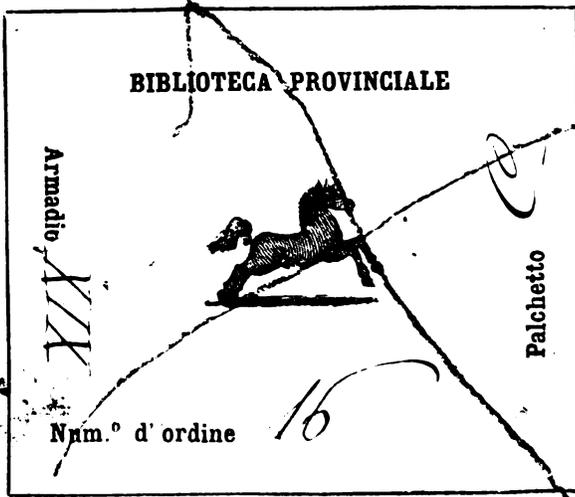






24-3-20



24-8-23



B. Cal

II

970

LA SIDÉROTECHNIE,
OU
L'ART DE TRAITER LES MINÉRAIS DE FER
~~POUR~~
EN OBTENIR DE LA FONTE, DU FER, OU DE L'ACIER.



53
610159

LA SIDÉROTECHNIE,

OU

L'ART DE TRAITER LES MINÉRAIS DE FER

POUR

EN OBTENIR DE LA FONTE, DU FER, OU DE L'ACIER;

OUVRAGE ORDONNÉ PAR S. EXC. LE MINISTRE DE L'INTÉRIEUR,

Approuvé et adopté par la première Classe de l'Institut Impérial de France, pour faire partie
de la Collection des Arts et Métiers qu'elle doit publier;

DÉDIÉ

A SA MAJESTÉ IMPÉRIALE ET ROYALE.

PAR J. H. HASSENFRAZT,

INSPECTEUR DIVISIONNAIRE AU CORPS IMPÉRIAL DES MINES.

TOME IV.

A PARIS,



CHEZ FIRMIN DIDOT, IMPRIMEUR DE L'INSTITUT, LIBRAIRE

POUR LES MATHÉMATIQUES, LA MARINE, L'ARCHITECTURE HYDRAULIQUE, etc.

RUE JACOB, N° 24.

1812.



TABLE DES MATIERES

CONTENUES

DANS LE QUATRIEME VOLUME.

SUITE DE LA TROISIEME PARTIE. CHAPITRE QUATRIEME.

DE L'ACIER.

C est que c'est. — Histoire de sa découverte et de ses progrès..... <i>Page</i> 1	Essai de la loupe. — Forgeage. — Continuation de l'opération. — Discussion des procédés. — Analogie et différence avec la méthode de Vanaccio..... 5
Travail ancien décrit par Aristote, — Pline, Diodore, — Plutarque, — Suidas. 2	Examen des procédés anciens. — Opinions qu'ils ont fait naître. — Opinion d'Aristote détruite par les expériences des académiciens français..... 6
Procédé des Japonais, décrit par Swedemborg..... <i>ibid.</i>	Examen de la méthode japonaise..... <i>ibid.</i>
Opinion de Thunberg sur ce procédé.... 3	Examen du procédé de Vanaccio..... 7
Opinion de Becher sur l'aciération. . . <i>ibid.</i>	Des procédés pratiqués aujourd'hui. — Leur division..... <i>ibid.</i>
Procédé de Vanaccio, répété par Réaumur, — Rinmann. <i>ibid.</i>	
Procédés décrits par Agricola. — Choix des fontes. — Préparation du creuset. — Mise en feu. — Travail..... 4	

DE LA FABRICATION DE L'ACIER AVEC DU FER FORGÉ.

Durcissement du fer. — De la trempe en paquet. 8	Définition du mot <i>cémentation</i> . — Division des procédés employés. 9
De la <i>cémentation</i> . — Son histoire.... <i>ibid.</i>	Des expériences de Clouet. <i>ibid.</i>

DU CHOIX DES FERS QUE L'ON DOIT CÉMENTER.

Tous ne doivent pas être cémentés. — Pourquoi..... 10	<i>moyennes</i> , — à <i>petites lames</i> , — à <i>lames et à grains mêlés</i> , — à <i>grains moyens</i> . 11
Des pailles et des gerçures..... <i>ibid.</i>	À <i>lames convexes</i> . — Des <i>fers fibreux</i> , — <i>doux</i> 12
Distinction des fers par la cassure. — Forme des grains observée par Réaumur. . . <i>ibid.</i>	Circonspection dans l'emploi de ces caractères. — La <i>tissure</i> n'indique pas toujours
Des fers à <i>grandes lames plates</i> , — à <i>lames</i>	

la nature des fers.....	12	Action de l'acide.....	15
Tous les fers peuvent prendre du nerf... 13		Les fers cassants et brisants sont naturelle-	
Moyens proposés par l'auteur. — Division		ment exclus de la cémentation. — Pour-	
des fers. — Lesquels doivent être conver-		quoi.....	<i>ibid.</i>
tis en acier.....	<i>ibid.</i>	Conservation de l'aciération; — est propor-	
Distinction des variétés de fers qui doivent		tionnelle à la difficulté d'aciérer les diffé-	
être employés. — Différences qu'ils pré-		rents fers. — Examen des causes qui pro-	
sentent. — Manière de les constater, —		duisent cette analogie.....	<i>ibid.</i>
par la trempe. — Fers qui présentent les		De l'épreuve des fers que l'on veut cément-	
mêmes caractères.....	14	ter.....	16

DES CÉMENTS QUE L'ON EMPLOIE.

Le charbon en est la substance essentielle. 16	Des charbons. — Différences qu'ils présen-
Tentatives faites par Bergmann, Rinmann,	tent. — Quel est le meilleur pour la cé-
Réaumur, pour cémenter sans char-	mentation.....
bon.....	19
Le charbon peut cémenter seul. — Usines	Opinion de Duhamel père. — Il est pru-
où on l'emploie.....	dent de n'employer que des charbons de
<i>ibid.</i>	bois.....
Composition des ciments. — Substances	20
dont on fait usage. — Quelques-unes d'elles	Expérience de Réaumur, désavantageuse à
sont nuisibles.....	l'usage du charbon de bois seul. — Dif-
<i>ibid.</i>	ficulté de prononcer sur cette expé-
Vices de quelques autres.....	rience.....
18	<i>ibid.</i>
Essais de ces compositions faits par Réau-	Ce que prouvent toutes les expériences
mur. — Composition qu'il propose..	faites jusqu'à présent. — Circonstances
<i>ibid.</i>	dans lesquelles on peut mêler d'autres
Substances dont il est difficile d'expliquer	substances avec le charbon.....
les effets.....	21

DES FOURNEAUX DE CÉMENTATION ET DES INSTRUMENTS QUE L'ON EMPLOIE.

Division de ce chapitre.....	22	Deux sortes d'argile, — crue, — cuite. —
Des caisses de cémentation.....	<i>ibid.</i>	Préparation des terres. — Précautions
Substances dont elles sont composées. —		qu'elles exigent. — Des plaques; — de
Dans quelles circonstances on peut em-		leur fabrication. — Des creusets d'une
ployer la tôle. — Des caisses de terre. —		seule pièce.....
Des caisses de fonte.....	<i>ibid.</i>	24
Inconvénients des caisses de fer. — Comment		Difficulté de donner de grandes dimensions
on les évite.....	23	à ces creusets.....
Des caisses en terre. — Différentes manières		25
de les construire. — Composition des		Des caisses en briques; — de leur avantage.
terres.....	<i>ibid.</i>	— Il faut construire les briques soi-même.
		Pourquoi.....
		<i>ibid.</i>
		Des briques; — leur forme ordinaire; —

forme particulière de quelques-unes.	26	Quantité de fer cimentée à-la-fois.	29
Creusets de pierres.— Usines dans lesquelles on en fait usage.	26	Description de six fourneaux: — de Réau- mur, — de Scheffield, en 1758; — de Newcasth, la même année.	30
<i>Des fourneaux de cimentation.</i>	27	Fourneau de Scheffield, en 1800; — de Duhamel pere; — à charbon de bois. — Autres fourneaux indiqués par Jars et Duhamel.	31
De leur forme. — Nombre et dimensions des caisses qu'ils contiennent.	<i>ibid.</i>	Ouverture pour placer des éprouvettes.	<i>ibid.</i>
<i>Des muraillements.</i> — Des parois intérieures des fourneaux. — Des arceaux.	<i>ibid.</i>	<i>Des instruments employés dans la cémenta- tion.</i>	32
Des cheminées.	28	Mortiers. — Tamis. — Bocard. — Blutoir. — Balance. — Marteaux.	<i>ibid.</i>
Des foyers des fourneaux, — à bois, — à houille.	<i>ibid.</i>		
A charbon de bois.	29		
Ouverture pour entrer dans le creuset.	<i>ib.</i>		

DE LA CÉMENTATION.

Arrangement des barres. — Durée de la cémentation.	32	Durée de la cimentation. — Température des creusets.	38
La cimentation à la surface. — Le degré de cimentation décroît de la surface au centre. — Plus les barreaux sont gros, moins la proportion de carbone est grande. — Loi de la répartition du carbone dans chaque tranche successive.	33	Diminution de volume du ciment. — Pour- quoi. — Usage de l'ancien ciment. — Substances qu'on y ajoute	39
La cimentation des grosses barres est plus longue que celle des petites. — Grosseur des barres la plus favorable.	34	Examen de la marche de la cimentation.	<i>ib.</i>
Charge des caisses. — Leur visite avant la charge.	<i>ibid.</i>	Examen successif des éprouvettes. — Déter- mination de l'instant où l'on doit arrêter la cimentation.	40
Disposition des caisses. — Dessiccation du cément.	35	Qualité du fer employée comme éprou- vette.	41
Arrangement; — du ciment; — des premières barres; — du ciment qui les recouvre.	<i>ib.</i>	Fontes des barres dans la caisse.	<i>ibid.</i>
Croisement des barreaux. — Leurs distan- ces des parois de la caisse. — Epaisseur du cément qui les sépare. — Fermeture des caisses. — Substance employée pour cet objet.	36	Des ampoules formées à la surface des bar- res.	<i>ibid.</i>
Placement des éprouvettes.	37	Discussion sur leur formation. — Probabi- lité de l'oxigène resté dans le fer.	42
Mise en feu. — Chauffage du fourneau. — Examen des éprouvettes.	<i>ibid.</i>	Degrés d'aciération que présentent les bar- res cimentées.	<i>ibid.</i>
		Triage des barres.	<i>ibid.</i>
		Augmentation de poids des barres cément- ées. — Limite de cette augmentation. — Augmentation dans la longueur.	43
		Quantité de combustible employée.	<i>ibid.</i>
		Nombre d'ouvriers nécessaires. — Ouvrages qu'ils font par jour.	44

DES ACIERS OBTENUS AVEC DE LA FONTE DE FER.

Variétés d'acier que l'on peut obtenir. — Leur dénomination. — Acier de forge, — naturel, — de fusion, — fondu. 44.

ACIER DE FORGE OBTENU AVEC DE LA FONTE.

Procédés anciens, — nouveaux. — Leurs divisions. *ibid.*

DU CHOIX DES FONTES DANS LA FABRICATION DE L'ACIER.

Pourquoi ce choix. — Fontes que l'on doit exclure. — Variations que présentent les fontes de bonne qualité. 45	fontes blanches manganésifères. — Faits qui leur sont opposés. 47
Division des fontes de bonne qualité. <i>ibid.</i>	Aciéries dans lesquelles on n'emploie que des fontes grises. 48
En quoi elles diffèrent. — Quelles sont celles qu'on doit préférer. 46	La couleur des fontes n'est pas une preuve de l'absence du carbone. — Elle ne peut donc pas servir à distinguer les fontes. — Il faut employer un autre moyen. <i>ib.</i>
De la distinction des fontes. — Les fontes grises sont préférables aux blanches. — Pourquoi. <i>ibid.</i>	Usage de la forme des grains. — Usage de l'acide. — Conclusion. 49
Opinions de quelques métallurgistes sur les	

DES INSTRUMENTS EMPLOYÉS A LA FABRICATION DE L'ACIER DE FORGE.

Ils diffèrent peu de ceux qui servent à l'affinage du fer. 49	De la forme et des dimensions des creusets. 49
---	--

DES PROCÉDÉS EMPLOYÉS POUR FABRIQUER L'ACIER.

Ils diffèrent peu de ceux qu'on emploie pour fabriquer le fer. — En quoi consiste leur différence. — Trois méthodes employées. 50	raison. — Causes qui la déterminent. 52
Division des fontes. — Préparation qu'on leur fait éprouver. 51	Déclinaison de la tuyère. 53
Préparation des creusets, — de la brasse. <i>ibid.</i>	Exemple des méthodes employées. <i>ibid.</i>
Nombre de foyers dont on fait usage pour traiter l'acier. 52	Travail de Kleinboden. — Des creusets. — Pratique des opérations. — Première opération. — Préparation du creuset. — Mise en feu. — Fusion. — Enlèvement des gâteaux. <i>ibid.</i>
De l'affinage de la fonte qui contient la quantité de carbone propre à produire de l'acier. <i>ibid.</i>	Deuxième opération. — Affinage. — Cinglage. 54
En quoi consiste ce procédé. <i>ibid.</i>	Travail de la Styrie. — Dimension des creusets. — Inclinaison de la tuyère. — Préparation du creuset. — Mise en feu. — Travail. — Affinage. — Ecoulement des scories. — Cinglage de la loupe. <i>ibid.</i>
De la tuyère; — sa direction; — son incli-	

- Usagè du quartz.....55
- Travail de Styrie. — Dimension des creusets. — Disposition de la tuyère. — Préparation des creusets. — Mise en feu. — Fusion. — Affinage. — Addition de scories. — Formation de la loupe.... *ibid.*
- Modification que ce procédé éprouve. *ibid.*
- On doit préférer la méthode de Styrie. *ibid.*
- Affinage de la fonte qui ne contient pas assez de carbone.....56
- Procédé qu'il faut employer. — Exemple. *ib.*
- Travail de Carinthie. — Dimension des creusets. — Disposition de la tuyère. — Préparation des creusets. — Mise en feu. *ibid.*
- Travail. — Fusion. — Ecoulement des scories. — Addition de quartz. — Formation des lopins.....57
- Mélange des fontes. — Usage des scories pauvres, — du quartz, — des cailloux, — du sable, — de l'argile..... *ibid.*
- Brassage avec des perches. — Pourquoi. — On travaille peu ces fontes. — Pourquoi. *ib.*
- Affinage de la fonte qui contient du carbone en excès.....58
- Destinations de ces fontes. — Comment on détruit le carbone par excès. — Ferrailles mêlées à ces fontes..... *ibid.*
- Usines dans lesquelles on emploie la ferraille.....59
- Travail du Tyrol. — Dimensions des creusets. — Disposition de la tuyère. — Préparation du creuset. — Division de l'opération, — des gâteaux, — de l'affinage. *ib.*
- Commencement de l'affinage. — Travail de la fonte. — Addition de ferraille.... *ibid.*
- Travail de Saint-Gall. — Dimension des creusets. — Disposition de la tuyère. — Préparation des creusets. — Fusion de la fonte. — Formation de la loupe. — Additions de scories riches.....60
- Travail de Rosenbach. — Dimension du creuset. — Position de la tuyère. — Préparation du creuset.....61
- Première opération. — Mise en feu. — Fusion des blettes. — Formation et enlèvement des *bodens*..... *ibid.*
- Deuxième opération. — Préparation du creuset. — Mise en feu. — Travail des lopins précédents. — Fusion des *bodens*. — Affinage..... *ibid.*
- Addition de quartz, — de fonte.....62
- Indication de deux autres méthodes. *ibid.*
- Des procédés d'affinages qui réunissent les trois méthodes..... *ibid.*
- Travail de Rives. — Dimensions du creuset. — Position de la tuyère. — Préparation du creuset. — Mise en feu. — Travail des masseaux..... *ibid.*
- Fusion de la gueuse. — Addition de quartz. — Affinage. — Cinglage. — Résultat que ce travail présente. — Observations...63
- Des procédés défectueux.....64
- Travail de Styrie décrit par M. Rambourg. — Dimension des creusets. — Position de la tuyère. — Préparation des creusets. — Arrosemment d'eau argilée. — Mise en feu. — Fusion. — Ecoulement des scories. — Bouillonnement. — Affinage. — Cinglage. — Procédé défectueux..... *ibid.*
- En quoi ce procédé diffère de ceux qui ont été observés en Styrie. — Remarque de Duhamel père.....65
- Travail de Carinthie décrit par MM. Dangenoux et Wendel. — Fusion du métal. — Séparation du laitier. — Brassage. — Travail des masseaux. — Addition de ferrailles et de scories riches..... *ibid.*
- Addition de quartz. — Addition de fonte. — Affinage. — Cinglage. — Défectuosité de ce travail.....66

Conclusion. — Procédé applicable à chaque espèce de fonte.	66	indiquée est trop considérable. — Pourquoi. — Proportions employées dans d'autres usines.	68
Usage des battitures, — des scories pauvres. — Effets qu'elles produisent.	67	Proportion de fonte employée.	69
Inégalité d'aciération dans les loupes. — Situation de chaque espèce d'acier.	<i>ibid.</i>	Nombre d'ouvriers nécessaires. — Travail qu'ils produisent.	<i>ibid.</i>
Combustibles consumés. — La proportion			

DE L'ACTION DU MANGANÈSE DANS LA FABRICATION DE L'ACIER.

Quelles aciéries de l'Europe jouissent d'une grande célébrité. — On y traite du fer spathique et des hématites brunes. — Ces minerais contiennent du manganèse.	69	rentes fontes blanches et grises. — Caractères qui les distinguent.	74
Ces minerais ont été regardés comme des minerais d'acier.	70	On peut obtenir des fontes grises avec des minerais manganésifères. — Preuve. — Effet du manganèse combiné à la fonte blanche. — Il est en grande partie enlevé par les laitiers dans les hauts fourneaux.	75
Opinion de Gazeran sur les minerais manganésifères. — Opinion de Stunckel le jeune.	<i>ibid.</i>	Il existe des fontes grises qui contiennent plus de manganèse et plus de carbone que des fontes blanches des mêmes fourneaux. — Ce n'est pas au manganèse que les fontes des hauts fourneaux doivent leur couleur blanche. — Le caractère que Stunckel donne aux fontes blanches manganésifères, existe également dans les fontes blanches qui ne contiennent pas de manganèse.	76
Examen de ces opinions. — Les minerais manganésifères ne sont pas les seuls qui servent à la fabrication de l'acier. — Usines où l'on obtient de l'acier avec d'autres minerais.	<i>ibid.</i>	On trouve beaucoup de fontes provenant de minerais manganésifères qui contiennent du carbure de fer. — Les fontes provenant des minerais manganésifères s'affinent aussi facilement que les autres.	77
Réfutation de l'opinion de Gazeran. — Le manganèse n'est pas partie constituante de l'acier.	71	On fait de l'acier avec des fontes grises.	78
De l'opinion de Stunckel. — Il assure que les fontes blanches, ainsi que les fontes grises, ont des qualités très-différentes. — Que les minerais manganésifères ne donnent que des fontes blanches. — Différences entre les fontes blanches manganésifères et les autres fontes blanches.	72	Ces faits détruisent les assertions de Stunckel, ainsi que la théorie qu'il a formée.	79
Que l'on ne peut employer que les fontes blanches à la fabrication de l'acier. — Explication des phénomènes que produit le manganèse dans la fabrication de l'acier.	73	On obtient de l'acier de cémentation avec des fers qui ne contiennent aucun indice de manganèse.	<i>ibid.</i>
Réponses aux faits avancés par Stunckel le jeune. — Observations faites par Réaumur sur la douceur et l'aigreur des diffé-		Lorsque les fontes contiennent du manganèse ce métal leur est enlevé par les scories.	<i>ib.</i>
		Preuve.	80

Conclusion que l'on pourrait tirer du mazaège.	80	vérifiées.	80
Action du manganèse sur le sulfate de baryte. — Ces assertions ont besoin d'être		Conclusion. — Le manganèse n'est pas essentiellement nécessaire à la fabrication de l'acier.	81

DE L'ACIER FONDU.

Différence entre les aciers fondus, de cémentation et de forge.	81	houille.	87
Historique sur l'acier fondu. — Tentatives faites en Angleterre dans des creusets. <i>ib.</i>		Peut-on fondre l'acier sans flux ni charbon. — Fontes liquéfiées sans flux. — M. Mushet emploie-t-il un fondant dans le traitement de son acier fondu. — Flux que l'on peut employer.	88
Division des opérations.	82	<i>De l'acier fondu obtenu avec du fer forgé.</i>	<i>ib.</i>
Fer fondu dans des creusets.	<i>ibid.</i>	Travaux de Clouet et de Chalut. — Procédé employé.	<i>ibid.</i>
<i>De la fusion de l'acier pour en obtenir de l'acier fondu.</i>	<i>ibid.</i>	Expériences de Clouet. — Différentes manières d'obtenir de l'acier fondu. — Discussion qu'elles font naître. — Expériences répétées à Moustier. — Principale expérience de Clouet.	89
Auteurs qui ont décrit les opérations que l'on pratique.	<i>ibid.</i>	Elles ont été répétées. — Par qui. — Epreuves de l'acier obtenu. — Explication des effets qui ont lieu.	90
Description qu'en ont donnée Jars et Duhamel. — Substances employées. — Fourneau de fusion. — Creusets. — Combustible. — Mise en feu. — Durée de l'opération. — Coulée. — Cinglage.	83	Brevet d'invention obtenu par Mushet. <i>ibid.</i>	
Tentatives faites en France. — Causes de leur peu de succès. — Réussies par Poncelet.	<i>ibid.</i>	Exposé de ses procédés. — Substances qu'il veut employer. — En quoi ses procédés diffèrent de ceux de Clouet. — La proportion de carbone dont il fait usage est moins considérable.	91
Régule de fer liquéfié, en France, dans des creusets.	84	Mushet veut traiter directement des minerais. — Il veut aciérer le fer sans charbon. — Expérience qui en prouve l'impossibilité.	92
Température de la liquéfaction de la fonte, de l'acier et du fer.	<i>ibid.</i>	Cémentation proposée par Mushet. — Espèces de ciment. — Leur division. — Elles sont indiquées par Réaumur.	<i>ibid.</i>
Fourneau de fusion de Lavoisier.	<i>ibid.</i>	Fourneau à fondre l'acier, proposé par Clouet.	93
Observations sur la durée de la fusion, — sur les creusets.	85	<i>De l'acier fondu obtenu avec de la fonte.</i>	<i>ib.</i>
Du flux que l'on emploie. — Son usage. <i>ib.</i>		Expérience de Clouet. — Assertion de M.	
Expériences de Chalut et de Clouet. — Quels flux ils indiquent. — Observation sur la coulée.	86		
Le flux est-il absolument nécessaire. — On y a substitué de la houille. — Action de ces deux substances. — Leur analogie. — Leur différence. — Leurs effets distincts. — Effets particuliers du charbon de			

Vandenbroeck.	93	schall et Hunzmann.	<i>ibid.</i>
Des mélange de fonte, de fer et d'acier, pour obtenir de l'acier fondu.	<i>ibid.</i>	Doutes élevés sur ces procédés.	<i>ibid.</i>
Acier obtenu dans des creusets. — Espèces de creusets employés. — Fourneaux dans lesquels on les place. — Analogie et diffé- rence entre ces fourneaux et ceux des verreries.	94	Les <i>riblons</i> fondus en Angleterre peuvent suffire aux besoins des manufactures de ce pays. — Avantage que les Anglais ont sur les Français.	<i>ibid.</i>
Charge des creusets. — Fusion du métal. — Coulée de l'acier.	95	De l'acier fondable, — obtenu en fonte pâ- teuse par M. Ettler, — par M. Fischer de Schaffouse.	97
Acier fondu obtenu sans creuset. — Four- neaux employés. — Charge des fontes. — Fusion. — Travail. — Affinage. — Essais.	<i>ib.</i>	De l'acier dur sans être trempé. — Son uti- lité.	<i>ibid.</i>
Addition de riblons de fer et d'acier.	96.	Les frères Poncelet annoncent l'avoir trou- vé.	98
Analogie entre ces aciers et ceux de Mar-		Fonte d'acier de M. Schmolder. — Sa com- position. — Procédé pour l'obtenir.	<i>ibid.</i>

FABRICATION DE L'ACIER AVEC DES MINÉRAIS DE FER.

Procédés employés du temps d'Agricola. — Ils sont encore en usage aujourd'hui. — Tout fait croire que l'on obtenait du fer et de l'acier mélangé.	99	Toutes les différences observées sont fon- dées sur l'action chimique.	<i>ibid.</i>
On a cherché à obtenir un acier plus pur. — Méthode que l'on emploie.	100	De l'acier obtenu avec des minerais de fer, par la méthode allemande.	<i>ibid.</i>
De l'acier obtenu avec des minerais de fer par la méthode à la catalane.	<i>ibid.</i>	En quoi consiste cette méthode.	<i>ibid.</i>
Cette méthode est décrite au traitement du fer. — Différence que présente la fabrica- tion de l'acier.	<i>ibid.</i>	Des stuck. — Fer et acier qu'ils contien- nent.	<i>ibid.</i>
Des foyers. — De leur préparation. — Mise en feu. — Fusion. — Affinage. — Différence entre ce procédé et celui du fer.	101	Leurs situations respectives. — Procédés em- ployés pour les séparer.	104
Pourquoi la tuyère est moins inclinée en travaillant sur acier.	<i>ibid.</i>	Comment on obtient les stuck. — Causes des différentes positions du fer et de l'acier.	<i>ib.</i>
Du vent. — De sa quantité. — Effet qui en résulte.	102	Pourquoi les positions respectives du fer et de l'acier diffèrent dans les masseaux ca- talans et dans les stuck allemands.	105
Du charbon. — Effets que produisent sa com- pacité et sa densité.	<i>ibid.</i>	Travail des stuck, d'après Jars et Duhamel. — Leur préparation.	<i>ibid.</i>
Du temps employé. — Effet qu'il produit.	<i>ib.</i>	Placement des stuck. — Mise en feu. — Fu- sion. — Ecoulement des scories. — Affi- nages. — Sorties de la loupe. — Division et cinglage.	106
De la <i>greillade</i> . — De son action.	<i>ibid.</i>	Cette opération est une vraie liquation. — Explication des effets qui ont lieu.	<i>ibid.</i>
Des scories. — Epaisseur de la couche.	103	On obtient du fer et de l'acier.	107

COMPRESSION, FORGEAGE, ET SOUDURE DE L'ACIER.

- Division de ce chapitre. — Les fourneaux, machines et instruments sont les mêmes que pour le fer. 107
- De la compression des loupes d'acier. ibid.*
- De la compression du fer. — En quoi la compression de l'acier en diffère. — Pourquoi. — Les loupes sont divisées. — Usines où on les divise. 108
- Division de la loupe dans les fourneaux. — Division sous le marteau. — Etirage des lopins. — Séparation de l'acier et du fer. 109
- Des scories. — De leur action en chauffant les barres. 110
- De l'acier brut. — De l'acier raffiné. — De l'acier d'Allemagne. — Distinction et séparation des aciers en les raffinant. *ibid.*
- Acier dur, — mou. — Des trousses et du travail qu'elles éprouvent. — *Scharrestahl. Münzthal. — Kernsthal. — Frimensthal.* — Des aciers raffinés plusieurs fois. 111
- Précaution à prendre en chauffant les trousses. — Action des scories. — Des pailles; moines; — loupes. — Comment on les évite. — Usage des scories pauvres, — du sable, — du quartz; — des terres fusibles. 112
- Comment on doit gouverner le feu. *ibid.*
- Quel combustible est le plus avantageux. 113
- Arrosement du feu avec de l'eau argilée. — Pourquoi. *ibid.*
- Tous les aciers sont bons lorsqu'on sait les employer. *ibid.*
- Les aciers bruts de France sont d'aussi bonne qualité que ceux d'Allemagne. — Pourquoi on préfère ces derniers. *ibid.*
- Avantage des aciers qui ont constamment les mêmes propriétés. *ibid.*
- Comment on pourrait donner aux aciers de France les mêmes propriétés qu'à ceux d'Allemagne. 114
- A quoi tient la réputation des aciers de Styrie. — Moyen d'arriver au même but. *ib.*
- Avantage qui en résulterait. 115
- Compression de l'acier-poule. ibid.*
- On achète rarement l'acier-poule sans être forgé. *ibid.*
- Analogie et différence entre le travail de l'acier de forge et celui de l'acier-poule. 116
- Difficulté que chaque acier présente pour être forgé. — Température qu'on doit leur donner. *ibid.*
- Soin que l'acier-poule exige lorsqu'on le forge. — On se sert de martinets. — ~~Condition pour bien forger.~~ — Précaution qu'il faut prendre en chauffant les barres. 117
- Moyen d'obtenir, avec de l'acier-poule, de l'acier analogue à l'acier d'Allemagne. *ib.*
- Des riblons. — Leurs usages. — Manière de les travailler. 118
- De l'acier d'Allemagne du continent, comparé à celui que les Anglais fabriquent sous le même nom. *ibid.*
- De l'acier à plusieurs marques. — Avantage de cette fabrication. 119
- De l'acier superfin. *ibid.*
- Compression de l'acier fondu. ibid.*
- C'est le plus difficile à forger. — Pourquoi. *ibid.*
- D'où dépend la facilité que les loupes d'acier ont à être soudées. 128
- En quoi l'acier fondu diffère de la loupe d'acier. *ibid.*
- Des différentes aciérations dans la loupe d'acier. — Elles permettent de chauffer

le métal plus long-temps. — Il se refroidit lentement. — Avantage que procurent ces deux effets. — Les molécules d'acier dans les loupes ont une forte adhésion.	121	dure.	124
L'acier fondu doit être homogène. — Il se refroidit promptement.	<i>ibid.</i>	Température propre à souder le fer.	<i>ibid.</i>
Ses molécules ont peu d'adhésion. — Il se forge moins facilement.	122	De combien de manières on détruit l'effet de l'oxidule.	125
Opinions sur la facilité que quelques aciers ont à se <i>pâmer</i>	<i>ibid.</i>	Usage des laitiers pour dissoudre l'oxidule. — Dissolution de l'oxidule par le fer. — Observation.	<i>ibid.</i>
Martinets avec lesquels on forge l'acier fondu. — Température qu'on lui donne.	<i>ibid.</i>	Méthode de Perret pour souder l'acier. <i>ibid.</i>	
Opinion de Perret sur cette température. — Opinion de MM. More et Pearson.	123	Méthode de Réaumur. — Cémentation dans de la poudre d'os. — Distribution du carbone dans la cémentation avec du charbon, — avec de la poudre d'os. — Comment il faut que le carbone soit distribué pour faciliter la soudure. — Comment Réaumur obtient cette distribution.	126
Forme des lingots d'acier fondu. — Forme des pannes des marteaux et des enclumes pour forger cet acier.	<i>ibid.</i>	<i>Cémentation rétrograde</i> . — Comment on reconnaît que l'acier est assez adouci.	127
Faculté des trois différents aciers, pour être forgés. — Le plus difficile à souder, c'est l'acier fondu.	124	Méthode de Mushet.	<i>ibid.</i>
De l'oxidule. — Son opposition à la sou-		Elle est la même que celle de Réaumur. — Avantage de cette méthode.	128

DE LA TREMPÉ DE L'ACIER.

Ce que c'est. — Quelles substances jouissent de la même propriété.	128	ponse. — Analogie avec les <i>larmes bataviques</i>	132
Volume de l'acier. — Son augmentation en chauffant, — après la trempe.	129	Comment on peut expliquer les effets de la trempe.	<i>ibid.</i>
Effet de la trempe.	<i>ibid.</i>	Le carbone augmente l'affinité des particules. — Expérience de Mussembroeck sur la ténacité.	<i>ibid.</i>
De la fragilité de l'acier trempé. — Observation de Réaumur.	<i>ibid.</i>	Variation que la ténacité présente. — Ces résultats s'accordent avec ceux de Réaumur.	133
Autres observations.	130	Mouvement du carbone en chauffant et en refroidissant l'acier.	<i>ibid.</i>
Grosseur des grains de l'acier après la trempe. — Variation qu'ils éprouvent. — Opinion de Réaumur sur la grosseur des grains.	<i>ibid.</i>	Les variations dans la dureté et la ténacité dépendent des proportions de carbone, — de la température de la trempe.	134
Sur leur durcissement. — Leur peu d'adhésion.	131	Comment on peut tremper l'acier à divers degrés de dureté.	135
Cette opinion est une des meilleures qui ait été donnée.	<i>ibid.</i>		
Objections que l'on pourrait y faire. — Ré-			

- Deux manières de distinguer la température. 135
- Distinction à la vue par la couleur du fer. — Températures correspondantes aux couleurs. — Limites des températures de la trempe. *ibid.*
- Distinction par des liquides. — Moyen indiqué par Newton pour obtenir des températures constantes. 136
- Tableau des températures des liquéfactions des solides. *ibid.*
- Températures indiquées par Thomson. . . 137
- Température de gazification de quelques liquides. *ibid.*
- Comment on peut tremper à des températures constantes. — Les métaux dans lesquels on chauffe ont peu d'action sur le fer. — Expérience de Réaumur. . . . 138
- Comment on peut obtenir une température donnée. 139
- C'est dans l'eau qu'on trempe ordinairement. — Sa température influe sur la trempe. — Sa quantité y influe également. *ibid.*
- L'acier doit être plus échauffé l'hiver que l'été. *ibid.*
- Trempe défectueuse employée par quelques ouvriers. 140
- L'acier se voile et se fend en se trempant. — Pourquoi. *ibid.*
- Des fentes qui se forment dans l'acier. — Observation de Perret. *ibid.*
- Différence entre les fontes de l'acier fondu et celles de l'acier de forge. 141
- De la *rose*. — Ce que c'est. — Comment elle se forme. *ibid.*
- Opinion sur la *rose*. *ibid.*
- Pourquoi les aciers se voilent. *ibid.*
- Tentatives pour empêcher cet effet. — Moyen proposé. — Autre moyen. 142
- De la dureté de l'acier. — Des causes qui l'occasionnent. 142
- Effet des substances dans lesquelles on trempe. — Préjugé qui en est résulté. 143
- Opinion sur les eaux relativement à la trempe. — Sur diverses substances employées. — Expériences de Réaumur à ce sujet. *ibid.*
- Résultats qu'elles présentent. 144
- Des matières dans lesquelles on trempe. — Des métaux. — Comment les métaux refroidissent l'acier. *ibid.*
- Dureté que l'acier y acquiert. — Trempe dans le mercure. 145
- Trempe dans les acides. — Comment ils agissent sur l'acier. — Etat des aciers en sortant de cette trempe. *ibid.*
- Trempe dans les corps gras. — Comment le refroidissement s'opère. *ibid.*
- Trempe dans l'huile, — la cire, — le suif. — L'acier peut y acquérir la même dureté que dans l'eau. — Comment. — Avantage et inconvénient de la trempe dans des corps gras. 146
- Trempe dans le sable, — la cendre, — l'air. — Causes du refroidissement dans l'air. *ibid.*
- Elles sont de deux sortes. — Lois de leur refroidissement. — Variation occasionnée par la température de l'air, — par sa vitesse. 147
- Trempe dans l'air, exécutée à Damas. — Description des moyens employés. . *ibid.*
- Dans quelle circonstance on pratique cette trempe. — Effets observés. 148
- Moyen facile de tremper dans l'air, et d'obtenir tous les degrés de dureté demandés. *ibid.*
- Ce moyen mérite d'être essayé. 149
- Chauffe de l'acier. — Effets qui ont lieu. *ib.*

<p>De la <i>trempe en paquet</i>. — Ce que c'est. — Comment on l'exécute. — Fourneau dans lequel on chauffe. — Avantage de cette trempe. 149</p> <p>Des ciments que l'on emploie. — Substances qui les composent. — Composition de Réaumur, — de Perret. — Le charbon de bois seul est préférable. 150</p> <p>Du <i>recuit</i>. — Ce que c'est. <i>ibid.</i></p> <p>Température du recuit. — Cette opération n'est pas indispensable. — Pourquoi on recuit. — Coloration de l'acier chauffé</p>	<p>pour recuire. — Couleur successive de l'acier par l'oxide qui se forme. 151</p> <p>Températures correspondantes aux couleurs. 152</p> <p>De combien de manières on recuit l'acier. <i>ib.</i></p> <p>Du recuit après la trempe, — par la couleur de l'oxide, — par la combustion d'un corps. <i>ibid.</i></p> <p>Du recuit pendant la trempe. — Ce mode est défectueux. — Le premier est préférable. 153</p>
---	---

DISTINCTION DES DIFFÉRENTS ACIERS RELATIVEMENT AUX USAGES AUXQUELS ILS DOIVENT ÊTRE EMPLOYÉS.

<p>Des aciers homogènes, — hétérogènes. . 153</p> <p>Dans quelles circonstances on doit employer l'acier homogène, — l'acier hétérogène. 154</p> <p>Des aciers durs et mous. — De leurs usages. <i>ibid.</i></p> <p>Pour quels objets on doit employer l'acier fondu, — l'acier de cémentation, — l'acier de forge. 155</p> <p>Essais de l'acier. — Cinq manières indiquées par Perret. <i>ibid.</i></p> <p>Les deux premiers moyens sont les seuls exacts; — les trois autres présentent des variations. 156</p> <p>Distinction des aciers indiqués par Réaumur. — Trois caractères: — <i>grainure</i>, — <i>dureté</i>, — <i>corps</i>. — Ce que c'est. . . . <i>ibid.</i></p> <p>On doit ajouter le poli. 157</p> <p>Qualités différentes que les aciers doivent avoir. — L'homogénéité. — Facilité à être travaillés. <i>ibid.</i></p> <p><i>Grainure</i>. — Variation du grain avec la trempe. — Distinction indiquée par Réaumur. — Variation dans la grainure des barreaux trempés. — Moyens de distinguer les différents grains. 158</p>	<p>Il existe quatre ordres de grains. — Leur distribution dans une étendue plus ou moins grande. — Rapport entre les espaces qu'ils occupent. 159</p> <p>Comment on distingue la finesse des aciers. <i>ibid.</i></p> <p>Ce mode indique également la trempe la plus favorable au but que l'on se propose. 160</p> <p><i>Dureté</i>. — Mode d'essai employé. — Chaque acier a un grain correspondant au maximum de dureté. <i>ibid.</i></p> <p>Essai des duretés proposé par Réaumur. <i>ib.</i></p> <p>Analogie entre cette méthode et celles employées par Haüy et Werner. 161</p> <p>Substances employées par Réaumur, — par Haüy. <i>ibid.</i></p> <p>Substances que l'on doit préférer. 162</p> <p>Détermination de la trempe correspondant au maximum de dureté de chaque acier. <i>ibid.</i></p> <p>Avantage de ce mode d'essai. — Relation entre le <i>corps</i> et la trempe <i>ibid.</i></p> <p>Méthode employée par Réaumur. — Comment il obtint des prismes égaux. — Com-</p>
--	---

ment il trempe également. — Discussion sur l'égalité de la trempe. — Température de l'ébullition de l'eau.....	163	Détermination de l'élasticité.....	165
Température de l'ébullition du plomb. — Difficulté de l'obtenir. — Causes qui s'y opposent. — Moyen d'obtenir une température constante. — Usage de cette température.....	164	Epreuve du corps et de l'élasticité à diverses températures.....	<i>ibid.</i>
Détermination du corps de l'acier. — Première méthode.....	<i>ibid.</i>	Essais des tranchants d'acier.....	<i>ibid.</i>
Seconde méthode. — Troisième méthode.	165	Inconvénients de ce mode d'essai. — Avantage qu'il peut avoir. — Corrections proposées par Réaumur.....	166
		Conclusion de cet article. — Tous les aciers sont bons lorsqu'on les applique aux objets auxquels ils sont propres.....	167

PRÉPARATIONS QUE L'ON FAIT SUBIR A L'ACIER AVANT DE LE VERSER DANS LE COMMERCE.

Division de ce chapitre.....	167
------------------------------	-----

TRAVAUX AUXQUELS ON EMPLOIE L'ACIER PUR ET HOMOGENE.

Leur division.....	168
--------------------	-----

DE LA BIJOUTERIE D'ACIER.

Ce que c'est. — Division du travail....	168	<i>Brillants d'acier.</i> — Leur préparation. — Soudure de leurs tiges.....	172
<i>Du travail brut.....</i>	<i>ibid.</i>	Ebauche des polyèdres.....	173
Ce que c'est.....	<i>ibid.</i>	Ce travail est analogue à celui de la taille des diamants.....	<i>ibid.</i>
Objets coulés en fonte d'acier. — Substances que l'on emploie. — Procédé. — Inconvénients.....	169	Des pièces simples. — Des pièces composées.....	<i>ibid.</i>
Dégrossissement du fer et de l'acier, — au marteau, — à la lime, — dans des matrices, — au découpoir.....	<i>ibid.</i>	Des pièces recouvertes de brillants....	<i>ibid.</i>
Préparation de l'acier qui doit être estampé. — Son ramollissement. — Précaution qu'il faut prendre.....	170	Objets dans lesquels on soude de l'acier.	<i>ibid.</i>
Machines employées pour dégrossir. — Comment on peut multiplier les matrices.	<i>ibid.</i>	Méthode employée.....	174
Des objets préparés au découpoir, — à l'estampe.....	171	Travail décrit dans cet ouvrage. — Pourquoi.....	<i>ibid.</i>
<i>Du dégrossi.....</i>	<i>ibid.</i>	<i>De la trempe.....</i>	<i>ibid.</i>
Quels instruments on emploie. — Pourquoi. — Quels objets doivent être dégrossis, — à la lime.....	<i>ibid.</i>	L'acier doit-il être trempé pour être poli.	<i>ib.</i>
		Avantage et inconvénient de la trempe.	175
		Choix parmi les modes de trempes....	<i>ibid.</i>
		Trempe en paquets. — Ses avantages. — Dans quelles circonstances elle est obligée. — Comment on l'exécute.....	176
		<i>Du poli.....</i>	<i>ibid.</i>

Ce que c'est. — Difficulté de l'obtenir très-beau.....	176	Dureté des oxides.....	181
Substances employées. — Leurs effets. — Dans quel ordre on les emploie....	177	Caractère du rouge d'Angleterre. — Son analogie avec le fer oligiste. — Nature de cet oxide.....	<i>ibid.</i>
De l'émeri. — De quelle substance on le retire. — Comment on l'obtient avec des finesses différentes.....	<i>ibid.</i>	Fabrique de rouge d'Angleterre à Paris.	182
De la potée, ou rouge d'Angleterre. — Ce que c'est. — Comment on l'obtient.....	178	Tous les oxides de fer sont bons lorsqu'ils sont bien préparés. — Diverses manières de les obtenir.....	<i>ibid.</i>
De la distillation des eaux fortes. — Du sulfate de fer. — Des argiles ocreuses. — Des pyrites.....	<i>ibid.</i>	Machines à polir.....	<i>ibid.</i>
Procédé de Frédéric Cuvier. — Ce n'est qu'une légère modification de celui de Lemery, pour faire de l'éthiops martial.....	179	Du poli à la main, — aux brosses....	183
Moyen d'obtenir facilement de l'éthiops martial.....	<i>ibid.</i>	Du blanc d'Espagne. — Opinion sur son usage.....	<i>ibid.</i>
Procédé proposé par O'Relly.....	180	Des meules de plomb. — Comment on donne le dernier poli.....	<i>ibid.</i>
On peut suppléer au rouge d'Angleterre de beaucoup de manières. — Division des rouges à polir.....	<i>ibid.</i>	Peau de buffle. — Son usage.....	<i>ibid.</i>
Qualités que l'oxide doit avoir. — Des oxides de fer connu.....	<i>ibid.</i>	Le poli français est aussi beau que le poli anglais. — Manufacture où l'on obtient un beau poli.....	184
		Opinion sur le poli français. — Des coquerets de montre. — Leur poli. — Les Anglais n'en emploient pas.....	<i>ibid.</i>
		Pourquoi.....	185

DE LA FABRICATION DES AIGUILLES.

Des produits de l'industrie. — Différentes manières de les obtenir. — Avantage des manufactures. — Problème que l'on se propose de résoudre.....	185	de sortes il en existe. — De quelles aiguilles on décrira le travail.....	188
On y parvient de deux manières: — par des machines, — par une distribution de travail.....	186	Fabriques visitées par l'Auteur.....	<i>ibid.</i>
Dans quelle circonstance on doit employer l'une ou l'autre.....	<i>ibid.</i>	Ouvrages à consulter.....	189
Exemple de la division du travail.....	<i>ibid.</i>	Substances avec lesquelles on fabrique les aiguilles. — Du fil de fer et d'acier. — Leur choix.....	<i>ibid.</i>
Ce qui a déterminé à décrire la fabrication des aiguilles, — le prix de la main-d'œuvre, — le nombre d'opérations.....	187	Leur usage.....	190
Historique de cette fabrication.....	<i>ibid.</i>	Division du travail.....	<i>ibid.</i>
Ce que c'est qu'une aiguille. — De combien		Première série. — Façonnage de l'aiguille brute.....	<i>ibid.</i>
		Des hottes de fil. — Comment on les coupe. — Longueur des aiguilles. — Aplatissement des têtes. — Recuit. — Commencement des trous. — Leur achèvement. —	

Cannelure de la tête.....	191	Quatrième série. — Triage des aiguilles..	196
Rangement. — Marquer. — Redressement. —		Arrangement. — Séparation des aiguilles	
Rangement. — Nombre d'opérations..	192	sans tête, — sans pointe. — Redressage.	
Deuxième série. — Trempe des aiguilles. <i>ibid.</i>		— Divisions.....	<i>ibid.</i>
Pesée des aiguilles. — Des espèces de trempe.		Cinquième série. — Mise en paquet et affi-	
— De la trempe en paquet.	<i>ibid.</i>	nage.....	<i>ibid.</i>
Rangement. — Désoxidation. — Recuit. —		Préparation du papier. — Premier pli. —	
Rangement. — Redressement. — Range-		Division des aiguilles par cent. — Dernier	
ment.....	193	pli. — Bleuissage. — Meules employées. <i>ib.</i>	
Troisième série. — Polissage des aiguilles. <i>ib.</i>		Terminaison des paquets. — Marques. — Em-	
Préparation au poli. — Formation des rou-		preintes. — Paquets de mille. — Enveloppe.	
leaux.....	<i>ibid.</i>	— Emballage.....	197
Matière employée. — Opération du poli. —		Nombre total d'opérations que les aiguilles	
Dégraissage. — Vannage. — Rangement.		exigent.....	<i>ibid.</i>
— Répétition des opérations.....	194	Machines à polir. — Perfectionnement pro-	
Substances employées pour polir. — Du		posé par M. Mollard.....	198
schiste. — Sa préparation.....	<i>ibid.</i>	Lieux où l'on fabrique les aiguilles. —	
De l'émeri. — De l'huile. — Du son...	195	Pourquoi on n'en fabrique pas à Pa-	
Potée d'étain. — Savon.....	<i>ibid.</i>	ris.....	<i>ibid.</i>
Nombre de fois que les aiguilles passent au		Difficulté d'établir une fabrique d'aiguil-	
poli.....	<i>ibid.</i>	les.....	199

FABRICATION DES LIMES.

Ce que c'est. — Historique.....	199	Instruments que l'on emploie.....	203
Division des limes. — Des limes. — Des rapés.		Position de la lime sur le banc. — Manière	
— Ressemblance et différence.....	200	de l'y fixer.	<i>ibid.</i>
Préparation de l'acier.	<i>ibid.</i>	De la taille. — Explication que l'on peut en	
Avantages et inconvénients.....	201	donner. — Rapport entre les distances	
Combien de sortes de limes. — Leur divi-		des taillants et la grosseur des grains. —	
sion. — Rudes, — bâtardes, — douces, —		Lois d'écartement des sillons.	204
carrées, — plates, — triangulaires, —		Les distances sont inégales. — Pourquoi.	205
demi-rondes, — rondes.....	<i>ibid.</i>	Continuation de la taille sur les autres faces.	
Aciers propres à chaque espèce de limes. <i>ib.</i>		— Usage des lames de plomb.....	<i>ibid.</i>
Travail des limes. — Ebauchage à la forge.		Par qui les limes sont taillées.	<i>ibid.</i>
— Dressage à la meule. — Adoucissage		Usage que l'on peut faire des machines. <i>ibid.</i>	
indiqué par Réaumur. — Adoucissage		Tentatives faites jusqu'à présent. — Leur peu	
employé. — Refroidissement très-lent.	202	de succès.....	206
Comment on l'exécute. — Application de		Division des machines que l'on peut em-	
cette méthode à d'autres travaux. . . .	203	ployer. — Placement du ciseau et du mar-	
Taille des limes.....	<i>ibid.</i>	teau. — De leur mouvement.....	<i>ibid.</i>

Du mouvement de la lime.....	207	Dessins de deux machines qui ont été employées... ..	210
Machines. — Exemples. — Facilité de les varier.....	<i>ibid.</i>	De la trempe des limes.....	<i>ibid.</i>
Les limes taillées avec les machines ont plus d'apparence que les autres. — Elles sont moins bonnes. — Pourquoi.....	<i>ibid.</i>	Précaution qu'il faut prendre. — De la trempe en paquet. — Quelles limes on doit tremper ainsi.....	<i>ibid.</i>
Causes qui ont fait abandonner l'usage des machines.....	208	Il faut envelopper les limes en les chauffant. — Avantage de l'enveloppe.—Précaution en trempant.....	221
Pourquoi on a décrit le travail des limes. <i>ib.</i>		Composition de la matière enveloppante. — Son dessèchement.....	<i>ibid.</i>
Avantage et inconvénient, comparés, du travail aux machines à la main. — Exemple.....	209	Trempe simple, — en paquet.....	212
Dans quelle circonstance on doit préférer l'un ou l'autre. — Limes que l'on peut tailler avec des machines.....	<i>ibid.</i>	Essai des limes. — Moyens employés.....	<i>ibid.</i>
On n'en conseille l'usage qu'avec circonspection.....	210	D'où l'on tire les limes.....	<i>ibid.</i>
		Les meilleures limes douces se fabriquent à Paris. — Chez qui.....	211

FABRICATION DES RESSORTS D'HORLOGERIE.

Ce qu'on appelle <i>ressorts</i> , en physique. — Substances employées pour les obtenir. — L'acier est une des plus avantageuses.....	<i>ibid.</i>	Recuit. — Malléation. — Fente. — Mise d'épaisseur. — Epreuve de la résistance..	217
Historique des horloges.....	<i>ibid.</i>	Ressorts de montre. — Acier employé. — Tirage à la filière. — Aplatissement.....	<i>ibid.</i>
De quoi elles sont formées.....	214	Mise d'épaisseur. — Travail des bouts..	218
Ressorts employés. — Quels sont ceux que l'on décrira.....	<i>ibid.</i>	Ressorts de balancier. — Acier employé. — Passage à la filière.— Aplatissement.....	<i>ibid.</i>
Division de ce chapitre.....	<i>ibid.</i>	De la trempe. — Soins qu'elle exige. — Condition qu'il faut remplir. — Préparation des lames. — Roues employées.— Chauffe uniforme.....	219
Du choix des aciers.....	215	Trempe dans l'huile.....	220
Aciers propres à chaque ressort. — Etoffes d'acier.....	215	Ressorts d'horloge. — Préparation. — Enveloppe en hélice. — Trempe dans l'huile.....	<i>ibid.</i>
Propriétés que doit avoir l'acier à ressort. — Effet de la trempe. — Trempe des aciers minces, — épais.....	<i>ibid.</i>	Ressorts de montre. — Préparation. — Enveloppe.....	<i>ibid.</i>
Pourquoi on emploie des étoffes.....	216	Chauffe. — Trempe.....	221
Les aciers doivent différer avec l'épaisseur des ressorts.....	<i>ibid.</i>	Ressorts de balancier. — Ne sont pas trempés. — Pourquoi.....	<i>ibid.</i>
Formation des lames.....	<i>ibid.</i>	Effets de la trempe préliminaire.....	<i>ibid.</i>
Ressorts de pendules.—Etirement de l'acier, à chaud, — à froid.....	<i>ibid.</i>		

<i>Dresser les lames.</i> — Ce que c'est. 221	<i>Plis des lames et fixation des plis.</i> 227
<i>Faire revenir.</i> — Température nécessaire. — Manière de la juger. 222	Opérations. — Percer les ouvertures. — Courber les lames. — Fixer la cour- bure. <i>ibid.</i>
<i>Mise d'épaisseur.</i> — Epreuve. <i>ibid.</i>	Ressorts d'horloge. — Détremper les bouts. — Les plier. <i>ibid.</i>
<i>Bleuissage.</i> — Ce que c'est. — Blanchiment. Opération. 223	Former l'œil. — Courber le ressort. — Epreuve. 228
Ressorts d'horloge; — de montre. — Epreu- ve. — Bleuissage. <i>ibid.</i>	Grand ressort de montre. — Détremper le bout. — Plier. — Former l'œil. — Cour- ber le ressort. <i>ibid.</i>
<i>Dresser et fixer.</i> — Préparation. — Chauffe. — Température. — Pourquoi. 224	Percer le second œil. 229
<i>Passer dans les grands plombs.</i> — Nombre de fois. — Revenu. 225	Ressort de balancier. — Courbure. — Fixa- tion. <i>ibid.</i>
Variation de la flexibilité. — Comment on l'obtient. — Machines employées. . . <i>ibid.</i>	Ouvrages à consulter. <i>ibid.</i>
Opération. — Quel en est l'inventeur. . 226	
<i>Bleuir.</i> — Opération. <i>ibid.</i>	

DU TRAVAIL DE L'ACIER MÉLANGÉ ET HÉTÉROGENE.

Division.	230
-------------------	-----

DE LA FABRICATION DES ARMES BLANCHES.

Historique. — De quelles armes on par- lera. <i>ibid.</i>	<i>Des damas.</i> — Qualité des anciens; — des nouveaux. — Leur fabrication en Europe. — Bonté des taillants. — Causes. . . . 235
Pourquoi. — Division. 231	Fabriqués en France par Clouet. — His- torique. — Travail. — Préparation de l'étoffe. 236
<i>De l'acier employé à la fabrication des armes blanches.</i> <i>ibid.</i>	Trousse. — Chauffe. — Soudage. — Veines contournées. — Ouvrages à consulter. 237
Usage des sabres. — Acier employé en Eu- rope; — en Asie. <i>ibid.</i>	Opinion sur les damas. <i>ibid.</i>
On ne le rencontre pas. — Comment on le compose. — Etoffe. — Effets de la trempe. 232	Lames d'acier au milieu; — sablées noir et blanc. — Belles lames du Klingenthal. 238
Variation des étoffes avec la grosseur des lames. — Acier employé. — Choix dans une loupe. — Travail. 233	Travail des lames. <i>ibid.</i>
Acier à deux ou plusieurs marques. . . . 234	Division. — Etirer la maquette. <i>ibid.</i>
Préjugés des fabriques; — au Klingenthal. — Expériences pour les combattre. — Preuve de la bonté de divers aciers. <i>ibid.</i>	Souder le <i>plion</i> . — Distribuer la matière. — Former les pans creux. — Le tran- chant. 239
Distinction de l'acier et du fer dans l'étoffe. — Direction des lames. 235	Donner la courbure. — Former la soie. — tremper. — Instruments employés. . . 240
	<i>De la trempe.</i> <i>ibid.</i>

Chauffe.	240	frein, — du dos, — en travers.	242
Egaliser la température. — Tremper. — Recuire. — Dureté.	241	Brunir.	<i>ibid.</i>
<i>De l'aiguiserie.</i>	<i>ibid.</i>	<i>Examen des lames.</i>	243
Aiguiser en travers. — Le chanfrein. — Le dos. — Le tranchant.	<i>ibid.</i>	Division. — Contrôle de la forme. — Plier les lames. — Choc du billot. — Résultat.	<i>ibid.</i>
Les pans creux. — Egaliser. — Marquer.	242	Calibres. — Ouvrages à consulter.	244
Polissage, — du pan creux, — du chan-			

FABRICATION DES FAUX.

Historique. — Leur usage.	244	sage. — Planage. — Angle de la crosse. — Terminaison.	249
Propriété. — Etoffe. — Résultat. — Avantage. — Fabriques.	245	Chaudes employées, — en Styrie, — en Suède, — en Angleterre.	<i>ibid.</i>
<i>Préparation de l'étoffe.</i>	246	<i>De la trempe et du recuit.</i>	250
Composition. — Variation. — Secret.	<i>ibid.</i>	Substance employée.	<i>ibid.</i>
Formation des trousses.	247	En Styrie. — Graisse. — Composition. — Manœuvre.	<i>ibid.</i>
Travail en Styrie, — en France, — au pays de Berg, — en Angleterre, — en Suède.	<i>ibid.</i>	En France. — Eau.	<i>ibid.</i>
Soudage. — Préparation des maquettes.	248	Manœuvre.	251
<i>Travail des faux.</i>	<i>ibid.</i>	Recuit.	<i>ibid.</i>
Outils employés, — en Styrie, — en Suède, — en Angleterre.	<i>ibid.</i>	Formation du taillant, — sur le continent, — en Angleterre.	<i>ibid.</i>
Travail des maquettes, — en Styrie. — Courbure. — Formation du talon. — Amincissement de la lame. — Redres-		Difficulté que l'on éprouve pour établir une fabrique.	<i>ibid.</i>
		Ouvrages à consulter.	252

FIN DE LA TABLE DU QUATRIÈME VOLUME.

ERRATA DU QUATRIEME VOLUME.

<i>Pages.</i>	<i>Lignes.</i>		
9	3	n'en n'employaient pas d'autres. <i>Lisez</i> n'en employaient pas d'autres.	
15	19	leurs propriétés	— leur propriété.
18	24	toute la proportion.	— toute proportion.
21	8	seul	— seule.
21	14	seul	— seule.
20	20	grandes quantités.	— grande quantité.
23	16	compose	— composent.
24	24	éprouvées.	— éprouvé.
25	1	celles	— celle.
21	26	elle favoriserait	— elles favoriseraient.
23	9	s'est opposé.	— s'est opposée.
40	10	quelques temps	— quelque temps.
45	8	en séparer entièrement	— séparer entièrement.
53	28	qui la recouvrent	— qui le recouvrent.
55	12	plaque.	— plaques.
57	19	tissus.	— tissu.
60	6	une angle.	— un angle.
62	21	frésil.	— fraisil.
65	3	dissous.	— dissoutes.
67	8	bettiture	— battitures.
71	16	d'acier de fusion.	— d'aciers de fusion.
76	4	qu'il en enlevait.	— qu'ils en enlevaient.
86	10	toujours occupé	— long-temps occupé.
94	5	semblable.	— semblables.
94	12	semblables	— semblable.
101	28	basse.	— base.
104	4	trepés	— trempées.
107	21	de foyer, de forge, de soufflets. —	de foyers de forge, de soufflets.
118	27	paraîtrait.	— paraîtraient.
121	9	oblige	— obligent.
123	23	plus grands	— plus grandes.
120	3	d'aciers.	— d'acier.
130	24	petits	— petites.
131	6	leur point.	— leurs points.
133	13	d'autant plus grandes	— d'autant plus grands.
136	7	faire liquéfier	— faire gazéifier.
137	00	Tentalium	— Tantalium.
138	14	que la commodité	— qu'à la commodité.
140	20	et où ils ont resté.	— et où ils sont restés.

<i>Pages.</i>	<i>Lignes.</i>		
150 . . . 3 et 4 . . .	composition.	<i>Lisez</i>	compositions.
151 . . . 12 . . .	indique.	—	indiquent.
151 . . . 23 . . .	cette oxide	—	cet oxide.
152 . . . 18 . . .	la face blanchit	—	la face blanchie.
167 . . . 7 . . .	d'acier.	—	d'aciers.
151 . . . 19 . . .	de recuire.	—	à recuire.
162 . . . 2 . . .	magnésie boraté	—	magnésie boratée.
162 . . . 3 . . .	staurotite.	—	staurotide.
163 . . . 19 . . .	Amonton.	—	Amontons.
187 . . . 9 . . .	millièmes.	—	millimes.

L'ART

DE TRAITER LES MINÉRAIS DE FER

POUR EN OBTENIR DE LA FONTE, DU FER, OU DE L'ACIER.

SUITE DE LA TROISIÈME PARTIE.

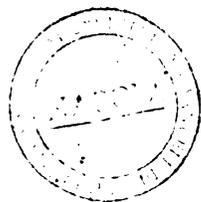
CHAPITRE QUATRIÈME.

DE L'ACIER.

1013. L'ACIER est, comme on l'a vu précédemment, une combinaison de fer et de carbone dans laquelle on rencontre accidentellement quelque peu de terre provenant des laitiers, des verres terreux contenus dans la fonte. Rinmann (1) définissait l'acier : « tout fer qui, étant chauffé au rouge et plongé ensuite dans l'eau froide, se trouve plus dur qu'il ne l'était avant d'avoir subi cette opération. »

Nous avons vu, dans l'Introduction de cet ouvrage, que le travail de l'acier remonte à une antiquité très-reculée, et qu'il serait difficile d'assigner sous lequel des deux états on avait d'abord obtenu ce métal; savoir si c'est sous celui de fer doux ou sous celui d'acier. Nous verrons par la suite, en traitant de l'art d'obtenir directement l'acier des minerais de fer, que les probabilités se réunissent à accorder l'antériorité de la découverte à l'acier. Il paraît même, d'après quelques pas-

(1) Encyclopédie méthodique, tome 1^{er}, 2^e partie, page 240.



sages d'Isaïe, d'Ezéchiel, d'après le Dictionnaire Chaldéen de Buxtorf, et d'après Homère, que les Chaldéens, les Hébreux, et les Grecs, connaissaient cet état particulier du fer.

1014. Ce qui n'est pas aussi positif pour nous, c'est la connaissance des procédés employés par les Anciens pour obtenir ce métal. Aristote, dans deux endroits de son immortel ouvrage (1), décrit le travail de l'acier comme une purification du fer que l'on refond à plusieurs fois pour le débarrasser des scories et de toutes les impuretés qu'il contient. Le peu de détail que nous en donne Pline est extrêmement obscur (2); il y a, dit ce savant naturaliste, une grande différence dans les fourneaux : « Dans les uns on fait recuire le lopin de fer pour endurcir l'acier, on se sert des autres pour la fabrication des enclumes seulement, et les masses des marteaux; mais la plus grande différence dans le fer consiste dans l'eau dans laquelle on le trempe ». Diodore (3), Plutarque (4), Suidas (5), prétendent que, pour obtenir de l'acier, le fer était enfoui dans la terre, qu'on l'y laissait jusqu'à ce qu'une partie fût recouverte de rouille; que l'oxide étant détaché, on forgeait le noyau non oxidé pour en faire des armes avec lesquelles on pouvait fendre des boucliers, des casques, etc.

1015. Swedemborg (6) parle de ce procédé comme s'il existait encore aujourd'hui : « Quelques voyageurs (dit le savant Suédois) rapportent que les Japonais ayant mis le fer en barres, ils le plongent dans des lieux marécageux, et l'y laissent jusqu'à ce que la plus grande partie soit rongée par la rouille; ils le retirent alors et le battent de nouveau, puis ils le remettent dans les marais pendant huit à dix ans,

(1) Aristotelis opera-meteorologica, lib. 4, cap. 6, Mirob. Aus. pag. 1153.

(2) Pline Second, livre 34, chapitre 14.

(3) Diodore, L. C., v. 33, pag. 356, ad Wesel.

(4) Plutarque, de Garrulitat., édit. de Francf. 1620, tom. 2, pag. 510.

(5) Suidas, au mot *μαχαίρα*, page 510.

(6) Traité du fer, 1^{re} classe, §. 23.

« jusqu'à ce que l'eau en ait dissous tous les sels; la partie du fer qui « reste ressemble, dit-on, à de l'acier, et ils en font des socs de char- « rue, ainsi que tous leurs autres instruments et ustensiles. »

Thunberg prétend que les Japonais possèdent peu de fer dans leurs îles, mais que les lames de sabre qui en proviennent sont excellentes; que l'on peut couper un clou avec une grande facilité sans endommager le tranchant. Ces sabres sont payés, au Japon, à raison de 50 à 60 et même 100 écus la pièce.

1016. Becher regarde la conversion du fer en acier comme étant absolument l'ouvrage du feu (1); car tout consiste, dit ce savant, à exposer le fer à une chaleur violente, jusqu'à ce que les parties extérieures commencent à couler; alors, si on le forge et si on le trempe, il a toutes les propriétés de l'acier. Il observe qu'on obtient le même résultat en enfermant le fer dans un creuset vide, et en lui faisant subir la même chaleur pendant quarante-huit heures, sans que le fer entre en fusion, ~~ce qui empêcherait l'opération de réussir; mais~~ pour cela il faut que le creuset soit parfaitement clos, s'il était découvert tout le fer serait calciné.

1017. Vanaccio nous a fait connaître une manière particulière de convertir le fer en acier (2): « On tient en fusion, dit ce savant, « une certaine quantité de fonte; dans cette fonte en bain on plonge « du fer forgé, on l'y laisse tremper quelque temps; quand on le retire « on le trouve acier. »

Réaumur a répété l'expérience de Vanaccio (3) avec beaucoup de succès; Rinmann (4) a de même plongé un morceau de fer doux dans du fer en fusion, il s'y est fondu en quelques minutes, la fonte commença bientôt à prendre quelque consistance, le bout du barreau de

(1) Physique souterraine, livre 1^{er}, section 5, chapitre 3.

(2) Dans sa Pyrotechnie, livre 2, chapitre 7.

(3) Art de convertir le fer forgé en acier, 9^e mémoire.

(4) Försæk till jaernets Historia, etc.; of Swan Rinmann, §. 61, n^o 1.

fer doux qui avait été fondu, formait une espèce de cordon qui se trouvait être du bon acier.

1018. Agricola a décrit avec une telle obscurité les procédés qu'on suivait de son temps, que l'on est indécis à laquelle des deux méthodes on doit les rapporter, ou de celle de Vanaccio, qui n'est plus en usage, ou de celle que l'on emploie de nos jours en Allemagne et en France pour obtenir de l'acier avec de la fonte de fer : voici en quoi consiste ce procédé (1) d'après Agricola.

« On choisit (2) de la fonte dure que l'on puisse facilement travailler, « car quoique le fer coule fluide de sa mine comme tous les autres « métaux, il peut être cependant plus ou moins doux, plus ou moins « fragile.

« On fait rougir cette fonte et on la coupe en petits morceaux, on la « mélange avec des pierres fusibles; on pratique ensuite dans le foyer « de forge, avec de la brasque humide, un creuset large d'un pied et « demi et d'un pied de hauteur. Les soufflets sont tellement placés que « le vent jaillit vers le milieu du creuset, que l'on remplit alors du « meilleur charbon que l'on puisse avoir, et on l'environne de quar- « tiers de pierres qui empêchent le charbon et les particules de fer de « se disperser.

« Aussitôt que les charbons se sont embrasés, et que le creuset est « rouge de feu, on fait aller les soufflets, et le maître fondeur verse « sur le foyer le mélange de fonte et de pierres fusibles.

« On place, au milieu de ce mélange fondu, quatre masses de fer « pesant 30 livres chacune, le tout est ainsi exposé pendant cinq à six « heures à un feu violent. L'ouvrier, armé d'un ringard, agite très- « souvent le bain de fer fondu, afin que les masses s'imbibent dans « tous leurs pores de ce *liquide ferreux*, lequel, se combinant avec « les battitures ou les scories mélangées, les dilate, les amolit et

(1) Agricola, *de Re Metallica*, liber IX.

(2) Eligatur ferrum quod ad liquescendum est aptum.

« leur servant pour ainsi dire de levain, les enfle et les fait gonfler.

« Alors le maître fondeur, armé de tenailles, retire avec son aide une
« masse du fourneau et la transporte sous l'enclume pour la soumettre
« aux percussions du marteau élevé et abaissé alternativement par la
« came de l'arbre que l'eau fait tourner, puis il la jette encore chaude
« dans un bain d'eau froide.

« Lorsqu'elles ont été ainsi refroidies, on les pose de nouveau sur
« l'enclume et on les casse sous le marteau; alors le maître fondeur
« examine la cassure fraîche des fragments, et voit s'il y paraît encore
« des fibres ou, si le tout est converti en acier; il enlève ensuite et suc-
« cessivement, du fourneau, d'autres masses qu'il divise de même, en
« même temps qu'il réchauffe le mélange.

« On ajoute de nouvelle fonte au bain, on remplace celle qui s'est
« imbibée dans les masses pour lui rendre, en quelque sorte, sa pre-
« mière vertu; on y met de nouvelles masses de fer pour s'y purifier
« comme les premières.

« Le maître fondeur épure les petites parties provenant des divisions
« des masses en les reportant au fourneau; à mesure que chacune
« s'échauffe, il les enlève avec une tenaille, les porte sous le marteau et
« les forge en baguettes, puis il les plonge encore rouges dans un cou-
« rant d'eau froide qui coule près du marteau; il les change ainsi sou-
« dainement en acier pur, qui est beaucoup plus dur et plus blanc que
« le fer. »

Cette division de l'opération en deux parties : 1° d'un bain de fonte; 2° des morceaux de fer plongés dans le bain, que l'on retire ensuite pour les forger, pourrait faire croire que ces masses y sont cémentées comme dans la méthode de Vanaccio, et ce qui déterminerait encore plus à adopter cette opinion, c'est la distinction des deux fers, l'un fusible qui est cassé en fragments pour former le bain de fonte, l'autre en masse, en gros morceaux, et dont on ne désigne pas la fusibilité. Il paraît même que les anciens métallurgistes ont adopté cette opinion. Mais la durée de cinq à six heures pendant lesquelles les morceaux de fer sont agités dans le bain, doit laisser croire qu'ils s'y fondent, et

que les masses qu'on en retire proviennent des parties qui ont été affinées et solidifiées; car toutes les expériences faites jusqu'à présent prouvent que le fer se fond très-prompement dans la fonte liquide.

1019. Quoi qu'il en soit, des deux opinions résultant de la description de la fabrication de l'acier publiée par Agricola, on peut diviser en cinq espèces les procédés de fabrication sur lesquels les Anciens nous ont laissé quelques détails : 1^o celui d'Aristote, qui considère la fabrication de l'acier comme une purification du fer par le feu; 2^o celui de Diodore, qui rapporte la formation de l'acier à une purification du fer par l'eau qui rouille, qui oxide et dissout toutes les impuretés du métal; 3^o celui de Becher, qui rapporte la formation de l'acier à une suite d'échauffement dans un foyer et d'extinction dans l'eau; 4^o à une cémentation du fer dans la fonte liquide; 5^o à une fusion et à un affinage analogue aux procédés que l'on pratique encore aujourd'hui dans un grand nombre d'usines.

Pendant long-temps l'opinion d'Aristote a été généralement adoptée par les métallurgistes : tous regardaient l'acier comme un fer plus pur, et les procédés employés comme des moyens de purifier le fer par l'action du feu. Cette opinion a été complètement détruite dans le beau mémoire des trois académiciens français, Monge, Vandermonde, et Berthollet. L'analyse et la synthèse prouvent très-évidemment aujourd'hui que l'acier est, non pas du fer pur, mais bien un fer combiné avec du charbon.

Malgré les détails rapportés par un voyageur sur la fabrication de l'acier dans le Japon, détails recueillis et décrits par Swedemborg, il est difficile de croire que ce procédé puisse avoir quelques succès. Les tentatives faites jusqu'à présent, et les données exactes que nous avons maintenant sur la nature de l'acier et sur l'opération de la rouille du fer, prouvent rigoureusement l'impossibilité d'obtenir de l'acier par ce procédé. Le fer chauffé, forgé, trempé un grand nombre de fois, comme Becher prétend qu'il faut le traiter, et comme Swedemborg suppose qu'on le pratique dans les îles Célèbes pour obtenir l'acier, conserve cependant sa qualité de fer doux, il ne paraît éprouver aucune altéra-

tion; mais si en chauffant le métal, il est tellement en contact avec des charbons qu'une partie de la substance puisse le pénétrer, il devient acier (1).

Quant à la quatrième méthode, celle de la cémentation du fer doux par la fonte, elle est incontestable. Le procédé répété par des savants habitués à mettre de l'exactitude dans leurs expériences, a toujours réussi avec plus ou moins de facilité; cependant on ne peut pas le conseiller comme propre à être pratiqué en grand : 1° à cause de la difficulté qu'il présente, et qui est occasionnée par la fusion, commencée, du fer plongé dans l'acier; 2° à cause de la difficulté d'obtenir une nature constante d'acier; 3° à cause des dépenses que nécessite cette méthode, qui, d'ailleurs, est beaucoup inférieure à celle que l'on connaît et que l'on suit.

Nous ne parlerons pas ici de la cinquième méthode, parce que nous en donnerons des détails dans l'article suivant.

1020. ~~Quels que soient les procédés employés par les Anciens pour obtenir de l'acier, procédés dont nous n'avons que des connaissances très-imparfaites, on peut diviser en trois classes ceux que l'on pratique aujourd'hui avec beaucoup de succès : 1° avec du fer forgé; 2° avec de la fonte; 3° avec des minerais.~~

Ainsi, les détails que nous nous proposons de donner sur le travail de l'acier seront divisés en sept articles : 1° de la cémentation ou de l'art d'obtenir de l'acier avec du fer forgé; 2° de l'acier fondu et des moyens d'obtenir divers aciers avec de la fonte; 3° des méthodes à l'aide desquelles on obtient de l'acier avec des minerais de fer; 4° de la compression de l'acier; 5° de la trempe de l'acier; 6° de la distinction des différents aciers et des usages auxquels on peut les employer; 7° enfin, de quelques préparations que l'on fait subir à l'acier avant de le verser dans le commerce.

(1) Histoire du fer, de Rinmann, §. 268.

DE L'ART DE FABRIQUER DE L'ACIER AVEC DU FER FORGÉ.

1021. Depuis long-temps les ouvriers étaient parvenus (à l'aide de quelques procédés qu'ils tenaient secrets) à durcir la surface du fer forgé et à la rendre propre à supporter la trempe. Ils fabriquaient ainsi, avec du fer, des limes et d'autres instruments qui n'exigent de dureté qu'à la surface; enfin leurs procédés étaient tels, que les outils qu'ils obtenaient leur faisaient le même usage que s'ils eussent été entièrement fabriqués avec de l'acier.

Tout leur travail consistait à placer dans des caisses de tôle, de fonte de fer, ou même de terre, les morceaux de fer qu'ils voulaient acier, et cela en les enveloppant de toutes parts avec des compositions différentes, mais dans lesquelles le carbone était la substance essentielle. Ils fermaient hermétiquement ces caisses, ils les enduisaient de terre argileuse pour les empêcher de fondre (lorsqu'elles étaient de métal); ils les plaçaient ensuite au milieu d'un feu de forge ou dans un fourneau de réverbère : après leur avoir fait subir une très-haute température pendant un temps déterminé, ils retiraient les caisses du feu, les ouvraient et jetaient dans de l'eau froide les morceaux de fer rouge que les caisses contenaient; on donnait et on donne encore à cette opération le nom de *trempe en paquet*.

1022. Bientôt on chercha, en continuant l'opération de la trempe en paquet, à transformer tout le fer en un véritable acier; pour cela on tint le métal, enveloppé de sa composition, pendant un temps plus long, exposé à une haute température : l'on y est parvenu avec plus ou moins de succès, et l'on a donné à cette opération le nom de *cémentation*.

Quoique la découverte de la transformation du fer en acier par la cémentation soit très-récente, il nous serait très-difficile d'indiquer le lieu où ce procédé réussit la première fois, et le nom de celui qui parvint à faire connaître cette méthode. Au commencement du dernier siècle, en 1720, époque à laquelle le célèbre Réaumur s'occupa

de créer et de perfectionner en France l'art de la cémentation, on fabriquait déjà de l'acier, d'après ce procédé, en Italie, en Allemagne, et en Angleterre; et les Anglais n'en n'employaient pas d'autres que celui qu'ils obtenaient *de la cémentation*.

Si l'on pouvait supposer que le nom de cémentation ait été donné à ce procédé par ceux qui en firent la découverte, on serait conduit à l'attribuer aux Italiens, parce que ce mot paraît venir de *cementazione* (1); mais depuis long-temps le mot cémentation est connu en France, on l'y appliquait à l'art de purifier les métaux en les exposant au feu après les avoir stratifiés avec une substance sèche et pulvérulente; c'est ainsi qu'on purifiait l'or en l'enveloppant (2) d'un ciment commun ou d'un ciment royal. On donnait aussi le nom de ciment (3) aux substances avec lesquelles on faisait la séparation de l'or et de l'argent dans le départ sec, à l'oxide de zinc avec lequel on transformait le cuivre rouge en laiton, etc.; peut-être aussi ce nom vient-il du latin *cementum*, ~~mortier avec lequel on unit les pierres~~.

L'obscurité qui enveloppe l'historique de cette découverte nous empêchera de la suivre plus loin; nous nous contenterons donc de décrire, avec beaucoup de détails, les procédés que l'on suit pour obtenir de l'acier, et nous diviserons ces procédés en quatre sections: 1° du choix des fers; 2° des ciments que l'on emploie; 3° des fourneaux de cémentation; 4° de l'opération de la cémentation.

1023. On sera peut-être surpris de ne pas trouver dans la description de la fabrication de l'acier avec du fer forgé les détails et les procédés à l'aide desquels le modeste et laborieux Clouet est parvenu à obtenir de l'acier en fondant du fer avec un mélange de chaux et d'argile; mais plusieurs raisons nous empêchent d'en parler dans cet article; de toutes celles qui existent nous n'en rapporterons que deux: la

(1) Lunier, Dictionnaire des Sciences et des Arts, tome 1, au mot *Cémentation*.

(2) Dictionnaire de Trévoux, au mot *Cémentation*.

(3) Encyclopédie méthodique, *Chimie*, tome 3, page 131.

première, c'est que le procédé de Clouet sera plus naturellement placé parmi ceux que l'on emploie pour obtenir de l'acier fondu ; et la seconde, c'est qu'il nous paraît (comme on pourra le juger en comparant ce procédé à ceux qu'on suit) que la découverte de Clouet est plus curieuse qu'utile, et qu'elle est plus propre à servir à perfectionner l'art qu'à pratiquer directement et sans modification.

DU CHOIX DES FERS QU'ON DOIT CÉMENTER.

1024. Tous les fers forgés ne peuvent pas être cémentés pour en obtenir de l'acier, parce que, s'ils ont des défauts, ils deviennent souvent plus apparents dans cette opération. C'est ainsi que les fers brisants à chaud et ceux qui sont cassants à froid deviennent intraitables après la cémentation.

L'opération qu'on fait subir aux fers forgés pour les transformer en acier, exige des dépenses qui sont les mêmes pour toutes les espèces de fer. Lorsqu'on doit cémenter ce métal, lorsqu'on veut appliquer sur les fers forgés la dépense qu'exige la cémentation, il est avantageux de choisir entre tous, ceux qui sont susceptibles de procurer les meilleurs aciers, parce qu'ils ont plus de valeur et un débit plus certain.

1025. A leur aspect, on aperçoit les pailles qui couvrent les surfaces des fers, ainsi que les gerçures qui se sont formées sur leurs arêtes. Il est essentiel que les fers, qu'on doit cémenter, soient sans pailles et sans gerçures. Les premiers attestent la difficulté que ces espèces de fers éprouvent, lorsqu'il faut les souder ; les seconds font voir qu'ils sont brisants à chaud.

1026. Nous avons déjà remarqué que l'on apercevait, dans la cassure des fers, des grains ou des fibres (n° 9). Réaumur (1) a aussi observé sept nuances dans les cassures, d'après lesquelles on peut distinguer la qualité du fer et les espèces d'acier qu'il doit produire. Elles sont :

(1) Art de convertir le fer en acier, 5^e mémoire.

1° à grandes lames plates; 2° à lames moyennes; 3° à petites lames; 4° à lames et à grains mélangés; 5° à grains moyens; 6° à lames convexes; 7° fibreuses.

1° Le fer à *grandes lames plates* est cassant à froid; l'acier qu'on en obtient, non-seulement partage le même défaut, mais encore est brisant; quelque peu qu'on le chauffe et dès qu'on le frappe, il tombe en morceaux; ce qu'on peut en conserver est plein de crevasses et de gerçures. La cassure de ce fer montre des lames blanches très-brillantes, irrégulières; quelques-unes ont plus de 2 lignes de diamètre; elles laissent entre elles des espaces occupés par des lames beaucoup plus petites.

2° On connaît à Paris le fer à *lames moyennes*, sous le nom de *fer en roche*; les aciers qu'on en obtient ne sont pas aussi intraitables que ceux de la première espèce; mais ils le sont assez pour qu'on ne doive pas chercher à les cémenter. Les lames de ce fer sont plus petites et plus égales que celles du fer précédent; elles sont arrangées plus régulièrement.

3° Le fer à *petites lames* produit ordinairement de bon acier; il faut moins de temps, pour le cémenter, que les autres fers; il prend un grand degré de dureté; la couleur de son grain est beaucoup plus blanche que celle des autres aciers; les lames de fer sont petites et séparées par des grains aplatis, de couleur grisâtre.

4° Les fers à *lames et à grains mélangés* produisent de bon acier, qui se forge bien, et qui est propre aux ouvrages polis; il n'est pas ordinairement aussi dur que les précédents. La durée de leur cémentation doit être très-courte. La couleur de leurs grains est grise. La cassure du fer présente un mélange de lames et de grains, dans lequel les derniers occupent quelquefois un espace plus grand que les seconds; d'ailleurs, les lames ne sont ni si grandes ni si vives que celles de la troisième espèce; ce caractère appartient assez ordinairement aux fers de Suède.

5° Les fers à *grains moyens* produisent un acier dur et propre à fabriquer des ciseaux pour couper le fer; ils se cémentent en peu de temps; s'ils supportaient un feu trop long, ils se gerceraient. Quelques-

uns de ces fers produisent un acier à grains gris, qui se travaille bien. La cassure de ces fers est toute grenue; les grains sont d'une grosseur moyenne. Ces sortes de fers sont obtenues en Champagne, dans le Nivernois; on en fabrique aussi dans le Berry.

6° Les fers à *lames convexes* produisent un acier difficile à travailler. Comme ces sortes de fers sont ordinairement en grosses barres, Réaumur croit que, si on les forgeait de nouveau en plus petits échantillons, ils produiraient un meilleur acier. Cette variété, qui tient des cinq espèces précédentes, ne peut pas être placée parmi les fers en lames, ni parmi ceux en grains; les aspérités de la cassure ne sont ni assez plates pour être des lames, ni assez convexes pour être des grains.

7° Les fers *fibreux*, lorsqu'ils ne sont pas rouverins, donnent ordinairement de l'acier excellent et qui a beaucoup de corps; mais ils exigent une grande durée de feu dans la cémentation, pour les amener à l'état d'acier. Ces fers ne montrent que des fibres, et la cassure ressemble à celle d'un morceau de bois rompu. On leur donne ordinairement le nom de *fer doux*; tel est le fer de Berry, bien forgé et étiré en bande; tels sont les fers de la forge de Paimbœuf, en Bretagne; tels sont ceux du pays de Foix, et de beaucoup d'autres forges de l'Empire.

1027. Quelques soins qu'ait mis le célèbre Réaumur à décrire et à faire connaître les caractères des fers et les résultats qu'ils produisent, en les cémentant, nous conseillons de ne les employer qu'avec beaucoup de circonspection; car l'aspect de la cassure, la forme des lames, des grains et des fibres varient selon les diverses opérations auxquelles le fer a été soumis.

Bien certainement (comme le dit Réaumur) tous les fers cassants à froid sont composés de grandes lames brillantes et irrégulières, placées les unes sur les autres, qui varient de forme et de grandeur, selon que le défaut d'être cassant est plus ou moins grand; bien certainement le fer cassant donne un très-mauvais acier, intraitable à froid et à chaud; mais l'on serait dans une grande erreur, si l'on excluait tous les fers à grandes lames brillantes, et si on les considérait tous

comme susceptibles de produire de mauvais acier. On peut toujours, lorsqu'on le desire, ainsi que nous l'avons dit plus haut (92), faire naître de grandes lames dans un fer excellent, lui donner une cassure et une fragilité absolument semblables à celles du fer qui est naturellement cassant à froid; il suffit d'exposer un fer doux et fibreux à l'action d'un feu long-temps continué, et de le laisser refroidir lentement et graduellement; mais on peut aussi faire disparaître ces sortes de lames, en chauffant et en forgeant le fer auquel on les a données. Cette disparition n'a jamais lieu dans le fer naturellement cassant.

Tous les fers (les fers cassants exceptés) peuvent, comme nous l'avons fait voir (838 et suiv.), prendre du nerf, lorsqu'ils sont forgés à froid. Quant aux grains, à leur nature, à leur forme, et à leur proportion, ils peuvent encore varier, selon que le fer a été forgé plus ou moins rapidement.

1028. ~~Les caractères indiqués par Réaumur, quoiqu'exactes, étant susceptibles d'éprouver des variations dépendantes des opérations auxquelles le fer a été soumis avant d'avoir été cassé, ne doivent donc pas être regardés comme rigoureux.~~

Pénétrés d'admiration pour l'homme immortel qui a rendu des services si importants au travail du fer, qui a, en quelque sorte, créé l'art de la cémentation, nous avons long-temps hésité si nous ajoutions de nouvelles indications à celles que Réaumur a déjà fait connaître, pour distinguer la bonté des fers, et pour pouvoir choisir, entre eux, ceux qui doivent être cémentés; nous avons enfin cédé au desir d'être utiles, et nous nous sommes déterminés à soumettre, au jugement des artistes et des savants, une autre méthode, que nous croyons plus rigoureuse que celle dont on fait usage.

1029. Nous avons précédemment (n° 89) divisé le fer en cinq espèces: 1° doux et mou; 2° doux et dur; 3° cassant à froid; 4° brisant à chaud; 5° aigre, c'est-à-dire, cassant à froid et brisant à chaud.

De ces cinq espèces de fers, deux seules doivent être converties en acier: le fer doux et mou, et le fer doux et dur; les trois autres ont

des défauts qu'ils communiqueraient à l'acier ; ils le rendraient mauvais, brisant, intraitable, et peu propre à être employé.

Nous avons fait connaître précédemment (n° 99), comment on parvenait à reconnaître et à distinguer ces cinq variétés de fer, en les tourmentant, en les pliant, à plusieurs reprises, à chaud et à froid. Les deux premières variétés qui résistent à ces opérations, sont les seules qui doivent être employées pour être transformées en acier, en les soumettant à l'action du ciment.

Mais ces deux variétés différant l'une de l'autre, en ce que la première (le fer doux et mou) est ordinairement du fer pur, et que la seconde (le fer doux et dur) est presque toujours du fer combiné avec du carbone, il suit de-là que, pour obtenir un acier égal et d'une même dureté avec ces deux sortes de fer, il faut que le premier soit soumis plus long-temps à l'action du ciment que les seconds, et que ceux-ci doivent y être soumis pendant un temps d'autant plus court, qu'il y a une plus grande proportion de carbone déjà combinée avec le fer.

Indépendamment de la variation dans la dureté que présentent ces deux espèces de fer, il existe encore plusieurs manières de constater leur différence ; nous n'en citerons que deux : la première, la trempe dans l'eau froide ; la seconde, l'action d'une goutte d'acide sur leur surface.

Si l'on fait rougir à blanc différents fers doux, et qu'on les plonge dans de l'eau extrêmement froide, les fers mous restent noirs ; leur surface est recouverte d'une couche d'oxidule à-peu-près uniforme ; les fers durs, au contraire, sont tachetés de gris et de noir : les taches noires sont formées par l'oxidule adhérent ; et les blanches, par des portions d'oxidule détachées. En général, les taches blanches sont d'autant plus considérables, que le fer est plus dur.

Des expériences faites par Vauquelin et par nous, nous ayant fait remarquer que les fers arseniés et les fers potassés étaient susceptibles de se découvrir comme les fers carburés, il faut, lorsqu'on remarque des taches blanches après la trempe, s'assurer, par le moyen d'une

lime, si la surface du fer, sur les taches blanches, a plus de dureté que dans les endroits qui n'ont pas éprouvé l'action de la trempe.

En mettant une goutte d'acide nitrique, muriatique ou sulfurique, étendue d'eau, sur la surface blanchie d'un morceau de fer, on remarque, à l'endroit où l'acide a exercé son action, une tache d'un blanc-gris ou noir. Sur le fer mou et pur, la tache est blanche; sur le fer dur, elle est grise ou noire: cette tache n'est autre chose que la petite portion de carbure combinée avec le fer, que l'acide a laissée, en dissolvant la portion de métal avec lequel il était combiné, et cette tache est d'autant plus noire, que la proportion de carbone est plus considérable.

1030. Lorsque les substances, qui rendent le fer pur cassant et brisant, sont combinées avec du carbone, et que ce dernier est en proportion un peu grande, il est facile de concevoir comment elles peuvent le rendre brisant, et comment, en se combinant avec le carbone de l'acier, elles peuvent rendre ce dernier ~~plus brisant~~ encore. Il est bon alors, il est même nécessaire, d'exclure ces sortes de fer de la cémentation; mais les aciers cémentés présentent une nouvelle différence dont on n'a pas encore assigné la cause: les uns conservent leurs propriétés d'être aciers, quoiqu'ils aient été chauffés et forgés un grand nombre de fois; les autres perdent cette propriété, après avoir été chauffés et forgés un très-petit nombre de fois. L'acier se *pâme*, pour nous servir de l'expression des ouvriers.

Qu'il y a de remarquable, c'est que, dans un grand nombre de circonstances, la propriété qu'a le fer de conserver son aciération, est en raison du temps qu'il exige pour être cémenté au même degré. Assez généralement les fers qui se cémentent promptement et facilement, perdent leur propriété acieuse dans un très-petit nombre de chauffés.

Cette faculté qu'ont les différents fers de conserver plus ou moins long-temps leur propriété acieuse, quoiqu'ils aient été aciérés au même degré, paraît dépendre de quelque cause difficile à reconnaître en forgeant les fers, et que Réaumur même n'a pas cru pouvoir distinguer dans leurs cassures. Si nous pouvions hasarder une explication,

nous dirions qu'il serait possible que, dans plusieurs circonstances, la facile désaciération fût due à de l'oxidule resté dans le fer, et dont il n'aura pas été complètement purgé dans l'affinage ; il paraît encore que l'arsenic a une grande influence sur la cémentation, puisque les fers faiblement arseniés, qui sont ordinairement doux, liants et ductiles, se cémentent et se pâment avec une extrême facilité. Poncelet s'est assuré que les fers de Bertheville, dans le département de la Meuse, que l'on regarde comme des fers arseniés, jouissent de cette propriété à un très-haut degré.

1031. On peut conclure de tout ceci que l'on doit mettre beaucoup de soin dans le choix du fer que l'on veut cémenter, afin de ne soumettre à cette opération que ceux qui sont susceptibles de produire un bon acier ; que le choix doit être fait de trois manières : 1^o par l'observation de la cassure, en suivant les préceptes de Réaumur ; 2^o en tourmentant les fers à chaud et à froid, pour s'assurer qu'ils n'ont aucun vice ; 3^o en cémentant des échantillons de ces fers, et en les forgeant ensuite à plusieurs reprises, pour s'assurer s'ils conservent bien leurs propriétés acieuses. De ces trois manières, la dernière est la plus certaine ; c'est celle qu'on doit toujours employer de préférence, lorsqu'on peut en faire usage. On peut conclure, en outre, que, parmi les fers de bonne qualité, il en est qui doivent être exposés moins longtemps à l'action du ciment ; que l'on doit cémenter moins longtemps les fers qui contiennent déjà du carbone ; que ces sortes de fers peuvent être distinguées dans la cassure par des grains gris ; par une plus grande dureté, en les forgeant ; parce qu'ils se dépouillent à la trempe, enfin, parce qu'ils laissent une tache noire avec les acides.

DES CÉMENTS QUE L'ON EMPLOIE.

1032. Comme le but qu'on se propose, dans la cémentation, est de combiner du carbone avec le fer, pour transformer celui-ci en acier, les céments, avec lesquels on entoure le métal pour l'aciérer, doivent essentiellement contenir du charbon ; aussi ce combustible entre-t-il

dans la composition de tous les ciments, et en forme-t-il la substance principale.

Bergmann, Rinmann, Réaumur, et plusieurs autres métallurgistes, ont inutilement essayé de cimenter du fer avec des terres argileuses, des sables, de la poudre d'os calcinés, de la craie, de la marne, de la chaux, des cendres lessivées, des sels alcalins, des sels neutres, du verre pilé. Le fer n'a contracté dans ces ciments aucune des propriétés de l'acier; quelques-uns même, qui se dépouillaient à la trempe avant la cémentation, et qui étaient déjà un peu aciéreux, sont devenus doux dans les ciments, et y ont perdu leur dureté.

Quoiqu'il soit bien prouvé que le charbon de bois soit un bon ciment et qu'il suffise pour transformer le fer en acier, qu'il soit même employé seul et sans mélange, dans l'usine d'Osterby (1) en Suède, dans celles de Newcastle (2) et Scheffiel en Angleterre (3), plusieurs directeurs d'aciéries font cependant encore usage, aujourd'hui, de diverses compositions, dans lesquelles il entre un nombre plus ou moins grand de substances, parmi lesquelles plusieurs sont susceptibles d'occasionner des défauts à l'acier que l'on obtient.

1033. On trouve, dans plusieurs ouvrages, la description des compositions employées par un grand nombre d'ouvriers, et qu'ils gardent comme des secrets qu'il craignent de révéler. Les bases de ces compositions sont du charbon de bois pilé, de la suie, des cendres, auxquelles on a joint diverses matières animales, végétales ou salines; tels sont, par exemple, la savate, le poil, la corne, la fiente de bœuf, de cheval, de mouton, de poule, de pigeon, etc., de l'huile, de l'ail, quelques plantes à odeur forte et pénétrante, des alcalis, du nitre, du sel marin, du muriate d'ammoniaque, de l'arsenic, du savon, etc.

Quelques-unes de ces substances brûlent le charbon, détruisent une

(1) Jars et Duhamel, Voyage métallurgique, tome 1^{er}, page 152.

(2) *Idem*, page 222.

(3) *Idem*, page 256.

partie de son effet, tel est le nitre, qui est plus nuisible qu'utile; d'autres procurent à l'acier des défauts, tels sont la savate, le poil, la corne qui donnent à l'acier des grains inégaux en dureté; d'autres, quoique recommandées avec soin, ne produisent aucun effet, tels sont l'ail, dont on assaisonne quelques ciments, les plantes à odeur forte et pénétrante; quelques sels, mêlés dans les ciments, produisent un acier peu durable, et tel que, lorsqu'il a été forgé et trempé une fois, il prend un beau grain et que, forgé et trempé une seconde fois, il n'a plus ou presque plus de grains, enfin qu'il se pâme (1).

Réaumur, qui a essayé la plus grande partie de ces compositions, et plusieurs même dont on ne s'était pas encore avisé avant lui, a trouvé (2) que celles qui lui ont le mieux réussi, étaient un mélange de poussière de charbon de bois, de suie, de cendre et de sel marin. Ces quatre substances peuvent être mélangées en diverses proportions, selon la nature des fers qu'on doit cémenter. Les fers les plus mous (ceux qui ne contiennent pas encore de carbone) doivent avoir une composition plus forte en carbone que les fers durs, c'est-à-dire, ceux qui ont déjà un commencement d'aciération. Les deux extrêmes de ces compositions sont, pour les plus fortes et les plus faibles,

Suie.....	8.....	4.
Charbon de bois.....	4.....	4.
Cendres.....	4.....	8.
Sel marin.....	3.....	3.

Entre ces deux extrêmes, Réaumur conseille de faire usage de toute la proportion intermédiaire et cela relativement à l'état du fer que l'on veut cémenter.

1034. Dans les compositions proposées par Réaumur, on conçoit

(1) Réaumur, Art de convertir le fer forgé en acier, 1^{er} mémoire, page 27 de l'édit. in-4°, Paris, 1722.

(2) *Idem*, page 31.

comment, en augmentant les proportions de la suie, on augmente la force du ciment; on conçoit encore comment, en augmentant la proportion de la cendre, on éloigne les parties charbonneuses du fer, et l'on diminue la force du ciment; mais, ce qui est assez difficile à comprendre, c'est l'action du sel marin, et sur-tout lorsqu'il est mélangé; car, lorsqu'il a été dissous dans de l'eau, et que de cette eau on arrose le ciment, il ne produit pas alors un effet aussi efficace (1); et, ce qu'il y a de plus particulier, c'est que le sel marin retiré des eaux de la mer, soit le seul propre à cet objet, et que celui qui, souillé par de l'argile et distingué sous le nom de *sel gris*, ainsi que celui qui se précipite du salpêtre, en le purifiant, ne produisent pas le même effet (2).

1035. Quoique, jusqu'à présent, tout semble prouver que la poussière de charbon seule suffise pour cimenter le fer, il serait cependant possible que les diverses espèces de charbon produisissent des effets différents. La houille, par exemple, ronge le fer et diminue son volume (3). Le charbon de bois de Bourdaine est préféré, pour la fabrication de la poudre, à ceux de tous les autres bois. Proust a trouvé que, dans seize espèces de charbon qu'il a essayé, celui du sucre brûlait le moins facilement avec le nitre, et que celui d'Asphodèle était le plus combustible (4). Les charbons de bois tendre, de bois blanc, sont plus propres à l'affinage du fer, que ceux de bois dur; on pourrait donc inférer de-là qu'il y aurait un choix à faire dans le charbon de bois. Déjà on s'est assuré, à Osterby en Suède (5), que, de tous les charbons qui existent dans ce pays, celui de bouleau était le plus propre à la cémentation.

(1) Réaumur, Art de convertir le fer forgé en acier, in-4^o; Paris, 1722, premier mémoire, page 28.

(2) *Idem*, page 28.

(3) *Idem*, page 25.

(4) Journal de Physique, année 1810, tome 70, page 328. Après le charbon d'Asphodèle, celui qui est le plus propre pour fabriquer la poudre, est le charbon de chanvre. Voyez Journal de Physique, année 1811, tome 72, page 117.

(5) Jars et Duhamel, Voyage métallurgique, tome 1^{er}, page 152.

Cependant, l'ancien inspecteur des mines, Duhamel, dit avoir cémenté du fer avec du charbon de toutes les espèces, sans avoir observé de différence sensible dans leur effet; il dit même avoir employé, avec beaucoup de succès, la poussière de charbon qui couvre la sole des charbonnières, et que l'on perd ordinairement. Il n'y a aucun doute que tous les charbons ne puissent être employés à la cémentation; mais tout porte à croire, malgré l'assertion de l'ancien inspecteur Duhamel, que les uns agissent plus efficacement que les autres; et toutes les expériences paraissent se réunir pour faire présumer que les charbons de bois tendres doivent être préférés.

On peut conclure de tout ceci, que, malgré l'existence de plusieurs céments propres à être employés avec avantage dans la conversion du fer forgé en acier, il est prudent de ne faire usage que du charbon seul; et que de tous ces charbons, celui de bois tendre doit avoir le plus de succès.

1036. Dans le nombre des expériences citées par Réaumur, il en est une qui paraît être désavantageuse à l'usage du charbon seul, tel qu'on l'emploie en Angleterre et en Suède; la voici (1) : « J'ai mis, dit ce savant, dans un creuset, du charbon pilé tout seul; c'est-à-dire, sans sel et sans autres matières, mais en grandes quantités, par rapport au fer. Ce fer a été changé en acier fin; mais ce n'a été qu'après un temps presque double de celui qu'il eût fallu à la première composition pour opérer le même effet; et cet acier, après avoir été forgé, était plein de gerçures. »

1037. Il serait difficile de prononcer sur l'effet de deux céments différents, si l'expérience d'après laquelle on veut conclure, n'est pas faite à-la-fois sur le même fer et à la même température. Un fer dur et déjà carboné, doit être aciéré en beaucoup moins de temps qu'un fer mou qui ne contient pas de carbone; et deux fers égaux seront d'autant

(1) Réaumur, Art de convertir le fer forgé en acier, premier mémoire, page 27 de l'édition in-4°, Paris, 1722.

plus aciérés, qu'ils seront exposés à une température plus élevée. Il serait possible que l'acier obtenu par Réaumur, en cimentant du fer dans la poussière de charbon, ne se fût gercé en le forgeant, que parce qu'il était trop aciéré. Toutes ces considérations portent donc à croire qu'il ne faut pas se presser de conclure de l'expérience de la cémentation avec le charbon faite par Réaumur; et l'on doit être d'autant plus modéré à cet égard, que les Anglais eux-mêmes cimentent aujourd'hui leur fer avec de la poussière de charbon de bois seul.

Toutes les expériences faites jusqu'à présent prouvent que l'acier n'est autre chose que du fer combiné avec du carbone. Ce que l'on se propose donc en cimentant du fer forgé, c'est de le mélanger, de le combiner avec ce combustible, c'est de faire pénétrer le carbone dans l'intérieur du métal. Puisque l'on s'est assuré qu'en stratifiant du fer avec de la poussière de charbon seul et sans mélange, il s'aciérait bien, et à tous les degrés, on devait conclure que l'emploi de cette substance devait être préférable aux autres compositions; en effet, en cimentant avec du charbon seul, on est sûr qu'aucune autre matière ne se combine avec le fer; tandis qu'en faisant usage de diverses compositions, rien n'assure que quelques-unes des substances qui en font partie ne pénètrent pas dans le métal; et si ces substances étaient contraires à la pureté de l'acier, elles lui procureraient des défauts, elles deviendraient pernicieuses. C'est ainsi que la savate, la corne et le poil contribuent à produire un acier *graineux*, et moins bon que si l'on n'eût employé que le charbon de bois.

Une circonstance dans laquelle les combinaisons pourraient être employées avec succès, serait celle où elle favoriserait la pénétration du carbone; sous ce rapport, la suie semblerait pouvoir remplacer avantageusement la poussière de charbon, parce qu'étant réduite à un état parfait de finesse, son carbone devrait pénétrer plus facilement dans le fer; mais la suie n'est pas pure, elle contient souvent des substances nuisibles au fer; il faut donc éviter d'en faire usage.

DES FOURNEAUX DE CÉMENTATIONS, ET DES INSTRUMENTS
POUR CÉMENTER.

1038. Il faut, dans la cémentation du fer forgé, des caisses pour renfermer hermétiquement le métal avec le ciment qui l'enveloppe; des fourneaux pour faire chauffer les caisses, le ciment et le fer, et des instruments pour préparer et disposer le ciment. Cette section se trouvera donc naturellement divisée en trois paragraphes : 1^o des caisses; 2^o des fourneaux; 3^o des instruments.

Des Caisses de cémentation.

1039. Les caisses dans lesquelles le fer est stratifié avec le ciment, peuvent être en tôle, en fonte de fer, en terre à creuset, en briques, en grès, ou autres pierres qui résistent au feu. Les circonstances dans lesquelles on se trouve, la nature des matériaux dont on peut disposer, la quantité et les dimensions du fer que l'on doit cémenter, déterminent l'emploi et l'usage de ces caisses.

1040. Toutes les fois que l'on ne doit cémenter que de petits objets, et en petite quantité, et que l'exposition au feu est de courte durée, comme dans la trempe en paquet des arquebusiers, des fabricants d'aiguilles, etc., on fait usage de caisses A (planche 59), fermées avec une feuille de tôle, que l'on recouvre également avec de la tôle; le couvercle se fixe sur la boîte avec du fil de fer.

On pourrait cependant, comme le conseille Réaumur dans son troisième Mémoire, faire usage de petites caisses faites avec de la terre à creuset, capable de supporter une haute température. Ces caisses peuvent se fermer avec un couvercle, qui se fixe dans une rainure B, et qu'on met par-dessus, ou par un couvercle C, que l'on glisse dans une coulisse.

Les caisses de fonte de fer peuvent être grandes ou petites; elles peuvent être fermées avec une plaque de fonte D, qu'on place sur le ciment, et que l'on recouvre ensuite de sable.

Le fer et la fonte, exposés à l'action d'un feu violent, s'oxydent ; ils se ramollissent, et courent le danger de se fondre lorsqu'on les expose à une trop haute température.

On diminue l'effet de l'oxidation en couvrant extérieurement le métal avec une couche d'argile, qui le préserve de l'action de l'air ; mais la grande fusibilité de la fonte de fer (puisque'elle peut se liquéfier à 130 degrés du pyromètre de Woedgwood) empêchant que l'on ne puisse l'élever à une température assez haute pour cémenter promptement le fer forgé (1), s'est opposé jusqu'à présent à son usage. Dans quelques circonstances la tôle s'emploie de préférence, parce qu'étant moins fusible que la fonte (2), on peut l'exposer à la température qu'exige la cémentation.

1041. Quelquefois les caisses sont faites avec de bonne terre à creuset délayée, que l'on pétrit dans l'eau. On les construit de trois manières différentes : 1° la caisse est faite d'une seule pièce ; les cinq faces qui la compose sont liées intimement entre elles par la force d'adhésion de la terre cuite ; 2° elles sont formées de cinq plaques D, E, qui s'emboîtent et se réunissent dans des rainures. La plaque du fond E, a quatre de ces rainures ; et les quatre autres plaques D, trois seulement ; 3° chaque caisse F, G, est formée de deux plaques de terre à creuset, qui entrent dans des rainures *a* (figure F), faites dans la sole du fourneau au-dessus du foyer, les autres rainures sont pratiquées dans les faces latérales. Ce mode de construction des caisses fut proposé et exécuté par Réaumur.

On donne à la terre avec laquelle on construit ces creusets, le nom d'argile ; elle n'est ordinairement composée que d'alumine et de silice. Il faut éviter avec soin d'employer de l'argile souillée de substances étrangères, parce que les autres terres et particulièrement la chaux, les oxides métalliques, tels que ceux de fer et de manganèse, ren-

(1) Cette température doit être de 80 degrés du pyromètre de Wedgwood, au moins.

(2) Elle se fond à une température de 150 à 160 du même pyromètre.

draient l'argile trop fusible. La meilleure terre à creuset peut contenir entre 0,15 et 0,30 d'alumine.

Si l'on employait l'argile à creuset seule, telle qu'elle sort de la terre, elle aurait un retrait considérable, qui occasionnerait, pendant la cémentation du fer des crevasses, à travers lesquelles l'air et la chaleur pourraient passer, agir sur le ciment, et nuire à l'aciération. Pour éviter l'inégalité dans les retraits, et empêcher que les crevasses ne se forment, on mêle avec la terre *crue* des fragments d'anciens creusets pulvérisés ; lorsque l'on n'en a pas encore à sa disposition, on expose l'argile à une haute température, pour la cuire et la mêler ensuite avec de la terre crue lorsqu'elle est calcinée.

Il faut prendre toutes les précautions possibles pour que la terre soit préparée avec une excessive propreté. On mêle ordinairement une à deux parties de terre cuite ou de fragments de vieux creusets, avec une partie de terre crue ; on délaye, on marche, on pétrit, et on mélange bien les terres pour en fabriquer ces sortes de creusets. La quantité de terre cuite varie avec celle de l'alumine contenue dans les terres crues ; plus il y a d'alumine, plus la terre a de liant, et plus il faut ajouter de terre cuite.

Les plaques de la deuxième et de la troisième espèces de creusets, s'obtiennent en mettant la terre molle ou l'argile préparée, dans des moules carrés, en la battant, la comprimant fortement dans ces moules, et en la sortant ensuite pour la laisser sécher à l'ombre. Les plaques ainsi formées, lorsqu'elles ont éprouvées un commencement de dessiccation, et qu'elles ont encore un peu de mollesse, sont remises dans les moules pour les y battre de nouveau et les y comprimer fortement pour les ressuyer ; ensuite, on les laisse bien sécher à l'air, et on les met dans un four pour qu'elles perdent toute leur humidité, et qu'elles y prennent la cuisson de la faïence fine ou même du grès.

Pour fabriquer les creusets de la première espèce, c'est-à-dire, ceux qui sont d'une seule pièce, on construit, en bois, une caisse dont la forme et les dimensions extérieures soient les mêmes que celles de l'intérieur des creusets qu'on veut obtenir ; on couvre les cinq faces exté-

rieures de cette caisse (celles du fond et les quatre faces latérales) d'une couche d'un à deux pouces de terre préparée, qui ne soit ni dure ni molle; mais qui puisse se sécher facilement, et prendre promptement de la consistance. On place les uns sur les autres les fragments de terre molle qui doivent former la caisse; on les pétrit, on les comprime ensemble, pour qu'ils s'unissent intimement sans laisser de vide entre eux. On bat fortement cette terre, pour établir de l'adhésion entre ses particules, et la rendre solide. On retire le moule lorsque la caisse est faite; on la laisse sécher lentement à l'ombre, parce qu'une trop prompte dessiccation pourrait y occasionner des gerçures, par les retraits inégaux qui s'y produiraient. Lorsque cette caisse est sèche, on la place dans un four à potier pour la cuire; souvent on la place de suite, et pendant qu'elle est encore verte, dans le four où elle doit être fixée. Il faut, dans cette circonstance, chauffer le four avec beaucoup de précautions.

Il est difficile de donner de grandes dimensions aux caisses de terre faites d'une seule pièce, à cause de la difficulté qu'elles éprouvent lorsqu'on veut les manier quand elles sont crues et vertes, et à cause des gerçures qui s'y forment pendant qu'elles se séchent et qu'on les cuit. Ces inconvénients sont d'autant plus difficiles à éviter que les dimensions sont plus grandes.

1042. Les caisses en briques sont les plus commodes et les plus économiques. On peut facilement changer, et sans de grandes dépenses, les briques qui se gercent, se fendent ou se cassent, et la caisse peut être promptement réparée; mais les briques doivent être construites avec de bonne argile, susceptible de supporter une très-haute température sans se fendre, et de pouvoir passer d'une très-haute à une très-basse chaleur sans se fendre ni se casser.

Quoique les briqueteries soient très-communes, il est cependant préférable de fabriquer soi-même les briques que l'on doit employer, parce que, 1^o on leur donne les dimensions les plus favorables au creuset que l'on veut construire; 2^o on peut faire un choix ou un mélange des terres les plus propres à supporter la haute température du creuset,

et les différents degrés de chaleur auxquels il est exposé; 3° l'on peut mettre plus de soin dans le travail, et obtenir des briques qui aient les dimensions exactes que le creuset exige. Ces briques se travaillent de la même manière que les plaques avec lesquelles on construit les creusets de terre des seconde et troisième espèces.

Les briques dont on fait usage sont assez ordinairement rectangulaires; dans quelques endroits elles sont carrées; dans d'autres elles sont oblongues. Leur épaisseur varie entre 12 et 30 lignes, selon les surfaces qu'elles doivent avoir; mais comme les briques d'un four sont toutes semblables, et qu'elles ont les mêmes dimensions, il arrive souvent que les creusets qui en sont formés ont de grands défauts.

Nous avons vu employer, à la construction d'une caisse de cémentation, des briques qui avaient trois formes différentes: les premières planes et rectangulaires H, étaient destinées à former le fond et les faces latérales; les secondes pliées, courbées, à angle droit I, étaient destinées à former les arêtes de la caisse; les troisièmes K, composées de trois plans rectangulaires, et réunis entre eux, formaient les coins des angles solides des caisses. Pour joindre plus facilement ces briques, les unir avec plus de solidité, et empêcher que la flamme ne pénétrât entre les joints, on avait conservé dans leur épaisseur des angles saillants et rentrants, de façon que les parties saillantes de l'une des briques s'enchaînaient dans la partie rentrante des autres, et les réunissaient à la manière des languettes dans des rainures.

1043. Dans la plupart des usines anglaises, à Newcastle (1), à Sheffield (2), les creusets sont construits avec des pierres de grès très-réfractaires, qui peuvent supporter, sans se rompre ni se fendre, la température nécessaire à la cémentation. Ces pierres taillées, ont la forme des briques rectangulaires à grandes dimensions, sous une épaisseur uniforme de 2 à 5 pouces. En général, toutes les pierres qui sont

(1) Jars et Duhamel, Voyage métallurgique, tome 1^{er}, page 222.

(2) *Idem*, tome 1^{er}, page 256.

susceptibles de supporter la température de la cémentation, comme les grès anglais, peuvent être indifféremment employées dans la construction des caisses.

Des Fourneaux de cémentation.

1044. Les fourneaux de cémentation ont assez généralement la forme d'un prisme à base rectangulaire L, M, terminé par une calotte cylindrique. Le vide intérieur est divisé en quatre parties : 1° le cendrier *a*; 2° le foyer *b*; 3° le creuset *c*; 4° la voûte *d*, placée au-dessus du creuset.

Il existe dans les dimensions des fourneaux des variétés considérables, qui dépendent principalement de la quantité de fer que l'on veut cémenter à-la-fois; les uns, N, P, Q (et ce sont les plus communs), ne contiennent qu'une caisse; d'autres, beaucoup plus considérables, F, G, O, R, S, T, U, renferment deux caisses. Les fourneaux proposés par Réaumur, F, G, S, T, U, contiennent trois, quatre, et un plus grand nombre de caisses. Celles-ci *a*, *b*, *c*, *d*, sont habituellement plus longues que larges; leur longueur *ac*, est double ou triple de leur largeur *ab*. Les caisses de Réaumur avaient de 8 à 14 pouces de large, sur 18 à 24 de longueur. Celles d'Angleterre ont de 12 à 36 pieds de longueur. La hauteur des creusets est ou égale à la largeur, ou un peu plus grande.

1045. On élève avec des pierres ordinaires de gros murs *f*, *g*, *h*, *i*, figure L, N, de deux à quatre pieds d'épaisseur, pour former le muraillement extérieur. On les recouvre en-dedans d'un second muraillement intérieur de 8 à 12 pouces d'épaisseur; celui-ci, qui est construit en briques ou en pierres réfractaires, forme les parois du vide intérieur du fourneau. Il est séparé des faces ou des parois du creuset par un vide *k*, de 3 à 6 pouces de longueur, par lequel la flamme qui s'élève du fond, peut échauffer les faces du creuset.

Au-dessous des creusets V, X, sont placés 4 à 12 arceaux pour les supporter. Ils sont construits en pierres réfractaires, afin que la haute température à laquelle ils sont exposés ne les endommage pas. De chaque

côté s'élèvent, entre le muraillement intérieur et les faces des creusets, de petits massifs *m*, fig. N, de 2 à 6 pouces de large, pour maintenir les faces des caisses, et empêcher qu'elles ne cèdent à l'effort qu'exercent contre elles les matières qui les remplissent, lorsqu'elles sont ramollies par la chaleur. De semblables massifs *m*, fig. O, sont élevés entre les creusets, lorsque le fourneau en contient plusieurs. Entre ces massifs sont des canaux *o*, pour laisser circuler la flamme.

1046. Sur le milieu de la voûte de quelques fourneaux (Q, planche 59; A, B, planche 60) est placée une ouverture *l*, qui communique à une cheminée, afin de favoriser la sortie de la fumée. Sur quelques autres (P, planche 59; C, planche 60) sont 3 ou 5 ouvertures *l, l, l*, qui communiquent également à la cheminée. Elles ont pour objet de distribuer plus uniformément la chaleur autour des caisses ou creusets. Quant au tuyau de la cheminée, il est placé ordinairement au-dessus du milieu du fourneau C (planche 60); dans quelques endroits il est sur le côté D.

A Newcastle, et dans plusieurs usines anglaises, les cheminées aboutissent dans une grande voûte R (planche 59), A, B (planche 60), élevée au-dessus du fourneau. Les ouvertures par lesquelles la fumée pénètre dans cette voûte, varient entre 5 et 8. Lorsque le nombre est impair, il y en a toujours une placée au milieu de la voûte.

1047. On chauffe les fourneaux avec du bois, de la houille, ou du charbon de bois. La forme des chauffés varient selon le combustible que l'on emploie. Les fourneaux, chauffés avec du bois, doivent avoir un foyer plein X (planche 59), C (planche 60), qui ne reçoive d'air que par de petits conduits *p, p*, faits à la partie inférieure du foyer; lorsque les creusets sont petits, les bois se jettent par une extrémité; lorsqu'ils sont longs, ils se jettent par les deux extrémités. La hauteur du sol du foyer, au-dessous du fond du creuset, doit être de 18 à 30 pouces.

Les fourneaux, chauffés avec de la houille A, B (planche 60), ont un grand canal au-dessous de la grille du foyer, afin d'établir un courant d'air un peu considérable; celui-ci est nécessaire pour entretenir

la combustion. Les fourneaux ont de même, en raison de la longueur des caisses, ou une seule ouverture placée à l'une des extrémités, pour jeter la houille, ou deux ouvertures, une placée à chaque extrémité.

Enfin, dans les fourneaux P, Q (pl. 59), chauffés avec du charbon de bois, le sol du foyer est placé à une très-petite distance du fond; le charbon est jeté par le haut dans des espaces vides, dans des canaux q, q , existant entre les parois intérieures du fourneau et les faces des caisses; on pratique, dans ces sortes de fourneaux, plusieurs petits conduits r, r , près du sol, pour faire arriver, sur le charbon, la quantité d'air propre à entretenir la combustion et à élever la température au degré qui lui est nécessaire.

1048. Dans la plupart de ces fourneaux, on établit, au-dessus des creusets, dans une des faces qui correspondent à leur largeur, une ouverture s , par laquelle on s'introduit dans les caisses, soit pour y stratifier le fer avec le ciment, soit pour retirer le fer, lorsqu'il est cémenté. Réaumur plaçait, au-dessus de ses fourneaux S, T, U, un chapeau mobile t , analogue à ceux qu'on pose sur les fourneaux à affiner ou à coupeller le plomb. Il chargeait ou vidait ses fourneaux, en soulevant le chapeau qui le couvrait.

1049. Réaumur cémentait de 5 à 600 livres de fer à-la-fois dans des creusets, dont l'espace vide contenait 4 à 5 pieds cubes (1). A Osterby, en Suède, on cimente 10 milliers pesant de fer dans trois caisses, contenant chacune 24 pieds cubes (2). Les caisses de Newcastle contiennent 68 pieds cubes; on y cimente environ 14 milliers de fonte (3). Dans les creusets de Réaumur, on cémentait 125 livres de fer par pied cube; dans ceux d'Osterby, 140; et dans ceux de Newcastle, 200 livres environ. En général, comme il faut dans chaque caisse laisser un espace dans la partie supérieure, pour la fermer hermétiquement, elles contiennent

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 4^e partie, page 91.

(2) Jars et Duhamel, Voyage métallurgique, tome 1^{er}, page 151.

(3) *Idem*, tome 1^{er}, page 222.

proportionnellement d'autant moins de fer, qu'elles sont plus petites. Il faut, relativement à la quantité de fer que l'on doit placer dans une caisse, considérer que le volume du ciment doit être à-peu-près les trois cinquièmes de celui du fer; de-là le pied cube d'espace, rempli par le fer et le ciment, doit contenir de 160 à 200 livres de fer.

1050. Afin de mettre les personnes qui voudront cimenter du fer à même de faire construire les fourneaux qui leur seront nécessaires, nous allons faire connaître les plans de six des principaux fourneaux dont on fait usage:

1° Trois plans différents des fourneaux S, T, U (planche 59) imaginés par Réaumur, et dont il s'est servi avec beaucoup de succès. Ces fourneaux étaient chauffés avec du charbon de bois; on pourrait également les chauffer avec du bois; mais il faudrait, dans ce cas, laisser les distances entre les plaques *b, e, f, d*, un peu plus grandes qu'elles ne le sont dans ces plans. Ce que ces fourneaux avaient de particulier, c'est que le fer et le ciment n'étaient échauffés que par trois des faces du creuset, savoir, les deux faces latérales *a, b, d, c*, formées de plaques de terre mobiles, et la partie supérieure *l, m*, qui les recouvre. Pour mettre à profit toute la chaleur qui se dégage de la combustion, Réaumur avait établi, aux deux extrémités du fourneau, deux petits creusets *o, p*, qui n'étaient chauffés que par une des faces *e, f*. Il employait, par ce moyen, une partie de la chaleur qui avait été absorbée, par les faces latérales intérieures du massif, dans les fourneaux ordinaires.

2° Le plan D (pl. 60), avec sa coupe, d'un fourneau qui était employé, à Scheffield, à l'époque où Jars et Duhamel visitèrent cet établissement. Ce fourneau est chauffé avec de la houille, et ne contient qu'un seul creuset.

3° Un fourneau à deux creusets R (pl. 59), employé, à Newcastle, à l'époque où Jars et Duhamel visitèrent les usines d'Angleterre. Ce fourneau est à deux creusets chauffés avec de la houille; il est recouvert d'une double voûte, dans laquelle sont placées les cheminées, et par laquelle toute la fumée s'échappe.

4° Le fourneau A, B (planche 60), qu'on emploie aujourd'hui à

Scheffield, tel que M. Cottier le publia dans les Mémoires de la Société de Manchester, et que O'Relly le copia dans ses Annales des Arts et Manufactures (1). Ce fourneau est à deux creusets ; il est chauffé avec de la houille, et contient une double voûte, dans laquelle passent les cheminées ; il est construit dans un emplacement conique semblable à ceux dans lesquels on met les fourneaux de verrerie.

5° Un fourneau C, chauffé avec du bois, proposé par l'ancien inspecteur Duhamel ; il dit l'avoir fait construire, avec beaucoup de succès, dans plusieurs usines de France. Ce fourneau n'a qu'un seul creuset et deux portes pour jeter le bois dans le foyer. La voûte, qui recouvre le creuset, est percée de cinq ouvertures, pour laisser sortir la flamme et la fumée. Ce fourneau a été décrit dans l'Encyclopédie par ordre de matières (2).

6° Un fourneau à un creuset Q (planche 59), propre à chauffer le ciment avec du charbon de bois. Cette espèce de fourneau, quoiqu'en usage dans quelques aciéries de France, ne doit pas être conseillée ; nous ne le faisons connaître ici que pour compléter la série des fourneaux de cémentation qui sont employés. Il est préférable de faire usage des fourneaux chauffés avec de la houille par-tout où l'on peut se procurer ce combustible ; dans le cas contraire, on chaufferait avec du bois.

A ces six fourneaux, on en a réuni (planche 61) plusieurs autres, que l'on trouve dans l'ouvrage de Jars et Duhamel, et qui pourront servir de modèle, lorsque l'on voudra en faire construire.

Nous devons faire observer qu'il est utile de conserver dans chaque fourneau des ouvertures z, figures T, U (planche 59), qui communiquent dans l'intérieur du creuset, pour exposer, dans le ciment, des morceaux de fer, à l'aide desquels on puisse juger du degré de cémentation qu'a éprouvé le métal. Réaumur conseille de placer de ces

(1) Annales des Arts et Manufactures, tome 1^{er}, page 34.

(2) Encyclopédie par ordre de matières, tome 3, page 454.

épreuves à diverses hauteurs , pour avoir des données exactes sur les différents degrés d'aciération du fer dans toute l'étendue de la caisse.

Des Instruments nécessaires.

1051. Les instruments essentiels dans un établissement de cémentation sont ceux à l'aide desquels on prépare le ciment, on pèse le fer, et l'on casse les barres cimentées.

Dans quelques ateliers, on pile le charbon de bois dans des mortiers, et l'on passe, avec des tamis, la poussière que l'on obtient; dans d'autres, on pile le charbon avec des bocards, et l'on passe le charbon pilé dans un blutoir semblable à celui dont se servent les boulangers et les meuniers pour passer la farine. A l'aide de ces instruments, on peut préparer, en très-peu de temps, le ciment qu'on doit employer. Il ne faut plus ensuite que de grosses balances pour peser les barres de fer et des marteaux pour les casser, afin de juger de leur degré de cémentation.

DE LA CÉMENTATION.

1052. Pour cimenter le fer, on le stratifie dans les caisses avec de la poussière de charbon, que l'on comprime; on ferme le creuset hermétiquement; on donne le feu qui doit être continué jusqu'à ce que le fer soit entièrement aciéré.

Comme la combinaison du carbone dans les barres se fait d'abord à la surface, et qu'elle s'introduit ensuite de tranche en tranche jusqu'au centre, il s'ensuit que le temps nécessaire, pour que chaque cémentation soit complète, sera d'autant plus long, que les dimensions des barres seront plus grandes, et que la température sera moins élevée. En effet, Réaumur s'est assuré (1) que, s'il faut douze heures (à chaleur

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, second mémoire, page 57.

égale) pour cémenter un barreau de 3 lignes d'épaisseur, il en faut 36 pour cémenter, jusqu'au centre, un barreau de 6 lignes.

Il suit, de la loi de la pénétration du carbone dans le fer, que, si les centres des deux barreaux, l'un de 6 lignes d'épaisseur et l'autre de 12, sont également cimentés, le premier contiendra proportionnellement moins de carbone, et sera, par conséquent, dans sa totalité, moins aciéré que le second. Le carbone s'introduisant successivement, les premières tranches se combinent d'abord avec une portion de ce combustible, elles cèdent ensuite, aux secondes tranches, une partie du carbone qu'elles ont pris, en même temps qu'elles s'unissent à une nouvelle quantité. Cette combinaison et cette pénétration se font de manière que chaque couche successive contient des proportions moindres de carbone, à mesure qu'elles s'avancent de la circonférence vers le centre. Ainsi, un barreau de 12 lignes retient, depuis son centre jusqu'à 3 lignes de distance de chaque côté, autant de carbone qu'un autre barreau de 6 lignes; mais, à partir de cette couche, toutes celles qui suivent, jusqu'à la couche extérieure, ont des proportions de carbone qui vont en augmentant; il résulte de-là que toutes les couches d'un barreau de 12 lignes qui s'écartent de celle qui est à 3 lignes du centre, contiennent plus de carbone que les couches intérieures, c'est-à-dire, que celles qui se rapprochent du centre; et comme la quantité de carbone dans l'intérieur, à partir de 3 lignes du centre, est la même que celle que contient un barreau de 6 lignes, il s'ensuit que le barreau de 12 lignes doit retenir, proportionnellement, beaucoup plus de carbone que celui de 6 lignes.

Si l'on pouvait supposer que la quantité de ce combustible augmentât dans les tranches successives, en progression arithmétique, à partir du centre, supposé l'unité, la quantité de carbone, contenue dans des barreaux de différentes épaisseurs, serait, comme la somme des produits de deux progressions arithmétiques, dont l'une représenterait les surfaces des tranches successives, et l'autre la quantité de carbone contenue dans des surfaces égales de chaque tranche. Si donc la quantité de carbone répartie dans les tranches successives, à partir du

centre, était comme la suite des nombres naturels 1, 2, 3, 4, etc., les surfaces des tranches étant comme la suite des nombres impairs (1) 1, 3, 5, 7, etc., il en résulterait que, dans deux barreaux, l'un, de 6 lignes, divisé en 6 tranches, à partir du centre; l'autre, de 12 lignes, divisé également en 12 tranches, les quantités respectives de carbone, contenues dans ces barreaux, seraient comme les nombres 161 et 1182; conséquemment le barreau, double de largeur et d'épaisseur, contiendrait plus de sept fois autant de carbone que le barreau simple.

Puisqu'il faut plus de temps pour cémenter des gros barreaux, que pour en cémenter des petits au même degré, il s'ensuit que l'on doit, autant qu'il est possible, placer, dans chaque opération, des barreaux d'une même épaisseur; mais une question plus importante est de déterminer quelle est l'épaisseur la plus favorable à la cémentation.

Si l'on ne comparait que le rapport des temps employés, avec la quantité de fer cémenté, on serait conduit, d'après les observations de Réaumur, à regarder les barreaux les plus minces comme les plus favorables à la cémentation: mais des barreaux d'acier très-minces seraient fort difficiles à forger, ils s'écraseraient sous le marteau. Cette difficulté oblige donc de donner aux barreaux une épaisseur telle qu'ils puissent être facilement forgés, après avoir été cémentés. Le résultat des expériences faites sous le double rapport de la durée de la cémentation et de la difficulté de forger le fer cémenté, a été de donner de 5 à 8 lignes d'épaisseur aux barreaux que l'on stratifie dans les caisses. Quant à la largeur, elle est différente, elle ne doit dépendre que de la grosseur des aciers que l'on a en vue d'obtenir.

1053. Avant de charger les caisses, on doit observer, avec une scrupuleuse attention, l'état dans lequel elles sont. Si elles avaient des

(1) En effet, si l'on divise un carré ab, de , figure E (planche 60), en plusieurs tranches, à partir du centre c , on voit que si celle du centre est formée de quatre carrés, la seconde en contient 12, la troisième 20, la quatrième 28, etc. Ainsi les surfaces des tranches successives sont comme les nombres 4, 12, 20, 28, 36, etc. Donc, comme les nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, 11, etc.

fentes, des crevasses, l'action réunie de l'air et de la chaleur brûlerait le ciment dont le fer est environné, et empêcherait le métal de se cémenter. Ils feraient plus, en pénétrant, ils attaqueraient le fer, l'oxideraient, et même le feraient fondre, si la température était assez élevée.

1054. Après avoir pulvérisé les matières du ciment, les avoir tamisées et mélangées intimement, un ou deux ouvriers entrent dans la caisse pour y arranger le fer; d'abord ils y mettent une couche de ciment de 10 lignes d'épaisseur environ; ils placent sur cette couche un lit de barres de fer. Il est bon, lorsque cela est possible, que les barres occupent toute la longueur de la caisse, qu'elles soient bien dressées, afin qu'elles s'arrangent plus facilement. Dans le cas où elles seraient moins grandes, il faudrait réunir deux ou plusieurs barreaux pour compléter la longueur.

Il y a diverses opinions sur la dessiccation que doit avoir le ciment que l'on emploie : dans quelques usines anglaises, on l'humecte un peu, pour que la stratification se fasse commodément ; dans d'autres, on ne l'humecte pas, parce que l'on croit que l'acide carbonique et l'hydrogène, provenant de la décomposition de l'eau et de son action sur le ciment, sont inutiles à la cémentation, et l'on craint, de plus, que l'oxigène de l'eau n'oxide inutilement le fer (1). Quelque fondées que soient ces craintes, le ciment n'en est pas moins humecté dans la presque généralité des fourneaux de cémentation.

1055. Les premiers barreaux *a*, figures F, G, H, I (planche 60), se placent à 6 ou 8 lignes des faces des creusets, afin qu'il s'y trouve une grande épaisseur de charbon ; il suffit de laisser ensuite, entre chaque barre, 2 lignes de distance, pour qu'elles puissent être séparées, les unes des autres, par une épaisseur de charbon suffisante, pour les empêcher de se souder, lorsqu'elles sont ramollies.

Sur cette première couche de barres de fer, on place une seconde couche de ciment de 5 à 6 lignes d'épaisseur, puis une seconde couche

(1) Journal des Arts et Manufactures, tome 1^{er}, page 41.

de fer *b*, une troisième couche de ciment, une troisième couche de fer *c*, et cela successivement, jusqu'à ce que le creuset soit rempli de ces deux substances, et qu'il reste 3 à 6 pouces de vide au-dessus de la dernière couche de ciment, pour pouvoir fermer hermétiquement la caisse.

Il est bon, lorsque l'on place chaque couche successive de fer, de croiser les barres les unes sur les autres, c'est-à-dire, de mettre une couche dans le sens de la longueur du creuset *G*, et une autre dans le sens de la largeur *H*, et de placer ainsi, alternativement, les couches successives.

On n'approche les barres qu'à 6 pouces des faces d'un creuset, et l'on met, au fond de la caisse, la première couche de ciment, qui peut avoir 10 pouces d'épaisseur, afin de préserver le fer de l'oxidation que pourrait lui donner l'air, s'il se formait quelques crevasses pendant l'opération; en effet, si les fentes ont peu d'épaisseur, l'action de l'air et de la chaleur agit d'abord sur le ciment, le brûle et le réduit en cendres. La couche de cendres qui s'est formée offre un obstacle naturel à l'entrée de l'air; elle l'empêche de se porter sur les autres couches. Lorsque la crevasse est étroite, la plus petite épaisseur de cendres formée suffit souvent pour empêcher que la couche de ciment ne continue à être attaquée, et pour préserver le fer de l'action de l'air.

On bouche hermétiquement les caisses de trois manières: 1^o avec un couvercle de tôle ou de fonte, comme dans les trempes en paquet; 2^o avec un couvercle de terre *I*, comme dans les fourneaux de Réaumur; 3^o avec de la terre ou du sable *H*. Cette méthode est la plus généralement employée; le vide de 3 à 4 pouces, qu'on laisse dans la partie supérieure des caisses, après les avoir remplies de fer stratifié avec du charbon, n'a pour objet que de pouvoir renfermer la terre qui doit couvrir le creuset.

Dans quelques endroits, comme à Newcastle, on recouvre le ciment de sable pur (1) imbibé d'un peu d'eau; on élève le tout en dos-d'âne

(1) Jars et Duhamel, Voyage métallurgique, tome 1^{er}, page 223.

au-dessus du fourneau ; dans d'autres , on mélange , avec le sable , un peu d'argile ou de terre à four (1) , pour lui donner du liant . La nature des terres n'est pas indifférente ; il faut qu'elle soit assez réfractaire , pour ne pas fondre entièrement , et qu'elle puisse se ramollir assez , pour s'affaisser avec le ciment ; sans quoi , elle s'incorporerait avec la caisse , adhérerait à ses parois , et il serait difficile d'enlever le couvercle vitreux , lorsqu'on voudrait retirer le fer : il se formerait , de plus , un vide entre le ciment affaissé et la croûte de terre fondue . Il est donc nécessaire que la matière terreuse , qui remplit le vide , soit assez fusible pour se vitrifier légèrement à la surface , afin de former un léger enduit , qui empêche l'accès de l'air dans l'intérieur de la caisse .

En plaçant la première couche de ciment , on pose les éprouvettes qui doivent être fixées dans le bas de la caisse . On en met une à chaque coin , et on les enfonce de 10 pouces au moins dans le ciment , en les recouvrant , hors de la caisse , avec de bonne argile , pour qu'elles ne soient pas attaquées et rongées par le feu ; puis on place les autres éprouvettes à diverses hauteurs , à mesure que l'on stratifie le fer dans la caisse . Les éprouvettes doivent avoir , autant qu'il est possible , la même épaisseur que les barres à cimenter ; il serait même bon qu'elles fussent un peu plus épaisses .

1056. Aussitôt que les caisses sont chargées et recouvertes , on ferme l'ouverture par laquelle les ouvriers sont entrés dans le fourneau , et l'on allume le feu . Il faut qu'il soit poussé de manière à faire rougir la caisse et à élever sa température de 80° ou 90° du pyromètre de Wedgwood , c'est-à-dire , très-voisine de celle qui rend le fer rouge-blanc , mais qui est encore loin de celle de 150° , qui peut le fondre .

Lorsque , d'après la connaissance qu'on a de son fourneau , on voit que l'opération est prête à se terminer , on retire les éprouvettes , on les casse , et l'on juge , par la nature et la forme du grain , si l'aciération a pénétré au centre du barreau , si elle est parvenue au degré qu'on a voulu

(1) Journal des Arts et Manufactures , tome 1^{er} , page 42 .

obtenir; enfin, si l'on doit arrêter le feu ou continuer l'opération. Dans le premier cas, on cesse d'introduire du combustible dans le foyer, et lorsque le feu s'éteint, on ouvre la porte d'entrée du creuset et toutes les autres issues du fourneau, pour le laisser refroidir lentement.

Il est des fourneaux dans lesquels la cémentation est terminée en trois ou quatre jours; d'autres, dans lesquels elle dure huit à dix jours, et quelquefois davantage; cette durée dépend de la manière dont le fourneau est chauffé, de la température des caisses, de la grandeur des creusets, et de la grosseur des barres. La durée de la cémentation n'a aucune influence sur la qualité de l'acier, si toutefois la chaleur est convenable, et si le fer est assez cémenté. Réaumur (1) s'est assuré que de l'acier cémenté en quelques heures, lorsqu'il avait le degré qui lui convenait, était aussi parfait que celui qui avait été cémenté pendant douze à quinze jours. On peut toujours accélérer la cémentation, en chauffant davantage le fourneau, et en l'élevant à une plus haute température, pourvu, cependant, que celle-ci ne soit pas assez grande pour faire fondre le fer.

Quoique l'acier, cémenté lentement ou promptement, soit également bon, il est cependant une température qu'il faut atteindre, et une autre qu'il ne faut pas dépasser, si l'on veut avoir du bon acier; les limites, pour l'une et pour l'autre, sont de 75 à 100, du pyromètre de Wedgwood. Le charbon ne pénètre dans le fer, que lorsque celui-ci est rouge, et très-près de la couleur cerise; le fer se fond dans le charbon, lorsqu'il est élevé à une température plus haute que 100°; il faut donc, en chauffant le fourneau, élever le fer au degré de chaleur nécessaire, pour que le charbon puisse le pénétrer et éviter de le faire fondre; entre ces deux termes, on obtiendra toujours un bon acier, quel que soit le degré auquel la température soit élevée. L'expérience seule décide quel doit être le degré le plus favorable à l'économie de l'opération, et cela relativement à l'espèce de fourneau dont on fait usage, à la grandeur

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 2^e mémoire, pages 49 et 53.

des caisses, à la composition du ciment, et à la nature des fers que l'on convertit en acier.

1057. Pendant la durée de la cémentation, principalement après les premières heures de feu, on voit la masse de ciment diminuer; cette diminution occasionnerait un vide entre le sable et les matières charbonneuses; si les terres qui recouvrent le creuset n'avaient pas assez de mobilité pour suivre l'affaissement, il pourrait alors s'y former des crevasses qui permettraient à l'air d'exercer son action sur le ciment, ensuite sur le métal, et le ferait brûler.

Ce vide est occasionné par la vaporisation de quelques-unes des substances vaporisables qui entrent dans la composition du ciment.

Comme il ne se vaporise ordinairement, pendant l'opération, que l'eau avec laquelle on avait mouillé le ciment, il s'ensuit qu'on peut toujours employer celui-ci de nouveau, en l'imbibant toutefois avec un peu d'eau nouvelle; pour faciliter l'arrangement et la stratification des substances, il faut aussi avoir l'attention d'ajouter de nouveau charbon à l'ancien ciment, afin de le rendre plus actif. Réaumur, l'ancien inspecteur des mines, Duhamel, et plusieurs autres métallurgistes disent s'être assurés que le ciment perdait de sa force et de ses propriétés à chaque opération. Réaumur a remarqué que la composition qu'il employait, et que nous avons fait connaître, perdait, chaque fois, la moitié de son poids environ, lorsque son volume ne diminuait que d'un quart (1); mais, parmi les substances qui entrent dans la composition du ciment de Réaumur, le sel, par exemple, se vaporise en grande partie.

998. Si l'on place un grand nombre d'éprouvettes dans le fourneau, pour les retirer à des époques peu éloignées les unes des autres, afin de suivre la marche de la cémentation, on remarque, en cassant le premier barreau d'essai, qu'il s'est formé, autour de la surface K, un cordon composé de grandes lames de couleur grise, arrangées avec

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 2^e mémoire, page 45.

assez d'ordre; ces lames diffèrent de celles du fer cassant à froid par leur couleur et leur régularité; celles du fer sont blanches et irrégulières. Le second barreau, c'est-à-dire, celui qu'on a retiré quelque temps après, est envifonné d'un cordon L plus large, et l'on voit ce cordon augmenter de largeur, jusqu'à ce qu'il soit enfin parvenu au centre, le barreau est alors entièrement cémenté. Le degré de cémentation de chaque couche K, L, M, se distingue principalement par la couleur des lames : si celles des bords K, qu'on a observées en cassant le premier morceau, étaient d'un gris très-blanc, elles sont d'un gris plus foncé dans le second morceau L, qu'on a retiré quelques temps après, et la bande qui s'est formée vers le centre, dans ce second morceau, est d'un gris-blanc tout-à-fait semblable à celle des bords de la première barre K; enfin, plus le fer est exposé à l'action du ciment, à une température constante, plus les tranches successives deviennent ternes et d'un gris foncé. Chaque tranche successive de la barre entièrement cémentée, est non-seulement remarquable par sa couleur grise terne, en allant de la surface au centre, mais encore elle se distingue, en allant du centre à la surface, par la grandeur des lames; on voit que celles de la surface diminuent graduellement de grandeur à mesure qu'elles se pénètrent de charbon. Enfin, lorsque les tranches contiennent une quantité de carbone un peu considérable, on voit qu'elles perdent successivement leurs lames, et ne présentent alors que des grains très-déliés, un peu aplatis, et d'une couleur plus grisâtre que celles que les lames avaient d'abord.

On peut donc, en retirant successivement les éprouvettes, juger de la marche de la cémentation, ou des différents degrés où les barres, entièrement cémentées, sont arrivées, conséquemment de l'instant où l'on doit cesser le feu, relativement au degré d'aciération qu'on veut obtenir; mais ces caractères, quoique exacts, présentent cependant quelques différences relativement aux espèces de fer qu'on emploie : dans les fers cassants à froid, par exemple, qui présentent des lames dans toutes leurs cassures, le cordon extérieur change d'abord ses lames en grains très-gris, avant que les lames qui le suivent aient perdu de

leur couleur, et aient donné quelques signes de cémentation (1), aussi arrive-t-il toujours que la surface de ces sortes de fer est trop aciérée, lorsque le centre ne l'est pas encore; et, quand le ciment a pénétré jusqu'au centre, ces aciers sont souvent intraitables, s'ils ont un peu d'épaisseur. Dans plusieurs fers, les premières lames sont très-grandes, dans d'autres elles sont très-petites, ce qui dépend, quand les fers sont de bonne qualité, de la quantité de carbone qui y était déjà combinée. Les fers mous prennent de grandes lames, les fers durs en prennent de plus petites.

Il est donc essentiel, 1° que les éprouvettes soient d'un fer semblable, et d'une épaisseur égale à celui que l'on cimente, afin qu'elles puissent donner des indications exactes sur son degré de cémentation; 2° que l'on n'emploie, autant qu'il est possible, qu'un fer d'une qualité bonne et uniforme, pour que l'on puisse toujours avoir les mêmes indications pour des degrés égaux de cémentation, sans quoi il faudrait exiger de l'ouvrier qui dirige l'opération, une intelligence qu'on ne doit pas toujours espérer de rencontrer.

1059. Dès que le fourneau est refroidi, un ou deux ouvriers pénètrent dans la caisse; ils en retirent d'abord le sable qui recouvre le ciment, puis ils sortent, par une ouverture formée au-dessus du creuset, les barres cimentées et le ciment qui les recouvre, et ils donnent l'un et l'autre à un ouvrier placé au-dehors du fourneau; ce dernier, en recevant les barres, casse un de leurs bouts, pour examiner la forme de leurs grains, et leur degré de cémentation, afin de mettre de côté celles qui sont assez cimentées, et les séparer de celles qui, par quelques causes particulières, ne l'auraient pas été entièrement, et qui, en conséquence, doivent être exposées de nouveau à l'action du ciment dans la caisse.

1060. Ces barres sorties de la caisse sont remarquables en ce qu'elles sont recouvertes d'ampoules de diverses grosseurs, ce qui a fait donner

(1) Réaumur, Art de convertir le fer forgé en acier, 6^e mémoire, page 182.

L'ART DE FABRIQUER LE FER.

le nom d'*acier poule* aux fers cémentés. Toutes les ampoules sont creuses dans l'intérieur; quelques-unes sont percées dans la partie supérieure, ce qui prouve qu'elles ont laissé dégager la substance gazeuse à laquelle elles doivent leur formation. Nous ne suivrons pas ici les différentes explications que l'on a données sur la génération de ces bulles, que les uns attribuaient à du soufre, d'autres à des sels, d'autres à du zinc qui se dégage. On sait aujourd'hui que tous les fers n'en donnent pas également, qu'il en est même, ce qui est fort rare, qui n'en donnent pas du tout.

Pour que ces bulles se forment, il faut que le fer ait été assez ramolli pour que les gaz qui se dégagent puissent soulever une légère couche de métal; comme il est extrêmement difficile, en affinant la fonte de fer, de séparer tout l'oxygène qu'elle retenait, tout porte à croire que les ampoules sont produites par l'acide carbonique qui se forme lors de la rencontre du carbone, qui pénètre, avec l'oxygène resté dans le fer; ce gaz cherchant à se dégager, et soulevant peu-à-peu les lames de métal qui s'opposent à sa sortie, doit donner naissance à des bulles qui doivent être d'autant moins abondantes, que le fer contient moins d'oxygène.

1061. Quelques soins que l'on mette dans le choix des fers et dans la conduite du feu, il est difficile d'obtenir, dans une même caisse, des fers également cémentés, parce que : 1^o les fers d'une forge ne sont jamais constamment les mêmes, que toujours les uns contiennent plus de carbone, les autres plus d'oxygène, conséquemment, que, toute chose égale d'ailleurs, les premiers doivent être plus aciérés que les seconds; 2^o parce que les faces du creuset sont toujours plus fortement chauffées que le centre, et que, selon la distribution et la marche de la chaleur, des parties, des différentes faces, sont plus fortement chauffées que d'autres, ce qui contribue encore à rendre l'aciération inégale. On obvie, en partie, à ces deux inconvénients, en plaçant au centre du creuset des barres plus minces ou plus aciérées.

1062. Il est bon, lorsque les ouvriers qui séparent les barres, au sortir du fourneau, ont assez d'intelligence, qu'ils forment plusieurs

tas de fer cémenté, d'abord celui des barres qui ne le sont pas assez, puis de celles qui le sont trop, enfin qu'ils réunissent en un seul ou plusieurs tas, suivant leur degré de cémentation, les barres qui ont des degrés différents d'aciération.

1063. Toutes les barres, en sortant du fourneau, ont augmenté de poids et de volume; ces deux augmentations dépendent de la quantité de carbone qui les a pénétrées. L'augmentation de poids varie de $\frac{1}{300}$ à $\frac{1}{100}$: il est difficile d'assigner d'avance celle qu'il convient d'avoir pour obtenir un bon acier, car elle dépend, 1^o de la nature de l'acier qu'on a en vue d'obtenir, ce qui fait que le poids doit être d'autant plus grand, que l'acier est plus dur; 2^o de la dureté du fer qu'on emploie, conséquemment du carbone qu'il contient déjà. Les fers durs doivent moins augmenter de poids que les fers mous. Quant au rapport du volume, Réaumur a observé (1) qu'une barre qui, en la cémentant, avait augmenté de $\frac{1}{336}$ de son poids primitif, avait augmenté en longueur de $\frac{1}{100}$; mais ici, l'accroissement primitif du fer a beaucoup d'influence sur cette augmentation.

1064. La proportion de combustible, employé pour cémenter, varie en raison de la nature de ce combustible, de la forme et des dimensions des fourneaux, de la grandeur des creusets, de l'espèce de ciment qu'on emploie, et de la nature du fer. L'ancien inspecteur des mines, Duhamel, consumait, dans son fourneau, 200 pieds cubes de bois (2), pour cémenter 120 quintaux de fer : Réaumur consumait dans ses fourneaux (3) 6 voies de charbon de bois environ, pour cémenter 600 livres de fer. A Osterby, en Suède, on consumait 100 tonnes de houille pour cémenter 30 schipfund de fer (4). On brûle à Newcastle (5)

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 6^e mémoire, page 186.

(2) Encyclopédie par ordre de matières, *chimie*, tome 1^{er}, 2^e partie, page 458.

(3) Art de convertir le fer forgé en acier, 6^e mémoire, page 192.

(4) Voyage métallurgique, tome 1^{er}, page 152.

(5) *Idem*, page 225.

18 folders de houille pour cémenter 10 tonnes de fer. En général, pour cémenter 10,000 parties de fer, on consume de 1400 à 2500 parties de bois, de 900 à 1800 de charbon de bois, et de 1200 à 2400 de houille.

1065. Deux ouvriers peuvent préparer, en un jour, le ciment nécessaire à 120 quintaux de fer, ils peuvent aussi le placer dans la caisse en un jour, et le retirer en moins d'un jour.

DES MOYENS D'OBTENIR DIVERS ACIERS AVEC DE LA FONTE DE FER.

1066. On obtient, avec de la fonte de fer, divers aciers auxquels on donne, dans le commerce, des dénominations différentes relativement à leurs finesses. Le premier, qui est le plus grossier, porte le nom *d'acier de forge, d'acier naturel, d'acier de fusion*; le second, qui est aussi le plus fin et le plus uniforme, est appelé *acier fondu*. Ainsi nous diviserons cet article en deux sections : dans la première, nous traiterons de *l'acier de forge* obtenu avec de la fonte, et dans la seconde, de *l'acier fondu*.

DE L'ACIER DE FORGE OBTENU AVEC DE LA FONTE.

1067. L'acier de forge obtenu avec de la fonte paraît être connu depuis très-long-temps. Les divers procédés décrits par Aristote, Plin, Diodore, Plutarque, Suidas, Agricola, n'avaient pour objet que d'indiquer les méthodes que l'on employait pour le confectionner, mais les détails qu'ils en donnent, si l'on en excepte ceux d'Agricola, n'ont été écrits que sur des rapports peu certains, des indications vagues, et même des suppositions imaginaires, sur la fausse opinion qu'on avait de la différence qui devait exister entre le fer et l'acier. Au lieu de nous occuper ici de la discussion de ces méthodes, nous pensons qu'il sera plus avantageux de faire connaître les procédés qu'on suit aujourd'hui dans plusieurs parties de l'Europe, et en conséquence nous diviserons en quatre paragraphes les détails que nous allons donner sur la fabrication de

l'acier : 1° du choix des fontes ; 2° des fourneaux et instruments qu'on emploie ; 3° des procédés à suivre ; 4° de l'influence du manganèse dans la fabrication de l'acier.

DU CHOIX DES FONTES DANS LA FABRICATION DE L'ACIER.

1068. Puisque l'acier est une combinaison de fer et de carbone, qu'il est d'autant plus pur qu'il n'entre dans sa composition aucune autre substance étrangère à ces deux dernières, le premier soin de l'*aciéreur* doit être de se procurer des fontes dont on puisse, en les affinant et en les travaillant, en séparer entièrement toutes les matières, autres que le fer et le carbone, qui pourraient y être combinées.

Il suit de-là, que toutes les fontes qui produisent des fers cassants à froid, des fers brisants à chaud, des fers aigres, doivent être soigneusement rejetées, parce que ces défauts, occasionnés par des substances combinées avec le fer, que l'on ne peut pas en séparer par l'opération qu'il éprouve avant d'être forgé, restent nécessairement dans les aciers que l'on en obtient. L'affinage qu'on fait subir à la fonte pour en obtenir de l'acier, diffère si peu de celui qu'elle éprouve pour être transformée en fer forgé, que l'on ne peut pas espérer d'enlever, dans l'une des opérations, les matières nuisibles qu'on est obligé de laisser dans l'autre, d'où il résulte que les aciers, fabriqués avec ces fontes, doivent conserver tous les défauts qu'auraient eus les fers.

Les fontes de bonne qualité (et nous nommons ainsi toutes celles qui peuvent produire de bons fers) diffèrent considérablement les unes des autres par la proportion d'oxygène et de carbone qui sont combinés avec elles ; nous avons vu qu'elles contiennent toutes de l'oxygène, et que quelques-unes ont aussi du carbone. Or, comme l'acier n'a de différence avec le fer que par le carbone qui y est resté, et que toutes les fontes retiennent diverses quantités de carbone, il est facile de choisir, entre toutes celles qu'on a à sa disposition, celle qu'on doit employer de préférence, soit à la fabrication du fer, soit à la production de l'acier.

1069. Nous diviserons les fontes de bonne qualité en deux espèces :

les unes qui ont conservé plus d'oxygène qu'il n'en faut pour saturer le carbone qu'elles retenaient; les autres qui contiennent plus de carbone qu'il n'en faut pour saturer l'oxygène qu'elles ont conservé: or il est facile de voir que les premières sont moins propres à la fabrication de l'acier que les secondes. En affinant les fontes oxigénées, le carbone qu'elles renferment est bientôt brûlé par l'oxygène, et le fer reste pur ou mélangé d'oxidule; pour en obtenir de l'acier, il faut le cémenter, faire combiner du nouveau carbone avec le métal, d'abord pour enlever l'oxygène resté, puis pour carburer le fer au degré où doit être l'acier. Dans la seconde espèce de fonte, au contraire, le carbone peut être divisé en deux parties; l'une est employée à saturer l'oxygène, et à le faire dégager sous forme d'acide carbonique ou d'oxide de carbone, l'autre reste combinée dans le fer affiné pour en former de l'acier.

Si la fonte retenait trop de carbone après son affinage, il faudrait brûler l'excédent en avalant le métal devant la tuyère, et en suivant la méthode pratiquée pour l'affinage de la fonte trop carbonée.

On voit donc que les fontes de bonne qualité auxquelles on doit donner la préférence, sont celles qui contiennent plus de carbone qu'il n'en faut pour saturer l'oxygène qu'elles ont conservé.

1070. Ces deux espèces de fonte se distinguent facilement par leur couleur et par leurs grains: la première (celle qui a conservé un excès d'oxygène) a sa cassure naturellement blanche et lamelleuse; la seconde (celle qui contient un excès de carbone) a sa cassure grise et grenue, lorsqu'elle n'a pas été refroidie trop promptement: entre les deux espèces, il en est une troisième dans laquelle les proportions de carbone et d'oxygène diffèrent peu de celles qui sont propres à se saturer naturellement dans le travail; ce sont les fontes à petites lames entremêlées de grains, dont la couleur est truitée ou mélangée.

Puisque les fontes, qui contiennent du carbone en excès, sont les seules propres à la fabrication de l'acier, on doit choisir, pour ce travail, parmi celles qui sont à sa disposition, les fontes grises et grenues. On emploie cependant, dans quelques endroits, à la fabrication de l'a-

cier, des fontes blanches; telles sont celles qu'on nomme *hartz floss* ou *floss dure* qu'on obtient en Styrie, avec le minéral de fer spathique *d'Eisen-artz* (1). Mais il est bon d'observer ici que cette fonte se coule toujours en plaques extrêmement minces, puisqu'elles n'ont qu'un pouce d'épaisseur, et que, de plus, ces plaques (2) sont promptement refroidies par l'eau que l'on jette dessus, pour coaguler les scories; il n'est donc plus étonnant que, quelques carburées que soient ces fontes, leurs cassures soient blanches; puisque, comme nous l'avons déjà vu, le prompt refroidissement des fontes grises leur donne toujours une couleur blanche.

1071. Nous n'ignorons pas que quelques métallurgistes, et en particulier, *M. Stunkel le jeune*, sont persuadés que l'on ne peut obtenir de l'acier qu'avec de la fonte blanche manganésifère (3). Nous ne répondrons à leurs assertions que par des faits: « Pour choisir un bon fer, « pour faire de l'acier d'une bonne qualité, dit *Swedemborg* (4), il faut « prendre celui qui fond aisément; cette espèce de fer est *grise*. »

« Pour faire de l'acier, dit *Réaumur*, (5) on prend du fer cru qui soit « blanchâtre; on préfère néanmoins celui qui tourne à la couleur *grise*. — « Les gueuses ou *floss* des fourneaux de *Koleinboden*, en Tyrol, pèsent « (disent *Jars* et *Duhamel*) environ trois quintaux; il y en a qui, dans « la cassure, ont le grain blanc, d'autres tout noir; ce sont ces derniers « que l'on destine à faire de l'acier (6). — On fabrique de l'acier à *Fors- « march*, en Suède; la fonte nécessaire à cette opération est la même « que celle avec laquelle on fait le fer dans les forges, c'est proprement « une fonte *noire* (7). »

(1) *Jars* et *Duhamel*, Voyage métallurgique, tome 1^{er}, pages 35 et 49.

(2) *Idem*, page 35.

(3) *Journal des Mines*, tome 16, page 173.

(4) *Art des Forges*, 1^{re} classe, §. 20, page 120.

(5) *Idem*, page 123.

(6) *Voyage métallurgique*, tome 1, page 66.

(7) *Idem*, page 141.

Dans les aciéries de Rives on emploie, à la confection de l'acier, des fontes des fourneaux de Saint-Vincent et d'Alleverd, du département de l'Isère; de Sainte-Hugon, d'Argentine, de Sainte-Hélène, du département du Mont-Blanc; de Saint-Laurent, du département de la Drôme. Toutes ces fontes sont *grises* (1); nous avons vu fabriquer dans l'usine de la Hutte, avec des fontes *grises et noires*, d'excellent acier qui a été employé à la confection des armes blanches au *Klingenthal*. On peut conclure, de ces faits, que l'assertion que M. *Stunkel le jeune* répète si souvent dans son mémoire, que l'on ne peut obtenir de l'acier qu'avec des fontes *blanches manganésifères* (2), est au moins très-hazardée. Au reste, nous nous proposons d'examiner avec plus de détails le mémoire du savant métallurgiste allemand, en traitant de l'influence du manganèse dans la fabrication de l'acier.

1072. Comme il est essentiel que les fontes que l'on doit employer à la fabrication de l'acier, contiennent assez de carbone pour que le fer, qui en provient, conserve celui qui lui est nécessaire pour le constituer acier, et que des fontes peuvent être blanches, quoiqu'elles contiennent beaucoup de carbone, puisqu'il suffit pour cela qu'elles aient été refroidies promptement comme on le pratique en Styrie : il devient souvent essentiel d'employer un second caractère pour suppléer à celui de la couleur qui se trouve fautive dans beaucoup de circonstances ; on trouve ce caractère dans la texture de la fonte, ou dans l'action d'une goutte d'acide sur le métal. Nous avons vu, en traitant des fontes (n° 537), comment l'illustre Réaumur est parvenu à distinguer, par la texture, celles qui étaient propres à s'adoucir au feu de celles qui conservaient leur aigreur. Comme la douceur des fontes dépend de la proportion de carbone qu'elles renferment, on peut appliquer ici, avec le même

(1) Journal des Mines, tome 1, n° 4, pages 9 et 10.

(2) Journal des Mines, tome 16, p. 184. — On ne peut, en aucune façon, faire avec de la fonte *grise*, de l'acier pour être utilisé, page 191. — Toute fonte peut être convertie en fer malléable ; mais il n'y a que la *blanche* qui puisse l'être en acier.

avantage, la distinction proposée par ce savant français. Les fontes blanches présentent, dans leur cassure, des lames ou des grains; les premières sont ordinairement oxigénées, et les seconds carburés: lors donc qu'un fourneau, comme ceux de Styrie, ne produit que des fontes blanches, à cause du prompt refroidissement qu'elles éprouvent, il faut choisir, dans leur nombre, celles qui présentent des grains, et, parmi les fontes à tissu grenu, on doit préférer celles dont le grain est le plus fin.

Quant à l'action de l'acide, nous avons vu précédemment qu'en en plaçant une goutte sur un morceau de fer, il dissolvait le métal en laissant à nu le carbone combiné; ce qui produit une tache noire où l'acide a agi. Mais cette tache est d'autant plus noire que le métal contient plus de carbone; en faisant blanchir et polir un morceau de fonte, et en passant sur la place polie une goutte d'acide, on peut donc juger de la carburation de la fonte par l'intensité de la tache qu'elle laisse.

Concluons, de tout ce que nous venons de dire, que, malgré les assertions de quelques métallurgistes respectables, il faut choisir, pour la fabrication de l'acier, *des fontes noires* ou *grises* de bonne qualité, et lorsque, par le prompt refroidissement que l'on fait subir aux fontes, elles perdent leur couleur noire, et deviennent blanches, il faut choisir celles dont le tissu présente un grain fin, ou dont une goutte d'acide, mise sur une place blanche, laisse une tache bien noire.

DES INSTRUMENTS EMPLOYÉS A LA FABRICATION DE L'ACIER DE FORGE.

1073. Il existe peu de différence entre les instruments employés à la fabrication de l'acier de forge, et ceux qui servent à la fabrication du fer. On fait usage de part et d'autre des fourneaux d'affineries que nous avons désignés sous le nom de chaufferies, dans lesquels on donne de l'activité au combustible par des trompes, des soufflets de cuir, de bois, ou des cylindres; le charbon est apporté dans des *vans*, il est arrangé avec des pelles, et le travail du creuset s'exécute avec des ringards.

Les creusets peuvent avoir, comme ceux des forges, différentes dimensions. A *Rive*, le vide du foyer des aciéries est plus grand que celui

des forges ordinaires, il a 3 pieds en carré, et 4 pieds et demi de profondeur (1); à *Ehdemohre*, en *Dalécarlie*, le foyer est plus petit que celui des forges; il a 16 pouces de longueur sur 14 de largeur, et 6 de profondeur, depuis la lèvre inférieure de la tuyère jusqu'au fond du foyer (2); les creusets en Styrie sont pyramidaux, celui de *Saint-Gallen* a 24 pouces carrés dans le haut, 21 dans le fond, et 16 de profondeur (3); ceux de Styrie ont 2 pouces de côté de plus, ils ont également 2 pouces de plus en profondeur. Il est difficile de déterminer les proportions que doivent avoir les creusets; elles dépendent, et de la qualité de la fonte qu'on veut raffiner, et du mode de travail qu'on adopte.

Tous ces foyers sont couverts d'une grande cheminée à laquelle il est bon de donner de grandes dimensions, afin que les ouvriers puissent entrer dedans, pour y manœuvrer, lorsque les circonstances l'exigent.

DES PROCÉDÉS EMPLOYÉS POUR FABRIQUER L'ACIER.

1074. Nous l'avons déjà dit, et nous le répétons encore, le procédé qu'on suit pour obtenir de l'acier de forge, diffère peu de celui qu'on applique à la fabrication du fer.

La petite variation qu'on observe dans les deux opérations, est occasionnée par le charbon que l'on se propose de brûler en affinant la fonte pour en obtenir du fer, et que l'on se propose de conserver, au contraire, lorsqu'on veut avoir de l'acier. On arrive à ce résultat en suivant trois méthodes différentes, qui dépendent de l'état dans lequel se trouve la fonte : 1^o lorsqu'elle contient exactement la quantité de carbone qui lui est nécessaire; 2^o lorsqu'elle n'en contient pas assez; 3^o lorsqu'elle en retient trop : chacune de ces trois méthodes peut éprouver des modifications qui dépendent des habitudes du pays où elles se pratiquent.

(1) Journal des Mines, tome 1, n^o 4, page 12.

(2) Swedemborg, Art de forger le fer, 1^{re} classe, §. 24, page 116.

(3) Jars et Duhamel, Voyage métallurgique, tome 1, page 59.

1075. Quelle que soit la proportion de carbone combinée dans les fontes, cette quantité peut toujours être divisée en trois parties; la première est brûlée par le vent des soufflets qui se porte sur le métal, lorsqu'on le liquéfie; la seconde se combine pendant l'opération avec l'oxygène resté dans la fonte; la troisième reste dans le fer, pour le constituer acier. Ainsi, la distinction qu'on vient de faire des trois qualités de fonte ne porte que sur cette dernière partie. Nous les regardons toutes, comme contenant la quantité de carbone qui leur est propre, lorsque cette troisième partie suffit pour les constituer dans l'état d'acier, au degré qu'on desire; comme contenant du carbone par défaut, lorsque cette quantité n'est pas assez considérable; comme contenant du carbone en excès, lorsqu'elle est plus grande que celle qui doit rester.

Il est bon, avant de liquéfier la fonte, qu'elle soit réduite en feuille, en lame, en gâteaux, ou en fragments, afin de faciliter sa fusion. En Carinthie, on la retire en feuille, dans quelques fourneaux, tels sont ceux de *Hüttenberg* et de *Treybach*. Quelquefois on la fond dans les affineries, pour lever en plaques minces des couches de métal durcies. Dans quelques usines de Styrie, on coule la fonte en lame, lorsqu'elle sort des hauts fourneaux; dans le département de la Nièvre, on coule d'abord la fonte en gueuse, puis on la fond dans des affineries, pour la couler en plaques minces, ce qu'on appelle *mazer*; à la Hutte, dans les Vosges, et dans plusieurs affineries du Tyrol, on réduit la fonte en gâteaux, en refondant la gueuse dans des affineries, en la laissant un peu refroidir dans le creuset, jetant ensuite de l'eau sur le bain liquide, pour en séparer les scories et les gâteaux successifs; enfin, à *Forsmark*, en Suède, à *Ehdmohre*, en *Dalécarlie*, on brise la masse en fragments: pour cela, on chauffe la fonte au rouge-cerise, on la porte sous le marteau pour la briser. A Rive, on traite la gueuse telle qu'elle est apportée des fourneaux des départements de l'Isère et du Mont-Blanc, c'est-à-dire, en masses rectangulaires pesant à-peu-près un quintal.

1076. Quelles que soient les dimensions du creuset et les matières dont les parois sont construites, on est dans l'usage de les brasquer

intérieurement, soit avec de la poussière de charbon humide, soit avec un mélange de scories, de laitiers, de battitures et de charbon. Ce nouveau creuset de matière charbonneuse maintient la fonte dans un contact continu avec le carbone, et facilite, par ce moyen, l'introduction de cette substance dans le fer.

Il est des usines dans lesquelles on affine et traite l'acier dans un seul foyer, dans une renardière, par exemple; telles sont les aciéries de Rive, de la Nièvre, de la Styrie, etc.; d'autres dans lesquelles la fonte est affinée dans une affinerie, puis chauffée dans un foyer particulier, afin d'être portée de là sous le marteau; telles sont celles d'*Eh-demohre*, etc.

De l'Affinage de la fonte qui contient la quantité de carbone propre à produire de l'acier.

1077. Tout consiste, dans le traitement de cette espèce de fonte, à brasquer le creuset; à le remplir ensuite avec du charbon, et à placer, sur ce combustible, les plaques ou les fragments de fonte, que l'on recouvre de nouveau charbon, pour le préserver de l'action de l'air; à allumer le combustible, donner le vent, réunir la fonte liquide dans le creuset, en la couvrant constamment d'une croûte de scories liquides, et à laisser, dans cet état, la fonte s'affiner tranquillement par le repos de masse, afin de pouvoir la retirer lorsqu'elle est assez durcie pour être cinglée.

1078. Dans un très-petit nombre d'usines, on donne à la tuyère une direction horizontale; dans d'autres, on lui donne une plus grande inclinaison que pour le travail du fer, et c'est la direction la plus généralement employée. Lorsque la tuyère est horizontale, une partie de l'air qu'elle lance se porte sur les plaques ou les fragments de fonte, pendant qu'ils chauffent, ce qui fait brûler une portion de leur carbone; lorsque la tuyère est inclinée par en bas, il arrive à la vérité moins d'air sur la fonte, lorsqu'elle s'échauffe; mais il est à craindre, si le fer liquide, rassemblé dans le creuset, n'est pas recouvert d'une couche de

scories assez épaisse, que le vent qui sort par la tuyère n'oxide la fonte, et ne détruise, en brûlant le carbone, l'acier que l'on veut en obtenir.

On place assez généralement la tuyère au milieu du plan horizontal du creuset; elle est perpendiculaire à la face sur laquelle elle est posée, quelquefois aussi elle est plus avancée du côté du chio, d'autres fois du côté de la rustine; dans quelques circonstances, elle est située obliquement, en inclinant vers le chio ou la rustine. Toutes ces positions dépendent de celles de la fonte sur le creuset, et du but qu'on se propose; c'est-à-dire, de brûler ou de ne pas brûler du carbone, en liquéfiant le régule de fer.

Pour donner quelques exemples de ce mode de travail, nous allons rapporter les procédés qu'on suit à *Kleinboden*, en Tyrol; dans le département de la Nièvre, et dans quelques usines de Styrie.

1079. Les creusets, à *Kleinboden*, ont 24 pouces quarrés dans la partie supérieure, 21 dans la partie inférieure, et 16 de profondeur; la tuyère y est enfoncée d'environ 4 à 5 pouces; son inclinaison, sur l'horizon, forme un angle de 8 à 10 degrés à-peu-près (ancienne division).

L'opération se divise en deux parties: dans la première, on forme des gâteaux; dans la seconde, on les refond pour en obtenir de l'acier. On se sert souvent du même creuset pour faire ces deux opérations séparées; souvent aussi le creuset, dans lequel on forme les gâteaux, est plus grand que celui dans lequel on les affine; ce dernier n'a que 24 pouces de longueur sur 14 de largeur et 16 de profondeur; la tuyère, dans la fusion de la fonte, est horizontale; dans l'affinage, elle a une inclinaison de 6 à 9 degrés (ancienne division).

Après avoir formé la brasque avec de la poussière de charbon humide, on emplit le creuset de gros charbon qu'on allume; on place, au fond du foyer, des scories qui la recouvrent. Le charbon étant allumé, on fait fondre une gueuse; cette opération dure trois heures; on laisse la fonte se purifier pendant un quart-d'heure par le repos de masse, puis on arrête les soufflets, on fait couler les scories qui sont à la surface; on découvre le bain, on jette de l'eau dessus, et l'on enlève d'abord les scories figées; en jetant de nouvelle eau sur la fonte découverte, on

enlève des plaques ou gâteaux à la manière du cuivre rosette, ces gâteaux peuvent avoir un pouce et demi à deux pouces, d'épaisseur; il reste ordinairement, dans le fond, une masse plus ou moins grosse, c'est une fonte moins carbonée, à laquelle on donne le nom de fer.

On choisit les rosettes les plus minces (1), on les met sur des charbons qui remplissent un nouveau foyer, et l'on agite les soufflets; mais l'on n'approche que peu-à-peu les rosettes, afin qu'elles fondent lentement, ce qui est essentiel; quand elles sont bien fondues, on arrête les soufflets, et l'on jette, sur le métal en bain, de grosse poussière de charbon; on le laisse en cet état pendant une bonne heure, on le retire ensuite en une seule masse que l'on porte sous les marteaux.

1080. Dans le département de la Nièvre (2), 1° on liquéfie la gueuse dans un foyer particulier, on la coule, par le trou du chio, en gâteaux épais de 18 à 20 livres.

2° On donne à la tuyère une inclinaison telle que le vent puisse aller frapper au milieu du contrevent.

3° On brasque le creuset en conservant le trou du chio; les dimensions ordinaires du foyer sont de 20 à 22 pouces de longueur et de largeur, sur 18 de profondeur.

4° On place une cinquantaine de livres de fonte mazée sur le foyer, pour le pousser à la fusion; pendant qu'elle se fond (ce qui exige une heure et demie de temps environ), on chauffe les lopins de la cuite précédente, et on les forge en barreaux que l'on trempe sur-le-champ.

5° La gueuse étant fondue, on la laisse s'affiner; on fait couler les laitiers, lorsque ceux-ci sont trop abondants: on y ajoute du quartz, des cailloux, ou du sable, lorsque toutes les scories sont saturées d'oxydules de fer.

6° Enfin, la fonte ayant acquis une consistance pâteuse et demi-solide,

(1) Jars et Duhamel, Voyage métallurgique, tome 1, page 18.

(2) Journal des Mines, tome 1, n° 4, page 18.

on la sort en une masse, qu'on cingle sous le martinet, et qu'on divise en plusieurs lopins.

Quand on est obligé d'ajouter du quartz, des cailloux, ou du sable, pour donner de la liquidité aux scories, cette opération rentre dans celle de la seconde méthode, comme on le verra plus bas.

1081. Les foyers de Styrie ont 24 pouces de côté, sur 16 de profondeur; la tuyère entre de 5 pouces dans le creuset; elle a un peu plus d'inclinaison que pour le travail du fer, afin de moins oxider la fonte en la liquéfiant; on brasque le creuset avec de la poussière de charbon humide, et l'on met, sur cette brasque, un peu de scories, pour que les verres terreux puissent se liquéfier et couvrir le bain de fonte; les floss durs que l'on fond, sont en plaque d'un pouce ou deux d'épaisseur.

Après avoir allumé le feu, on forge d'abord les morceaux d'acier d'un précédent travail (1), afin de donner au fourneau le temps de s'échauffer; ayant mis ensuite beaucoup de gros charbon sur le foyer, on y porte d'abord, à l'aide de deux tenailles, la moitié des floss que l'on veut affiner, et, après une heure et demie de feu, on y réunit l'autre moitié. L'opération dure le même temps que pour affiner le fer; mais l'on n'ajoute à la fonte que très-peu de scories, on conserve dans le foyer celles qui y sont, et l'on ne perce point pour les faire couler dehors, parce que les *floss* en fournissent assez d'eux-mêmes pour compléter celles qui manquent au travail: on ne perce qu'au moment où l'on a réuni l'acier en une seule masse, comme on a fait pour le fer.

1082. On apporte quelques modifications dans l'affinage de l'acier en Styrie et en Tyrol, selon la nature de la fonte qu'on emploie. Nous ferons connaître ces modifications en parlant des autres procédés.

Cette première méthode est, de toutes celles dont on fait usage, celle qui mérite la préférence: 1^o parce qu'elle est la plus simple; 2^o parce qu'elle présente le moins de travail; 3^o parce qu'elle consume moins de charbon: mais aussi elle exige un choix de fonte, qu'on n'a pas toujours à sa disposition.

(1) Jars et Duhamel, Voyage métallurgique, tome 1, page 49.

De l'Affinage de la fonte qui ne contient pas assez de carbone.

1083. Pour obtenir de l'acier des fontes qui ne contiennent pas assez de carbone, il faut conduire l'opération d'une telle manière, qu'après l'affinage, le fer retienne la quantité de ce combustible qui lui est nécessaire. On peut arriver à ce résultat de trois manières différentes : 1° en ajoutant, dans le bain de fonte, le charbon en nature, ce que l'on fait en agitant, avec une longue perche de bois, le bain couvert de scories, une portion du carbone de la perche, en même temps qu'une partie du charbon de la brasque, se mêle dans le bain de métal (1); 2° en mélangeant, avec des fontes carburées par défaut, d'autres fontes carburées par excès; 3° en séparant, pendant la fusion, par l'action des verres terreux, une grande partie des oxidules combinés; pour y parvenir, l'on emploie des laitiers pauvres, du quartz, des cailloux, du sable, de l'argile délayée, et, en général, toutes les substances terreuses qui ont beaucoup d'action sur l'oxidule de fer, et qui, par cette action, acquièrent de la fusibilité.

Nous allons faire connaître quelques-uns des procédés à l'aide desquels on traite, en Carinthie, des fontes qui contiennent du carbone par défaut.

1084. Les fourneaux de Carinthie, dans lesquels on affine cette espèce de fonte, ont 24 pouces de longueur, 18 de largeur et 18 de profondeur; la tuyère est enfoncée dans le creuset d'environ 4 ou 5 pouces, elle est un peu plus inclinée que pour le travail du fer forgé, on brasque le creuset avec de la poussière de charbon, on place dans le fond un peu de laitier, puis on l'emplit de gros charbon.

Après avoir allumé le combustible, on chauffe, dans le foyer, des

(1) On obtient le même résultat, en laissant le fer liquide recouvert de scories en contact avec la brasque du fond du creuset; le charbon qui la compose s'infiltré et se combine peu-à-peu avec le fer; mais ce moyen est plus long, il oblige de conserver la fonte liquide plus long-temps en bain.

morceaux d'acier d'un travail précédent, que l'on forge lorsqu'ils sont chauds; on rapproche ensuite une de ces masses peu carbonée, qui est restée au fond du creuset, et à laquelle on a donné le nom de fer (1). Elle fond peu-à-peu; on y jette de temps en temps des morceaux de la fonte plus carbonée qu'on a levée en rosette; car l'une produirait un fer trop tendre, l'autre un acier trop dur, qui s'éclaterait sous le marteau. Pour faciliter la fusion et afin qu'il se brûle moins de matière, on jette de temps en temps, sur le bain, des scories qu'on fait couler de même. Quand on voit qu'elles sont trop épaisses, trop chargées de fer, et qu'elles ne peuvent pas couler facilement par le trou du chio, on ajoute quelques morceaux de quartz blanc, les scories en deviennent plus fluides. A peine s'est-il coagulé et rassemblé une vingtaine de livres de fonte dans le bassin, et est-elle arrivée au point où on la desire, qu'on retire un lopin pour le porter sous le marteau.

1085. Dans plusieurs aciéries où l'on a, à sa disposition, des fontes de différentes espèces, on en forme des mélanges, afin de produire une fonte uniforme avec laquelle on puisse obtenir constamment de l'acier. Ces mélanges exigent beaucoup de soins, et, en particulier, une grande habitude de bien juger les régules de fer par leur *tissus* et par leur couleur.

On fait usage des verres terreux pauvres, dans un grand nombre d'aciéries, pour dissoudre l'oxidule du fer contenu dans les fontes: on emploie le quartz, à Rive; les cailloux et le sable, dans le département de la Nièvre; l'argile délayée, en Styrie; enfin des cailloux, en Carinthie, etc.

On remue aussi la fonte avec de grandes perches, en Carinthie; mais ici ce mode est employé, comme on le verra par la suite, dans des circonstances défavorables.

En général, on travaille peu sur acier les fontes qui contiennent du carbone par défaut, il est plus avantageux de les travailler sur fer. On ne les emploie que pour les mélanger avec des fontes trop carbonées;

(1) Jars et Duhamel, Voyage métallurgique, tome 1, page 25.

et l'action des verres terreux, et celle des perches carbonées, ne sont employées que dans des circonstances où il se trouve accidentellement des portions de fontes carbonées par défaut, parmi celles qui sont carbonées dans une proportion exacte.

De l'Affinage de la fonte qui contient du carbone en excès.

1086. Ces sortes de fontes n'ont ordinairement que deux destinations; elles sont employées, 1^o à couler des objets qui doivent être travaillés en sortant du moule; 2^o à la fabrication de l'acier. Lorsque, par quelques circonstances, on veut les affiner pour en obtenir du fer, elles exigent beaucoup plus de travail que les autres; et lorsqu'on a du choix, il est plus prudent de ne pas les employer à cet objet. Elles donnent, en général, un fer dur et aciéreux, parce que les affineurs, trop fatigués, laissent toujours une portion plus ou moins grande de carbone dans leur loupe; en destinant ces fontes à la fabrication de l'acier, elles peuvent encore, quand les circonstances se présentent, être employées avec beaucoup de succès en les mêlant avec des fontes peu carburées.

On détruit le carbone, en excès dans les fontes, de deux manières différentes: 1^o en y mêlant des substances oxidées ou peu carburées, telles que les oxidules qui tombent des marteaux en cinglant et en forgeant; on nomme les premières scories *riches*, et les secondes *battitures*: on parvient encore au même résultat, en y mêlant de la ferraille qui soit oxidée à sa surface; 2^o en brassant la fonte devant la tuyère pour l'oxiduler et brûler le carbone; ces deux moyens peuvent être employés séparément ou concurremment.

Il ne faut mêler la vieille ferraille à la fonte qu'avec beaucoup de prudence; il est encore bon de faire un choix parmi toutes celles dont on peut disposer, parce que, dans le nombre, il se trouve des morceaux de fer de mauvaise qualité, et l'acier, qui en provient, partage toujours ces défauts.

Pour mieux faire connaître l'usage de cette fonte, et les corrections

qu'on y apporte, nous allons décrire les opérations qu'on pratique dans le Tyrol, en Styrie et en Carinthie, lorsque la fonte est noire et trop carburée.

1087. Les fourneaux du Tyrol, dont on fait usage, ont assez généralement la forme d'un cube qui aurait 24 pouces de côté. La tuyère débordé de 4 pouces, elle est inclinée d'un pouce sur 18. Le creuset est brasqué avec de la poussière de charbon; le foyer, creusé dans la brasque, a 8 à 9 pouces de profondeur depuis la tuyère jusqu'au fond.

On divise l'opération en deux parties; on fait des gâteaux dans la première, et on les affine dans la seconde. Nous ne nous occuperons ici que de l'affinage, parce que nous avons fait connaître la première opération exécutée à *Kleinboden* (n° 432).

Après avoir préparé le foyer et nettoyé le creuset, l'affineur y met de la *charbonaille* mêlée de crasses (1), telles qu'elles se trouvent autour du foyer; il prend ensuite deux ou trois petites pelles de scories, en partie d'une précédente opération, et en partie de la réduction de la fonte en gâteaux; il les pile grossièrement, et les place dans le milieu du foyer, au-dessous de la tuyère, de manière qu'elles en soient à 5 pouces de distance environ; il met encore de la *charbonaille* et des crasses autour des scories, il met du feu dans le creuset, recouvre le tout avec du gros charbon, et fait agir les soufflets; il place d'abord, dans le foyer, la loupe d'acier provenant d'un précédent affinage, pour la chauffer et la forger, afin de profiter de la première chaleur pour cette opération. Pendant que les crasses se ramollissent et se fondent, il approche les gâteaux ou rosettes pour les faire fondre peu-à-peu et successivement, en sorte que la matière tombant goutte à goutte, se trouve aussitôt recouverte par les scories liquides qui remplissent le bassin.

C'est alors que l'ouvrier commence à travailler sa fonte avec un ringard; si elle est trop long-temps liquide, il y ajoute peu-à-peu de la vieille ferraille, sans laquelle (à ce qu'il prétend) il ne pourrait faire

(1) Jars et Duhamel, Voyage métallurgique, tome 1, page 67.

prendre consistance à son acier, que d'ailleurs il serait trop sec, ne pourrait être forgé, et sauterait par morceaux sous le marteau; qu'enfin le fer qu'il y ajoute lui donne du corps.

1088. A Saint-Galles, en Styrie, les creusets ont 24 pouces carrés dans la partie supérieure, 21 dans le bas, et 6 de profondeur; la tuyère entre de 5 pouces dans le foyer, elle a une inclinaison qui forme un angle avec l'horizon de 6 à 8 degrés (ancienne division); on remplit le creuset de poussière de charbon mouillée, sans la battre, et l'on y creuse un bassin de 6 pouces de profondeur.

Après avoir rempli le creuset de charbon, on donne le vent (1), on jette des laitiers riches sur le contre-vent, on chauffe les loupes et les lopins du travail précédent, on coule du laitier, et l'on forge. On charge ensuite une trousse de plaques de fonte, on refait, autour du creuset, un parement de poussière de charbon mouillée; on jette du laitier riche sur les charbons, on coule celui qui surnage et qui est trop épais; on répète la même opération de quart-d'heure en quart-d'heure, jusqu'à la fin de l'affinage; on charge de nouvelles plaques, on fait un parement de charbon mouillé, et la fusion continue. Lorsque tout est fondu, on laisse le bain tranquille pendant quelques instants, afin que la matière se raffine par le repos de masse; on arrête les soufflets, le métal s'épaissit et prend de la consistance: alors on retire le charbon, on laisse prendre et durcir la loupe pour la porter sous les marteaux.

L'oxidule de fer, connu sous le nom de *scories riches*, est employé dans deux circonstances différentes: 1^o avant de fondre les *floss* et pour être coulé ensuite comme scories; 2^o lorsque les plaques se liquéfient; dans cette seconde circonstance, elles contribuent à brûler le charbon en excès dans la fonte: il est difficile d'apprécier l'usage du premier oxidule, si, dans son passage à travers le charbon, une partie n'est pas désoxidée et n'augmente pas la quantité de fonte qui se réunit au fond du creuset.

(1) Jars et Duhamel, Voyage métallurgique, tome 1, page 59.

1089. L'acier se fabriquait à Rossenbach, en Carinthie, en 1782, (lorsque nous visitâmes cette usine avec l'inspecteur général des mines, Lefèvre d'Hellancourt), dans des creusets de 18 pouces de longueur sur 24 de largeur et 18 de profondeur. La tuyère avait, sur l'horizon, une inclinaison qui formait un angle de 8 à 9 degrés (ancienne division), elle était enfoncée de 6 pouces dans le creuset, et elle débordait de 4 à 5 pouces. On n'employait, dans ce travail, que des *blettes* ou de la fonte divisée en feuillets très-minces; le creuset était brasqué avec de la poussière de charbon.

Après avoir rempli le foyer avec de la charbonaille et de la crasse qu'on avait retirée d'un travail précédent, on allumait et l'on faisait aller les soufflets; on jetait sur le foyer des *blettes* qui fondaient et tombaient sous les scories, on ajoutait de nouveau des *blettes* et des scories jusqu'à ce que le bain de fonte fût assez considérable.

Lorsque tout était fondu et bien liquide, on arrêtait les soufflets; on faisait couler les scories; on découvrait le charbon du bain, et avec un peu d'eau on figeait le peu de verre terreux resté liquide, et on les enlevait. On projetait, sur le bain de fonte, des battitures et des fragments d'acier brûlés dans un précédent travail; on les y enfonçait avec une masse de bois. La surface se figeait. On enlevait une couche de fonte, épaisse de 2 à 3 pouces, qu'on nommait *boden*. On jetait de nouvelles battitures et des fragments d'acier sur le bain découvert, et l'on continuait à lever des *bodens* jusqu'à ce qu'il ne restât plus de fonte dans le creuset.

Le foyer étant nettoyé et brasqué, on jetait dedans des charbonailles, des scories, des fragments de fonte séparés dans un précédent travail; on allumait le feu pour chauffer et forger les loupes qu'on avait obtenues dans un autre travail. On jetait, pendant cette opération, quelques *blettes* sur le feu; elles se fondaient et coulaient, au fond du creuset, sous les scories.

Immédiatement après avoir forgé les lopins, le maître-ouvrier découvrait le creuset, pour s'assurer qu'il n'avait pas été dégradé, et il procédait à l'affinage des *bodens*; il chargeait de nouveau le foyer de

charbon, plaçait dessus des fragments de *bodens* qui se liquéfiaient; la fonte se réunissait et s'affinait sous les scories; l'ouvrier tâtait, avec un ringard, l'état de la fonte et des scories. Lorsque cette dernière était trop épaisse, il y ajoutait du quartz; si, au contraire, c'était la fonte, il y ajoutait des *blettes*; dès que la fonte était affinée, il la retirait pour la porter sous le marteau et la cingler.

1090. Les sept méthodes, que nous venons de faire connaître, ne sont pas les seules dont on fasse usage; mais ce sont celles qui sont le mieux appropriées aux trois divisions du traitement des fontes. Celles que l'on suit à Rive, dans le département de l'Isère, et dans plusieurs autres aciéries de l'Europe, ne sont que des combinaisons de ces trois méthodes, qu'on modifie relativement à l'état de la fonte qu'on affine. Quelques procédés employés en Styrie, en Carinthie, et dans quelques autres pays, paraissent défectueux; peut-être parce qu'ils le sont en effet, ou parce qu'ils ont été mal observés ou mal décrits; nous allons les faire connaître; nous commencerons par ceux qui sont des combinaisons avantageuses des trois méthodes que nous avons décrites, et nous verrons ensuite ceux qu'on peut regarder comme défectueux.

Des Procédés d'affinage qui réunissent les trois méthodes.

1091. Le vide des foyers des aciéries de Rive a 3 pieds de côté et 4 et demi de profondeur (1) : on l'emplit de frésil humide, que l'on comprime fortement; on pratique, dans cette brasque, un creuset de 14 à 15 pouces de côté sur 18 de profondeur. La tuyère se place à-peu-près horizontalement; les soufflets ne donnent que de la moitié aux deux tiers à-peu-près du vent qu'ils produisent pour la fabrication du fer.

Après avoir rempli le creuset de charbon, on fait mouvoir les machines soufflantes; on chauffe et l'on forge les masseaux d'un travail précédent; puis on nétoie le creuset, on y remet du charbon, et l'on

(1) Journal des Mines, tome 1; n° 4, page 12.

fond 12 à 13 quintaux de gueuse, en approchant, les uns auprès des autres, les morceaux qui forment cette masse; la fonte reste, pendant huit à neuf heures, en bain tranquille, sous une couche de scories de 5 à 6 pouces d'épaisseur; pendant ce temps, on remet au feu les barres d'acier, et on les coupe.

Aussitôt que l'affineur s'aperçoit que les laitiers s'épaississent, il leur ajoute du quartz, pour leur donner leur première fluidité; si la fonte se solidifie trop vite, il augmente le vent, conséquemment la température; si, au contraire, elle reste trop liquide, il diminue la quantité d'air qui détermine la combustion.

Quand la fonte est devenue pâteuse, l'affineur en soulève un morceau qu'il présente au vent de la tuyère en le maintenant au milieu des laitiers; puis il le porte sous les marteaux pour le cingler; il continue à lever des masseaux et à les forger, jusqu'à ce que toute la fonte soit cinglée.

On voit que, dans ce travail, on charbonise le fer par le moyen d'un long séjour sur la brasque; on évite, pendant cette carburation, que le vent n'exerce son action sur la fonte; on la préserve par une couche épaisse de scories; on emploie du quartz pour donner plus de liquidité aux verres terreux, ou, plus exactement, pour dissoudre de l'oxidule de fer, et l'on expose la fonte à l'action du vent, sur la fin de l'opération, pour brûler le carbone en excès qu'elle pourrait contenir.

Peut-être serait-il plus avantageux, lorsque la loupe se solidifie trop promptement, d'y ajouter du laitier riche ou des battitures. Ces deux substances doivent être recueillies avec soin, pour être employées au besoin. Nous n'avons pas remarqué que, dans la description que l'on a donnée du travail de l'acier, on ait indiqué l'usage que l'on fait de ces deux substances.

Des Procédés défectueux.

1092. Nous avons déjà fait connaître les dimensions des fourneaux de Styrie; nous ajouterons ici, d'après le maître de forges Rambourg (1), qui fut envoyé en Styrie par le gouvernement français, pour y étudier la fabrication de l'acier, que la tuyère a une inclinaison de 10 à 11 degrés, et qu'elle décline, vers le devant du fourneau, de 16 à 17 degrés.

Pour brasquer le creuset, on met dans le fond de très-petits charbons, qu'on arrose avec beaucoup d'eau; on y jette des scories concassées (venant des opérations précédentes), avec du poussier de charbon humide, dont on garnit le devant du fourneau; on en fait un tas qui a plus d'un pied de hauteur. On remplit ensuite le fourneau de gros charbon, sur lequel on jette de l'eau qui contient de l'argile délayée; on fait aller les soufflets, on place le trousseau de plaques sur le charbon, et l'on jette dessus des battitures et des scories concassées. Pendant le cours de l'opération, l'affineur entretient la forge pleine de charbon, il arrose d'eau le frésil qui couvre le devant de la forge, et fait écouler les verres terreux trop abondants. Les premières scories sont écoulées vingt minutes après avoir porté la fonte sur le feu; cette opération est répétée cinq à six fois pendant la durée de la fusion. Lorsque les plaques sont fondues, on enlève le frésil qui garnit le devant de la forge, on recouvre le creuset de gros charbons allumés, que l'on réunit particulièrement dans l'endroit où s'exerce le mieux l'action du vent. La masse de fonte liquide remplit toute la capacité du creuset; elle est bouillonnante; les scories s'élèvent constamment à la surface. La fonte reste une grande heure, parmi les charbons, dans le creuset, c'est-à-dire, le temps nécessaire pour refroidir; alors on la retire pour la porter au martinet.

La défectuosité de ce procédé consiste en ce qu'on emploie concurremment, depuis le commencement de l'opération, deux substances qui

(1) Journal des Mines, tome 15, page 381.

détruisent mutuellement leur effet en se combinant ensemble, l'argile qui forme un verre terreux, et l'oxidule de fer sous la forme de battitures, ou de scories riches, qui sont aussitôt dissous par le verre terreux. Nous ignorons dans laquelle des aciéries de Styrie ce procédé est employé; mais il paraît que les métallurgistes Dangenoux et Wendel, ainsi que les auteurs du célèbre Voyage métallurgique, qui ont visité les aciéries de la Styrie avant nous, n'avaient observé, dans aucune, l'usage de l'argile concurremment avec l'oxidule de fer : nous pouvons assurer que nous ne l'avons pas plus remarqué dans la visite que nous fîmes, en 1782, dans ces mêmes usines; cependant, dans la partie chimique de l'Encyclopédie par ordre de matière, l'ancien inspecteur des mines, Duhamel, qui a constamment accompagné Jars dans ses voyages, dit positivement : « qu'on jette de temps en temps, sur le charbon, un « peu des battitures qui se trouvent au pied de l'enclume, et on les « arrose souvent avec de l'eau dans laquelle on a délayé de l'argile, qui « fournit aussi du laitier en se vitrifiant. »

1093. MM. Dangenoux et Wendel décrivent une méthode d'affiner l'acier, pratiquée en Carinthie, qui diffère un peu de celle que nous avons observée (1).

Après avoir brasqué le creuset et avoir allumé les charbons, on avance la *floss* pour la fondre, en même temps que l'on chauffe et forge les deux loupes obtenues d'un précédent travail, puis on découvre le creuset, on lève en feuilles le laitier qui surnage, on agite, avec une perche de bois, la matière liquide, dans laquelle on mêle du laitier riche.

Lorsque tout le mélange est figé, on recouvre le creuset de charbon, et l'on chauffe les masseaux pour les étirer en barres. Pendant qu'on les forge, on jette dans le creuset une quantité de ferais et de petits barreaux d'acier provenant d'un travail précédent, qu'on n'a pas jugé assez affiné; on y met aussi des scories riches pulvérisées, et quelquefois

(1) Jars et Duhamel, Voyage métallurgique, tome 1, page 62.

on y mêle du quartz, sur-tout quand on s'aperçoit que les scories ne sont pas fluides, qu'elles sont rouges et pâteuses.

Dès que toute la matière est remise en fusion, on découvre encore le creuset, et l'on répète l'opération qu'on a déjà décrite; on recouvre le creuset de charbon, et, pendant que l'on continue de forger, on avance au contrevent un morceau de *floss* en gâteau mince, il fond, et va se mêler avec la matière qui est dans le creuset.

On y fait aussi fondre deux ou trois morceaux de *floss* en feuilles; on y ajoute des scories broyées et du quartz concassé, on fait couler les scories superflues. Enfin, quand on juge que la matière est assez affinée, on découvre le creuset; on enlève les scories par feuille, et on laisse figer et refroidir la loupe, qui pèse 140 à 160 livres.

Ce que ce procédé a de défectueux, c'est que, dans le mélange de l'oxidule de fer et du quartz, il y a deux actions opposées qui se détruisent mutuellement; et que ce mélange est fait à des époques déterminées, sans en faire connaître l'utilité.

1094. Il est facile de conclure de tout ce que nous venons de dire dans ce paragraphe, ainsi que de la description des principaux procédés que l'on suit dans les aciéries les plus renommées, qu'il est impossible de décrire d'avance une méthode générale qui puisse être employée dans toutes les usines, puisqu'elle doit varier selon la nature des fontes dont on fait usage. Lorsque le régule de fer contient la proportion de carbone qui lui est nécessaire pour produire de l'acier, il faut le fondre et le laisser s'affiner tranquillement par le repos de masse, en le maintenant constamment couvert de scories; lorsqu'il ne contient pas assez de carbone, il faut lui en ajouter : 1° par l'addition de fonte trop carburée; 2° en le maintenant long-temps liquide sur une couche de poussière de charbon; 3° en enlevant, par des verres terreux, l'oxidule de fer qui détruit une partie du carbone que la fonte retient. Enfin, lorsque la fonte est trop carburée, il faut brûler le charbon surabondant, soit par des mélanges d'oxidule de fer ou de ferais, soit en *avalant* la fonte devant la tuyère; mais il faut que chacun de ces moyens de donner du carbone, de conserver le carbone existant, ou d'enlever le carbone

surabondant, soit pratiqué avec précaution, sans quoi le procédé devient défectueux.

1095. En cinglant la loupe d'acier, en forgeant les lopins et les massaux qu'elle produit, il se forme de l'oxidule, à la surface du fer, qui tombe autour de l'enclume; cet oxidule doit être mis à part pour être employé à propos. Quiconque voudrait mêler de l'oxidule avec toutes les fontes; dans l'espérance d'augmenter son produit, se tromperait beaucoup; autant les battitures, les scories sont utiles pour traiter des fontes trop carburées, autant elles sont nuisibles pour traiter des fontes qui contiennent leur proportion exacte de carbone; elles seraient bien plus nuisibles encore, si on les mettait avec des fontes qui contiennent du carbone par défaut.

Si l'espèce de fonte que l'on traite n'exige pas l'emploi de l'oxidule, on peut faire un heureux usage de celui-ci, en affinant la même fonte pour en obtenir du fer; on brûle, par son action, le carbone en excès dans le fer, et l'on augmente la loupe de tout le métal que l'oxidule y porte.

1096. La loupe qui provient de l'affinage de la fonte carbonée pour en obtenir de l'acier, n'est jamais également aciérée dans toute sa masse; elle contient toujours des aciers de différentes natures; les uns durs et les autres mous; et l'on ne peut les séparer qu'après les avoir forgés en barres. La cause de cette inégalité provient du travail et de la difficulté de réduire et d'affiner également toutes les parties de la même masse. La loupe a, au fond du creuset; la forme d'un segment de sphéroïde, toute la partie inférieure, qui est en contact avec de la poussière de charbon, se cimente, tandis que la partie supérieure, en contact avec les scories, se laisse enlever le peu d'oxidule qu'elle contient; si ces deux actions étaient les seules agissantes, le centre des loupes contiendrait de l'acier mou, et leur surface de l'acier dur: mais l'ordre de solidification des différentes fontes tend à changer cet arrangement. La fonte oxidée se liquéfiant plus facilement que la fonte carbonée, il arrive nécessairement que cette dernière se fige d'abord au centre de la masse, et qu'elle s'y accumule, pendant que l'autre, encore fluide, l'enveloppe de toute part,

et se fige lorsqu'on diminue la température : dans cette seconde circonstance le centre doit être plus aciéré que les bords ; or , selon les modifications que chacune de ces causes auront apportées à la distribution de l'acier dur ou de l'acier mou dans la loupe , ces deux aciers s'y trouveront dans des places différentes.

1097. Si l'on en croit Jars et Duhamel (1), on consume , en Carinthie , soixante paniers de charbon , de chacun 13 pieds cubes , pour obtenir 10 quintaux d'acier avec de la fonte , ce qui fait plus de dix-sept parties de charbon pour une d'acier (2) ; et d'après MM. Dangenoux et Wendel (3), on consume , pour un millier d'acier , 80 mesures de charbon. La mesure a 2 pieds 8 pouces de diamètre sur 30 de profondeur , ce qui fait environ dix parties de charbon pour une d'acier ; 10 quintaux de floss rendent un peu plus de 7 quintaux d'acier. En Styrie (4), 200 livres de fonte rendent 180 livres d'acier.

La consommation de charbon, dans ces deux circonstances, nous paraît beaucoup trop considérable ; car, d'après le maître de forge Rambourg (5), on ne consume , en Styrie , que 6 mesures de charbon de 70 livres chacune pour obtenir la même quantité d'acier raffiné ; ce qui porte la consommation du charbon, dans le premier cas, à un peu plus de quatre parties pour une d'acier , et dans le second, à un peu plus de cinq et demie. Dans l'aciérie de la Hutte, dans les Vosges, où l'on pratique les procédés employés dans le Tyrol , on consume environ trois parties de charbon pour en obtenir une d'acier brute. Cependant la fonte y subit

(1) Voyage métallurgique, tome 1^{er}, page 57.

(2) Nous avons vu précédemment (n° 458), qu'en partant du contenu de la mesure de charbon, indiquée par Jars et Duhamel, les *fluss-offen* de Carinthie auraient eu un volume double de celui qu'ils ont. Peut-être en est-il de même du volume du panier de charbon, indiqué dans cet article.

(3) Voyage métallurgique, tome 1^{er}, page 63.

(4) *Idem*, tome 1^{er}, page 60.

(5) Journal des Mines, tome 15, page 396.

deux opérations : dans la première elle est réduite en gâteau, et dans la seconde en loupe d'acier. On consume à Rive, comme nous l'avons déjà dit, de trois à quatre parties de charbon pour en obtenir une d'acier.

En général, la quantité de fonte propre à produire un quintal d'acier, varie entre 110 et 150, et celle du charbon entre 250 et 500; ce résultat est déduit d'un grand nombre d'observations que nous avons crues inutiles de rapprocher ici.

Quatre ouvriers, un maître, deux affineurs et un enfant peuvent affiner et forger de 4 à 8 quintaux d'acier par vingt-quatre heures; cette quantité dépend de la nature de la fonte, et du procédé qu'on suit.

DE L'ACTION DU MANGANESE DANS LA FABRICATION DE L'ACIER.

1079. Les aciéries de l'Europe, qui jouissent de la plus grande réputation, sont celles de la Styrie, de la Carinthie, de la Carniole et du Tyrol; les plus renommées, après ces premières, sont celles de Rives, dans le département de l'Isère; celles du département de l'Arriège, dans les Pyrénées; du pays de Nassau-Siegen, de Smalkalden dans la Hesse; de Moedgesprung et Gittelde, au Hartz; de Louisenthal, en Saxe, etc.

Comme, dans toutes ces aciéries, on n'emploie, pour la fabrication de l'acier, que de la fonte obtenue des minerais de fer spathique ou des hématites brunes, provenant de la décomposition des premières, et que nous avons désignées sous le nom d'oxide mamelonné brun, le plus grand nombre des métallurgistes du siècle dernier, considérant ces minerais comme les seuls propres à produire de l'acier, leur ont donné le nom de *mines d'acier*.

Bergmann ayant trouvé, dans ses analyses des fers spathiques, que ce minéral contenait du manganèse, tous les docimasistes qui ont répété les expériences de Bergmann ayant trouvé également du manganèse dans ce minéral, ainsi que dans les oxides mamelonnés-bruns qui en sont formés, et ne trouvant pas de différences sensibles entre ces deux substances et les autres minerais de fer, si ce n'est dans le manganèse qu'ils contiennent, plusieurs métallurgistes se sont empressés d'attribuer

au manganèse la propriété qu'avaient ces deux minerais de produire de l'acier, croyant qu'ils étaient les seuls propres à cet usage.

Dans un mémoire publié par le célèbre verrier Gazeran, à la suite d'une mission qui lui avait été donnée par le comité de salut public, pour visiter quelques forges, cet artiste s'empressa d'annoncer que les mines manganésifères étaient les seules propres à produire de l'acier, et que le manganèse était une partie constituante de cette combinaison métallique; enfin, que l'acier naturel qu'on obtient est toujours un alliage de fer pur et de manganèse combiné avec le carbone (1).

Le savant métallurgiste J. G. Stünkel le jeune, avait avancé, longtemps auparavant (2), non pas que le manganèse fût partie constituante de l'acier, mais que ce métal avait une telle influence sur la fabrication de ce fer dur et élastique, que la fonte des minerais manganésifères était la plus propre à la fabrication de l'acier.

1099. Nous allons examiner les diverses opinions qui ont été proposées jusqu'à présent sur l'action du manganèse, afin de pouvoir prendre un parti sur cette question importante qui intéresse la fabrication de l'acier, et sur laquelle les plus célèbres métallurgistes ont des opinions différentes.

Nous pouvons d'abord assurer que le fer spathique, et les oxides mamelonnés qui en proviennent, ne sont pas les seuls minerais de fer avec lesquels on fasse de l'acier. Celui que l'on fabrique en Suède, provient de plusieurs espèces de fonte de fer, obtenues avec des minerais oxidés. Des neuf départements de l'Empire français, dans lesquels on fabrique de l'acier naturel de forge, trois obtiennent leur fonte des minerais de fer spathiques et des oxides mamelonnés-bruns; ce sont ceux de l'Arriège, de l'Aube, et de l'Isère. Dans un département, celui de la Charente, on retire l'acier d'un mélange d'oxide terreux en grains et en roches; dans la Dordogne, le Doubs, la Nièvre, la Haute-Vienne, et les

(1) Annales de Chimie, tome 36, page 61.

(2) Journal de Mines, tome 16, page 173.

Vosges, l'acier est fabriqué avec un mélange d'oxide terreux mêlé d'oxide concretionné en grains et en roches. Dans le département de la Nièvre seul, il existe au moins vingt-deux aciéries dans lesquelles on a obtenu jusqu'à 1240 milliers de bon acier, dans une année. Quoique nous ne puissions pas nous procurer, dans le moment, le tableau de toutes les aciéries de l'Europe, nous ne craignons pas d'annoncer qu'il en existe un grand nombre dans lesquelles on obtient de l'acier de forge avec diverses espèces de minerais qui ne contiennent ni fer spathique, ni oxide mamelonné-brun.

Quant à l'assertion du verrier Gazeran, que tous les aciers contiennent du manganèse, et que l'acier naturel est un alliage de fer pur avec du manganèse combiné avec le carbone; nous pourrions rapporter ici les nombreuses analyses des aciers de forge que nous avons faites jusqu'à présent, et dans lesquelles nous n'avons trouvé aucune trace de ce métal; mais nous nous contenterons d'observer que, dans le grand nombre d'acier, de fusion ou de fonte, que le célèbre docimasiste Vauquelin a essayé, aucun ne lui a offert de manganèse (1); que l'ingénieur Berthier, qui vient d'analyser tout récemment les produits des aciéries de Rives (2) où l'on traite des fontes provenant des fers spathiques, assure *qu'il ne reste pas plus de manganèse dans l'acier que dans le fer*, et que tous les fers de ces pays qu'il a pu se procurer, et dans lesquels il a recherché cette substance, ne lui ont donné qu'une trace inappréciable de ce métal (3).

Il ne nous reste donc maintenant qu'à discuter le mémoire du métallurgiste J. G. Stünckel le jeune, qui paraît avoir entraîné l'opinion d'un grand nombre de chimistes et de métallurgistes instruits, et qui jouissent d'une grande réputation.

1100. M. Stünckel observe, 1^o que les chimistes et les forgerons (4)

(1) Journal des Mines, n^o 25, tome 5, page 17.

(2) *Idem*, tome 23, page 188.

(3) *Idem*, page 186.

(4) *Idem*, tome 16, page 174.

n'ont pas eu assez d'égard, dans l'affinage du fer, aux causes qui déterminent la couleur des fontes, puisqu'ils ont regardé toutes les fontes grises comme devant être douces, et toutes les fontes blanches comme devant être aigres; qu'on doit cependant sous-diviser les fontes grises en aigres et douces, ainsi que les fontes blanches; qu'on ne peut obtenir des fontes grises qu'avec des fontes qui ne contiennent pas de manganèse; que tous les minerais manganésifères donnent de la fonte qui est d'autant plus blanche qu'elle contient plus de manganèse(1); que, de quelque manière qu'on fonde les minerais manganésifères, ils donnent toujours de la fonte blanche (2); et que si l'on veut obtenir de la fonte grise avec un minerai manganésifère, il faut y ajouter au moins la moitié de son poids de minerai qui ne contienne pas de manganèse(3); que la fonte grise, lorsqu'elle est refroidie trop vite, ne donne que de la fonte truitée (4); enfin que l'on peut diviser la fonte en trois variétés: 1° fonte grise-aigre; 2° fonte grise-douce; 3° fonte truitée (5): que la première (la fonte grise-aigre) est caverneuse, sa cassure unie, et son tissu serré, à grains fins; qu'elle s'affine promptement et *donne le plus souvent un mauvais fer* (6); que la fonte grise est douce; qu'elle a sa surface recouverte de carbure de fer; qu'elle est plus de temps à s'affiner, et donne un meilleur fer; mais qu'elle est *tout aussi impropre pour les ouvrages de mouleries que la fonte aigre* (7); enfin, que la fonte truitée tient le milieu entre ces deux espèces de fontes (8).

2° La fonte blanche peut provenir de différents minerais; mais M. Stünckel ne considère ici que celle qui provient des minerais manganésifères. Elle diffère des autres, en ce que celles-ci sont lamelleuses, et celles-là rayonnées; il observe qu'il est impossible d'obtenir de la fonte blanche rayonnée sans manganèse (9); de là *que le manganèse se réduit en même temps que le fer, et qu'il est combiné avec lui dans la*

(1) Journal des Mines, tome 16, page 175.

(2) *Idem*, page 181. — (3) *Idem*, page 176. — (4) *Idem*, page 182. — (5) *Idem*, page 182. — (6) *Idem*, page 182. — (7) *Idem*, page 183. — (8) *Idem*, page 184. — (9) *Idem*, page 175.

fonte (1); qu'on peut obtenir deux sortes de fontes blanches rayonnées : la première douce; la seconde aigre (2); que la première qui est propre à la fabrication de l'acier, *on ne peut l'employer au moulage* (3), et la seconde propre à la fabrication *des filières dont on se sert dans les tréfileries* (4); que les fontes de minerais manganésifères ne contiennent que très-rarement du carbure de fer (5); enfin, que la fonte des minerais manganésifères, s'affine si difficilement, que l'on ne peut en obtenir que 30 à 35 quintaux par semaine, tandis que l'on en obtient 50 à 56 des fontes grises (6).

4° Que ce qui distingue les fontes blanches des fontes grises, c'est que l'on peut employer les premières pour faire un bon acier, et que *l'expérience a appris que la grise est dénuée de cette propriété* (7), que l'on ne peut, en aucune façon, faire avec la fonte grise, de l'acier assez bon pour être utilisé (8), qu'il ne sache pas qu'il existe encore une seule fabrique d'acier dans des endroits où l'on ne fait pas usage des minerais manganésifères (9).

Ces faits posés, M. Stünckel le jeune cherche à expliquer ce qui se passe dans l'affinage de la fonte blanche manganésée, pour en obtenir de l'acier.

« Toute fonte (dit M. Stünckel) (10), peut être convertie en fer malléable, mais il n'y a que la blanche qui puisse l'être en acier; si la grise ne peut l'être, cela vient vraisemblablement, de ce que son carbone se brûle en même temps que les autres substances qu'elle contient; et la cause immédiate qui fait que cela n'a pas lieu dans la blanche, c'est sans doute le manganèse qu'elle contient. On sait que ce métal a une grande affinité pour l'oxygène, et peut-être plus grande dans certaine circonstance que celle que le carbone a pour la même substance : cette affinité semble être sur-tout plus considérable lors-

(1) Journal des Mines, tome 16, page 176.

(2) *Idem*, page 186. — (3) *Idem*, page 186. — (4) *Idem*, page 187. — (5) *Idem*, page 188. — (6) *Idem*, page 188. — (7) *Idem*, page 190. — (8) *Idem*, page 184. — (9) *Idem*, page 185. — (10) *Idem*, pages 191 et 192.

« que le carbone est déjà lié avec le fer. Ainsi, pendant l'affinage de la fonte blanche, l'oxygène se combine avec le manganèse, et le carbone reste au moins en partie dans le fer, le manganèse oxydé passe dans les scories avec les matières hétérogènes. Dans la fonte grise, au contraire, l'oxygène du vent se combine avec le carbone et l'enlève au fer.

« Si la combinaison entre ces substances se fait de la même manière que nous venons de le dire, il est possible qu'il reste dans la fonte blanche une certaine quantité de carbone après que les autres matières en sont séparées; et le moment où cette fonte est convertie en acier, est précisément celui où le carbone se trouve réuni en certaine proportion avec le fer. Si on laisse encore la matière au feu, après que cette combinaison est faite, l'oxygène, agissant toujours sur le carbone, l'enlève, et l'acier devient fer malléable.

« Ce que nous venons de dire explique également pourquoi la fonte des minerais manganésifères s'affine plus difficilement. »

1101. Nous ne répondrons au mémoire de M. Stünckel le jeune que par des faits, et pour y mettre plus d'ordre nous examinerons chaque article séparément.

1^o Réaumur s'était occupé depuis long-temps de la distinction des fontes; il avait déjà observé que la couleur n'était pas le seul caractère auquel on puisse distinguer leur aigreur ou leur douceur; il a fait voir comment il fallait employer le concours de deux caractères, couleurs et tissus, pour avoir des données exactes sur la nature des fontes (et ici le travail de Réaumur (1) est beaucoup plus complet que celui du métallurgiste allemand). Nous invitons les savants de tous les pays, qui s'occupent de ce travail, à lire avec beaucoup de soin ce excellent ouvrage du métallurgiste français.

2^o Nous avons déjà prouvé (n^o 76) qu'on pouvait obtenir de la fonte grise et noire dans un grand nombre d'usines, où l'on ne traite

(1) De l'Art d'adoucir le fer fondu, 1^{er} mémoire.

que des minerais de fer spathique, mélangé ou non d'oxide brun marmelonné ; conséquemment qu'il n'est pas nécessaire de mêler, avec des minerais manganésifères, des minerais qui ne sont pas propres à obtenir de la fonte grise, puisque les premiers peuvent en produire seuls. C'est donc à tort que M. Stünckel avance que les fontes grises et douces ne sont pas propres à la moulerie. Le célèbre Réaumur avait déjà annoncé, au contraire, que c'était les seules qu'on dût employer, parce que ce sont les seules que l'on puisse réparer après avoir été coulées et refroidies lentement. Les autres exigent, pour être réparées, une opération qui les adoucissent. Enfin, l'avantage des fontes douce et grise est prouvé par l'usage qu'on en fait dans toutes les fonderies où l'on coule différents objets.

L'opinion du métallurgiste allemand, que les fontes sont d'autant plus blanches qu'elles contiennent plus de manganèse, paraîtrait être confirmée par une expérience de laboratoire, faite par un chimiste français, pour expliquer un fait métallurgique qui tient à une autre cause, et dont il aurait eu une toute autre opinion s'il avait voulu se donner la peine d'observer la marche du haut fourneau que ce fait concerne. « Je me suis assuré, dit ce chimiste (1), par quelques expériences, qu'une proportion forte de ce métal (le manganèse) dans un « minéral de fer, rend toujours blanche la fonte qui en résulte, quoiqu'on expose long-temps cette fonte à un degré de feu violent au « milieu d'une brasque de charbon. *Le fer seul, au contraire, donne* « bientôt une fonte très-brune. » Ce qui se passe dans un haut fourneau est différent des expériences de creusets qui sont rapportées ici. Il faut, pour fondre un minéral avec avantage, que les terres mélangées produisent un volume de laitier qui soit quatre à cinq fois aussi considérable que celui de la fonte, tandis que, pour essayer un minéral dans un creuset brasqué, il est indifférent qu'il soit ou ne soit pas accompagné de laitier ; et lorsqu'il est mélangé de terres, elles nuisent

(1) Journal de Physique, tome 21, page 282.

quelquefois à sa séparation. Or, nous nous sommes assurés, par un grand nombre d'expériences *de laboratoire* (n° 414 et suivants), et par l'analyse des scories des minerais manganésifères, que les verres terreux enlevaient le manganèse au fer, et qu'il en enlevait d'autant plus que les scories étaient plus abondantes. De là résulte qu'un même minerai manganésifère, essayé dans un creuset avec peu ou point de terre mélangée, doit produire une fonte qui contienne plus de manganèse que celle qui provient d'un même minerai, traité au haut fourneau. Les diverses analyses que nous avons faites, et que nous avons pu recueillir sur des fontes obtenues des hauts fourneaux en traitant des minerais manganésifères, ne nous ont jamais donné plus de 0,02, de manganèse, qu'elle qu'ait été la couleur de la fonte. Et ce qu'il y a de particulier, c'est que dans deux fontes provenant des minerais de fer spathique, analysés par l'ingénieur Berthier (1) : l'une blanche, de Sainte-Hélène, retenait 0,01 de carbone; l'autre grise d'Allevard, retenait 0,03 de carbone; la première contenait moins de manganèse que la seconde, puisqu'il n'y a trouvé que 0,015 de ce métal, tandis que la grise en retenait 0,018. Ainsi il paraît bien prouvé par ces faits que ce n'est pas au manganèse que les fontes doivent leur couleur blanche ou grise, mais bien à la proportion de carbone qu'elles retiennent, comme l'avaient annoncé les trois académiciens français, Monge, Vandermonde et Berthollet, dans le beau mémoire qu'ils publièrent en 1786, et qu'ils firent imprimer dans la collection de ceux de l'Académie royale des sciences.

3° On peut obtenir de la fonte blanche avec toute espèce de minerais, lorsque la proportion du carbone est très-petite ou lorsque la fonte a été refroidie très-prompement. Nous ne reviendrons pas sur ces faits, qui ont déjà été prouvés (n° 76), mais nous ferons remarquer qu'on obtient aussi des fontes blanches rayonnées avec des oxides de fer terreux, lorsque les fontes retiennent du carbone et qu'elles ont

(1) Journal des Mines, tome 23, page 182.

été refroidies promptement; qu'ainsi, le manganèse n'est pas nécessaire pour déterminer cette texture particulière de fonte, et que, de même, on obtient, des minerais de fer spathique, des fontes blanches à très-grandes lames, comme nous en avons souvent observé au fourneau de Saint-Léonard, en Carinthie, avec l'inspecteur-général des mines, Lefebvre d'Hellancourt, et cela quand la fonte était très-oxigénée.

L'assertion que les minerais manganésifères ne contiennent que très-rarement des fontes qui retiennent du carbure de fer, ne peut être soutenue qu'autant que l'on entend par carbure de fer, non pas la combinaison de carbone restée dans la fonte, mais celle qui, s'élevant par le refroidissement, monte à la surface et la recouvre; car, d'après l'explication que M. Stünckel donne de ce qui se passe dans le traitement de la fonte blanche, pour en faire de l'acier, ce n'est que parce que *le manganèse a une plus grande affinité pour l'oxigène que celle que le carbone a pour la même substance, que l'oxigène se combine avec le manganèse, et le carbone reste au moins en partie dans le fer.* Or, pour que ce résultat ait lieu, il faut que la fonte blanche contienne au moins le carbone qui reste. Mais en supposant même que ce ne soit que le carbone qui reste sur la fonte, dont le métallurgiste ait voulu parler, nous pouvons assurer que toutes les fontes très-grises provenant du fer spathique, en sont recouvertes comme les autres.

Quant à l'assertion que les fontes provenant des minerais manganésifères s'affinent plus difficilement que les autres, elle a besoin d'être examinée. Nous observerons que la comparaison du temps employé, n'est pas toujours la meilleure preuve que l'on puisse en donner, car la durée de l'affinage dépend du mode que l'on suit. L'affinage à la française, qui s'exécute en avalant la fonte, est bien plus expéditif que l'affinage à l'allemande, dans lequel on liquéfie la fonte trois fois différentes; et déjà Swedemborg (1) avait appris que, par la méthode fran-

(1) Traité du fer, 1^{re} classe, §. 7, page 86.

çaise, on affinait 40 à 60 poids de marine de fer dans une semaine, tandis que, par la méthode allemande, on n'en affinait que 16 à 22 : ce rapport, :: 50 : 19, est bien plus considérable que celui qui est donné par M. Stünckel le jeune, :: 53 : 33, pour les fontes grises comparées aux fontes blanches. Au reste, nous observerons que l'on affine, en Styrie, dans deux fourneaux, d'après les observations du maître de forge, Rambourg, 10 quintaux de fer en 16 heures (1), ce qui ferait, par semaine de 132 heures environ, 628; ainsi, 41 quintaux par foyer. En 1782, lorsque nous visitâmes la Styrie et la Carinthie avec l'inspecteur général des mines, Lefebvre, la quantité de fer forgé dans différentes usines variait entre 45 et 48 quintaux par semaine, ce qui s'approche beaucoup de la quantité que le métallurgiste allemand dit être propre aux fontes qui ne contiennent pas de manganèse; cependant on ne traite en Styrie et en Carinthie que des fontes provenant des fers spathiques et des hématites brunes; mais si, au lieu de juger de la difficulté d'affiner les fontes par le temps que l'on emploie, on voulait la déterminer d'après la quantité de combustible consumé dans cet affinage, on pourrait conclure que les fontes manganésifères, de Styrie, sont plus faciles à affiner que les fontes grises des autres pays, car on ne consume, en Styrie, que 11 à 12 parties de charbon et 11 de fontes manganésifères pour obtenir 10 parties de fer. Dans la méthode française, on brûle de 12 à 20 parties de charbon et 11 à 15 parties de fonte, et dans la méthode allemande, 18 à 26 parties de charbon et 11 à 15 de fonte, pour obtenir la même quantité de fer. Concluons donc, de tout ceci, qu'il n'est pas prouvé que la fonte blanche manganésifère soit plus difficile à affiner que la grise, qui ne contient pas de manganèse.

4° Nous avons vu précédemment (n° 1071) que l'on faisait de l'acier avec toutes sortes de fonte, et nous avons cité les endroits où l'on emploie et même où l'on préfère la fonte grise; nous avons fait voir en

(1) Journal des Mines, tome 15, page 443.

même temps que l'on ne fait usage de fonte blanche que quand celle-ci doit sa couleur à un refroidissement prompt et subit, comme celle que l'on obtient en plaques ou en blettes; enfin nous avons cité un grand nombre d'usines dans lesquelles on faisait de l'acier avec des fontes provenant d'oxide terreux, de fer en grains, ou en roche.

Tous ces faits détruisant les assertions d'après lesquelles M. Stünckel le jeune a voulu établir l'action du manganèse dans la fabrication de l'acier, nous sommes dispensés d'examiner et de discuter de nouveau l'explication qu'il donne sur l'action de ce métal, puisque tous les faits sur lesquels il établit la nécessité de son action pour produire l'acier, sont combattus et détruits par des faits opposés.

1102. L'acier-poule que l'on obtient en cémentant toutes les espèces de fer avec de la poussière de charbon, quoique la plupart de ces fers ne contiennent pas même d'indice de manganèse, est encore une preuve qu'on pourrait réunir à celles que nous avons données, que le manganèse n'est pas essentiellement nécessaire à la fabrication de l'acier. Mais cette nouvelle preuve avait déjà été prévue par le métallurgiste allemand, ce qui l'avait déterminé à ne parler de l'influence du manganèse que dans l'affinage de la fonte pour obtenir des aciers naturels ou de forge, et cela, probablement, parce que les procédés qu'on emploie pour l'obtenir n'avaient pas été examinés avec assez de soin et d'attention.

Nous avouons que parmi les fontes qu'on emploie pour faire de l'acier, quelques-unes contiennent jusqu'à 0,02 de manganèse métallique; mais nous croyons pouvoir assurer que ce manganèse n'est pas essentiellement nécessaire à l'aciération, car, dans un grand nombre d'usines, on enlève, sinon tout, au moins la plus grande partie du manganèse resté dans la fonte, avant de l'affiner, pour en obtenir une loupe d'acier. Dans ces usines, on fait subir au régule de fer deux opérations: dans la première, on le fond avec des scories pour le couler en plaques, ou pour le lever en blettes ou en gâteaux; puis on affine ces blettes, ces plaques, ou ces gâteaux, pour en obtenir de l'acier: mais cette première fusion avec des scories, que dans plusieurs pays on appelle *mazer*, sépare toujours de la fonte la plus grande partie du

manganèse qu'elle retenait. L'ingénieur Berthier ayant analysé comparativement des fontes grises d'Allévard (1), obtenues du haut fourneau, et les mêmes fontes, après avoir été *mazées*, trouva dans la première jusqu'à 0,018 de manganèse, et dans les secondes seulement 0,003, il recueillit en même temps les scories qui s'écoulaient dans l'opération du *mazéage*, et trouva qu'elles contenaient de 0,095 à 0,290 de manganèse.

1103. Quelques métallurgistes, empressés de vouloir donner au manganèse une action dans la fabrication de l'acier, pourraient vouloir conclure du *mazéage* qu'on fait subir à la fonte manganésifère, dans quelques usines où l'on fait de l'acier, qu'on cherche à retirer cette substance dans la crainte qu'elle ne nuise à l'aciération; et ils pourraient encore apporter comme preuve, qu'à Rives, où le fer cru n'est pas *mazé* avant d'être fondu, pour en obtenir une loupe d'acier, on laisse la fonte plus de huit heures en bain pour se purifier; mais nous nous garderons de vouloir attribuer au manganèse une action opposée à celle qu'on lui a donnée jusqu'à présent. Nous aimons mieux croire que ce métal, qui n'entre tout au plus que pour 0,02 dans la fonte, n'y produit aucun effet, et que, dans le cas même où il pourrait favoriser ou nuire à l'aciération, il est si promptement enlevé par les scories que son action peut être considérée comme nulle.

1104. M. Stunckel jeune et M. Quantz (2) attribuent au manganèse une nouvelle propriété, c'est de détruire le mauvais effet du spath pesant (sulfate de barite), lorsque cette substance est mélangée ou combinée dans les minerais de fer. Comme nous n'avons pas encore été à même de nous assurer des effets qu'ils disent que ce métal produit, lorsqu'on le fond dans les hauts fourneaux avec des minerais mélangés de sulfate de barite, nous ne pouvons qu'engager les métallurgistes, et particulièrement ceux qui s'occupent de la fabrication du fer, à s'as-

(1) Journal des Mines, tome 23, page 182.

(2) *Idem*, tome 16, page 179.

surer de cet effet et à rendre compte des observations qu'ils auront recueillies, afin que l'on puisse employer ce correctif, lorsque les circonstances en permettront l'usage.

Concluons de tout ceci, que le manganèse n'est pas essentiellement nécessaire à la fabrication de l'acier naturel ou de l'acier de forge, ni à aucune autre méthode d'aciération.

DE L'ACIER FONDU.

1105. Les deux espèces d'acier que nous avons fait connaître jusqu'à présent, et pour lesquelles nous avons décrit les procédés que l'on emploie pour les obtenir, ont le défaut de distribuer, dans le même morceau, dans la même barre, des degrés différents d'aciération. L'acier cimenté est plus aciéré à la surface qu'au centre; l'acier de forge est inégal, non seulement dans la même masse, mais souvent dans différentes parties de la même barre; c'est pour obvier à ces inconvénients, et pour obtenir un acier égal et uniforme, que l'on a imaginé la fabrication de l'acier fondu.

Quoique tout porte à croire que la fabrication de l'acier fondu a été découverte en Angleterre, vers l'an 1750; on a cependant de fortes raisons de soupçonner que cette espèce d'acier était connue en Asie depuis un temps immémorial. L'acier qu'on travaille à Bombay, sous le nom de *Wootz* (1), et qui fut envoyé à sir *Joseph Banks* par le docteur *Scott*, paraît être de l'acier fondu, et l'on ignore, dans le pays, depuis quelle époque cette substance y est employée.

On a d'abord essayé, en Angleterre, de fondre dans des creusets, à l'aide des verres terreux, des fragments d'acier; de couler cette fonte dans des lingotières, et de forger les petits saumons obtenus; ensuite on a fondu du fer avec des substances susceptibles de fournir le carbone nécessaire à son aciération, puis on a traité directement la fonte pour

(1) Bibliothèque Britannique, tome 12, pages 205 et 405; tome 13, page 173.

en obtenir la substance à laquelle on avait donné le nom d'acier fondu ; ce qui nous conduira à diviser en trois paragraphes l'art d'obtenir de l'acier fondu : 1^o avec de l'acier ; 2^o avec du fer ; 3^o avec de la fonte.

Il paraît que l'art de fondre le fer pur, dans des creusets, était connu à l'époque où les Anglais liquéfiaient leurs fragments d'acier pour en obtenir de l'acier fondu ; car M. Caton rapporte, dans son ouvrage sur l'empire Ottoman, qu'un Arabe (1), à Constantinople, avait trouvé l'art de fondre le fer, de manière à le rendre aussi malléable, au sortir du moule, que l'est le fer forgé ; on s'est assuré, dans un grand nombre de circonstances, que le fer refondu peut toujours être forgé avec assez de facilité (2).

De la fusion de l'acier pour en obtenir de l'acier fondu.

1106. La première description de l'art de fabriquer l'acier fondu, qui nous ait été donnée, est celle qu'ont publiée Jars et Duhamel dans leur voyage métallurgique (3). Elle a été copiée ensuite par l'inspecteur des mines, Duhamel, dans l'Encyclopédie par ordre de matières ; par les anciens académiciens français, Monge, Vandermonde, et Berthollet, dans leur avis aux ouvriers en fer sur la fabrication de l'acier (4). M. Thomas-Pierre Smith, de Philadelphie, a décrit de nouveau ce procédé (5), après avoir observé et suivi tous les détails pratiqués dans ce travail.

(1) Bibliothèque Britannique, tome 10, page 272.

(2) Journal des Mines, tome 13, page 422.

Nous avons rapporté (n^{os} 16 et 177) les expériences que nous avons faites, et qui peuvent également que le fer peut, après avoir été fondu sans addition, sortir du creuset avec la propriété d'être martelé, et de s'étendre lorsqu'on le comprime ; l'inspecteur général des mines, Gillet-Laumont, nous a fait voir des échantillons de fer de Suède, dans lesquels se trouvaient des lingots de fer fondu très-malléable.

(3) Tome 1^{er}, page 257.

(4) Annales de Chimie, tome 19, page 1.

(5) Journal des Mines, tome 13, page 59.

1107. « On emploie ordinairement , dans cette opération (disent « Jars et Duhamel), toutes les rognures des ouvrages en acier. On a des « fourneaux en terre semblables à ceux dont on fait usage pour le laiton, « mais ils sont beaucoup plus petits, et reçoivent l'air par un canal « souterrain. A l'embouchure qui est carrée et à la surface de la terre, « il y a un trou contre un mur où monte un tuyau de cheminée. Ces « fourneaux ne contiennent qu'un grand creuset de 9 à 10 pouces de « haut sur 6 à 7 de diamètre. On met l'acier dans le creuset avec un « flux dont on fait un secret, et l'on place le creuset sur une brique « ronde, posée sur la grille. On a du charbon de terre, réduit en *coak*, « qu'on met autour du creuset, et dont on remplit le fourneau ; on y « met le feu et on ferme entièrement l'ouverture supérieure du fourneau, « avec une porte faite de briques, entourée d'un cercle de fer ; la flamme « enfile le tuyau de la cheminée.

« Le creuset est cinq heures dans le fourneau, avant que l'acier soit « parfaitement fondu. On a des moules carrés ou octogones, faits en « deux pièces de fer coulées, on les met l'un contre l'autre, et l'on verse « l'acier par l'une des extrémités (1) ». Jars et Duhamel ont vu des lingots de cet acier coulé qui ressemblait au fer de gueuse. On étend cet acier au marteau, comme on fait pour l'acier boursoufflé, mais on le chauffe moins et avec plus de précaution, parce qu'il risquerait de se briser.

1108. Quoique ce procédé soit extrêmement détaillé, il paraît cependant n'avoir, pendant long-temps, été exécuté en France que par les frères Poncelet (2). Tous ceux qui l'ont essayé ont éprouvé trois sortes

(1) Avant d'enlever le creuset, on a soin de boucher hermétiquement la porte du cendrier, pour empêcher l'air d'entrer : on ferme également les portes de l'atelier, afin qu'il ne s'y établisse aucun courant d'air.

On recouvre de sable l'acier fondu, aussitôt qu'il a été versé dans la lingotière. (*Note de M. Mollard.*)

(2) Les frères Poncelet, qui ont établi à Liège, avec beaucoup de succès, une fabrique considérable d'acier fondu qui fournit à la France une grande partie des aciers qui lui sont nécessaires, font usage de flux. Les creusets dont ils se servent ont 6 pouces de

de difficultés: 1° dans les fourneaux qui chauffent; 2° dans les creusets qu'on emploie; 3° dans les flux avec lesquels on fond l'acier.

1109. Depuis long-temps on fond, en France, du régule de fer dans des creusets; nous avons décrit, à l'article *fonte moulée*, les différents fourneaux dont on fait usage pour chauffer le fer cru, ainsi que les creusets dans lesquels on le fond. Quoiqu'il faille réellement une température un peu plus élevée pour fondre les fragments d'acier que pour liquéfier la fonte, on peut cependant employer, avec succès, les fourneaux et les creusets qui servent à la liquéfaction de cette dernière.

1110. D'après les expériences de sir George *Mackenzie*, on voit que le fer exige, pour être fondu, une température de 158° du pyromètre de Wedgwood. La fonte se liquéfie à une température de 130° de ce même pyromètre; l'acier, moins fusible que la fonte, et plus fusible que le fer, doit se liquéfier à une température qui n'a pas encore été déterminée, mais qui doit être entre ces deux limites, ainsi 140° environ.

1111. On se sert quelquefois, en Angleterre, pour fondre de l'acier dans des creusets, d'un fourneau de fusion ellipsoïdal A, (planche 60) imaginé par l'illustre Lavoisier, et décrit dans son *Traité Élémentaire de Chimie* (1).

La durée de cinq heures, indiquée par Jars et Duhamel, pour fondre

diamètre, et 13 pouces de hauteur; ils contiennent 25 livres d'acier environ, avec le flux qui doit le couvrir. Les fourneaux dans lesquels ils chauffent leur creuset, ont une forme prismatique, et sont à courant d'air, comme les fourneaux ordinaires des fondeurs de cuivre. Lorsque l'air est sec, et qu'il fait froid, il faut environ sept heures pour fondre; quand le creuset permet de faire une seconde fusion, celle-ci ne dure que six heures.

En général, l'acier se fond plus promptement dans un temps sec et froid, que dans un temps chaud et humide; il arrive même quelquefois, dans l'été, lorsque le temps est humide, que l'on ne peut obtenir une température assez forte pour faire entrer l'acier en fusion.

(1) Page 241.

ces fragments, nous paraît trop longue, le temps qu'on doit employer dépend de la température du foyer. M. *Smith* n'a trouvé cette durée que de trois heures dans le travail qu'il a suivi dans les environs de Sheffield, et dans lequel on fondait environ 25 livres de métal à-la-fois. En général, plus le creuset reste de temps au feu, plus le fer agit sur les terres dont il est formé, et plus il court la chance de se fondre.

Nous devons le répéter, il est essentiel que le creuset soit construit d'une terre bien réfractaire, et qu'il puisse facilement passer d'une température à une autre sans se gercer, ni se rompre. Les Anglais font usage de creusets noirs d'Ypse, en Allemagne; ils les emploient de préférence à tous autres dans cette opération. En France, on liquéfie la fonte dans des creusets de Picardie, et l'on peut traiter l'acier dans les mêmes creusets (1).

1112. Si l'on en croit le rapport des personnes qui ont essayé de fondre de l'acier, la plus grande difficulté qu'elles ont éprouvée, c'est de trouver un flux approprié à leur opération, et ce secret que Jars dit que l'on faisait de ce flux, lorsqu'il visita les aciéries anglaises, a encore augmenté leur difficulté. L'objet principal du flux, celui qu'on lui attribue, c'est de recouvrir l'acier pour l'empêcher de s'oxyder; mais ici tous les verres terreux, qui se fondent à une température moindre que

(1) Les frères Poncelet fabriquent eux-mêmes leurs creusets; ils font usage des terres argileuses pures, des Ardennes, qu'ils préparent comme les verriers, et ils les travaillent en formant des *torrons* de cette terre, qu'ils appliquent les uns sur les autres, comme le pratiquent les potiers des verreries. L'inspecteur des travaux de la forge de Kaiserlautern, *Vandenbroeck*, propose de fabriquer ces creusets par compression, par le moyen de deux moules qui entrent l'un dans l'autre, en ne laissant entre eux que l'espace que la terre doit occuper; enfin, en employant la méthode dont les essayeurs des mines et des monnaies font usage pour fabriquer leur coupelle d'essai. M. *Vandenbroeck* annonce que des creusets fabriqués avec de la terre de *Gevonsart*, à 3 kilomètres de Namur, et qu'il regarde comme une des meilleures pour fondre des métaux, ont pu faire vingt fontes de suite. Voyez, à ce sujet, le rapport de l'inspecteur général des mines, *Gillet-Laumont*, à la Société d'encouragement des arts et métiers, dixième année, septembre 1811, page 231.

celle qui est nécessaire à l'acier, sont propres à remplir ce but. L'officier d'artillerie Chalut s'est assuré que tous les verres qui ne contiennent ni plomb, ni arsenic, sont propres à cet objet (1); les laitiers de forges, et sur-tout les laitiers pauvres, y sont également propices, mais il faut qu'ils proviennent d'une fonte ou d'un fer d'une bonne qualité; celui qui nous a paru le plus convenable, à cause de sa grande liquidité, et cela d'après les différents essais que nous avons faits des flux propres à traiter l'acier fondu, c'est le verre de bouteille olive, mélangé d'un quart ou d'un cinquième de chaux.

Clbuet, qui s'est toujours occupé des moyens de convertir le fer ou l'acier en acier fondu, partage l'opinion de l'officier d'artillerie Chalut: que tous les verres, qui ne contiennent pas de substance nuisible au fer, sont propres à servir de fondant (2). « Il observe cependant que, « si, au lieu d'employer le verre fondu et fabriqué, on fait usage de « ses éléments, c'est-à-dire, des terres et des alcalis qui le composent, « on n'obtient pas un bon résultat. L'acier se fond bien, mais il « se combine avec le flux, et il devient trop difficile à forger: cette « observation n'a cependant lieu que pour les verres salins, car les « verres terreux peuvent s'employer dans leurs éléments.

« Le verre des glaces coulées ou soufflées est aussi un bon fondant; « mais il faut y mêler un peu de sable pour le rendre moins fusible; les « verres trop fusibles rendent l'acier plus difficile à forger: lorsque ce « fer carburé et dur est fondu, il ne faut pas le laisser trop long-temps « en fusion avec le verre, parce qu'il en prend plus qu'il n'en faut pour « être facile à forger. Aussi, dès que la fusion est complète, il faut le « remuer avec une baguette de fer, et le couler de suite dans une lingo- « tière, en observant de ne point couler trop vite, sur-tout les dernières « portions, qu'il faut ménager, de manière à pouvoir en remplir le creux « que forme la matière au moment où elle se fige; il faut aussi avoir

(1) Annales de Chimie, tome 19, page 38.

(2) Journal des Mines, tome 9, page 10.

« soin de lever le verre avant de couler, afin qu'il ne se mêle point avec l'acier, lorsqu'on le verse dans la lingotière ».

1113. Mais ce flux, que cherchent toutes les personnes qui veulent fondre de l'acier, est-il absolument nécessaire? Il paraît, d'après les détails transmis par Smith de Philadelphie, que l'on ne fait plus usage, à Sheffield, lorsqu'il y passa, que de poussière de charbon de houille pour recouvrir le métal. L'acier fond très-bien seul, les verres terreux produisent, pendant la fusion, quatre effets différents : 1^o ils préservent le métal de l'action de l'oxygène qui pourrait se porter dessus ; 2^o ils dissolvent l'oxidule de fer qu'ils rencontrent ; 3^o ils attaquent la matière du creuset, et la rendent plus fusible ; 4^o ils se combinent avec l'acier : et de ces quatre effets, les deux premiers sont parfaitement remplacés par la poussière de charbon ; car ce combustible, en recouvrant ce métal, 1^o s'empare de l'oxygène qui arrive dessus, et l'empêche de parvenir à l'acier ; 2^o il enlève l'oxygène de l'oxidule avec lequel il est en contact ; il fait plus, il carbonise la surface du métal en fusion, et il augmente son aciération.

Quant aux deux autres effets, (c'est-à-dire de fondre, d'attaquer le creuset, et de se combiner avec l'acier), ils sont plus nuisibles qu'utiles : l'un détériore le creuset, et l'empêche de servir un si grand nombre de fois ; l'autre rend l'acier plus difficile à forger, et souvent même le rend intraitable. Il paraît que c'est pour remédier à ce premier défaut des fondants, qu'on les a remplacés par du charbon pilé, qui a aussi ses avantages et ses inconvénients ; il peut être avantageux d'employer ce combustible, lorsque le métal fondu n'est pas assez carburé, parce qu'il fournit le carbone qui lui manque ; mais aussi il est défavorable, lorsque l'acier contient assez de carbone ; car, en augmentant sa quantité, il le rend intraitable. Comme le métal est plus pesant que le combustible, et que ce dernier remonte toujours à la surface du bain ; c'est-là qu'il exerce principalement son action ; cette partie se carburant plus que le reste, il en résulte une aciération inégale dans la masse liquide, ce qui oblige à remuer et à mélanger intimement la matière avant de la couler.

On pourrait encore mettre en question, si le verre terreux ou le charbon, qui recouvrent l'acier fondu, sont absolument nécessaires pour empêcher l'oxidation de la surface du bain; l'air, qui a passé à travers la masse du combustible, contient-il assez d'oxygène pour en combiner avec le fer? Et le charbon, placé au-dessus du creuset, qui est lui-même recouvert d'un chapeau de terre, permet-il à l'air d'entrer dans l'intérieur pour oxidier le métal? Les fondeurs, qui liquéfient, dans des creusets, de la fonte pour couler divers objets, n'ont pas l'habitude de la recouvrir avec du laitier; ils en mélangeraient cependant avec la fonte, s'ils le croyaient nécessaire. Enfin il paraît que M. Muschet ne se sert pas de flux pour fabriquer son acier fondu, puisqu'il n'en parle pas dans la description qu'il a donnée de son procédé, lorsqu'il a demandé une patente (1), et il savait bien, cependant, que la moindre omission dans l'énoncé compromettrait son privilège.

Quoi qu'il en soit de la nécessité d'employer ou non une substance pour recouvrir l'acier que l'on fond, on peut, si on le juge convenable, faire usage de quatre parties de verre à bouteille, et d'une de chaux, lorsque l'on veut recouvrir le métal avec un verre terreux, ou seulement de la poussière de charbon de houille; ou de bois, si on se contente de le recouvrir avec un combustible.

Des moyens d'obtenir de l'acier fondu avec du fer forgé.

1114. Tout fait croire que c'est aux travaux de l'ingénieur Clouet, et de l'officier d'artillerie Chalut, que nous devons les premiers résultats positifs, obtenus en 1788, sur l'art de fabriquer directement de l'acier fondu avec du fer forgé (2), et d'éviter, par ce moyen, l'opération de la cémentation que l'on croyait nécessaire de faire subir au fer avant de le fondre.

« Une livre de fer forgé, de Berry, fondu avec la soixante-quatrième

(1) Bibliothèque Britannique, tome 101, page 379.

(2) Journal de Physique, année 1788, 2^e partie, page 46.

« partie de son poids de poussière de charbon, mêlée au verre qui a servi de flux, a donné un acier fondu, un peu difficile d'abord à traiter, mais qui, en se forgeant, est devenu très-doux, et s'est étiré à la filière en fil d'acier assez fin ».

Clouet a depuis continué seul les expériences qu'il avait entreprises avec le savant Chalut; il a présenté à l'institut, et publié ensuite, séparément, ses résultats (1). Il a obtenu de l'acier en fondant directement dans un creuset de Hesse : 1° du fer avec un trente-deuxième de son poids de charbon; 2° du fer, du verre et du charbon, la proportion de ce combustible, était depuis $\frac{1}{30}$ jusqu'à $\frac{1}{10}$ du poids du métal; 3° une partie d'oxide de fer, mêlée à une partie et demie ou deux, en volume, de poussière de charbon; 4° une partie d'oxidule de fer, et quatre de fonte grise; 5° trois parties de fer, une de carbonate de chaux, et une d'argile cuite, particulièrement celle qui provient d'anciens creusets; enfin il a fait rétrograder l'acier et l'a ramené à l'état de fer en fondant ensemble une partie d'oxidule, et six d'acier. Le laborieux Clouet avance dans son mémoire : que l'on réduit l'acier en fer, en cimentant des lames d'acier avec de l'oxide de fer; il serait utile de répéter cette expérience.

Si, dans la première, la seconde et la troisième expériences, on augmente la proportion de carbone, la ductilité de l'acier augmente, il devient intraitable et passe à l'état de fonte; si, dans la quatrième, on augmente la proportion d'oxide de fer, la fonte devient fer; si l'on augmente celle de la fonte dans la cinquième, l'acier devient intraitable.

Nous avons répété, à l'école pratique de Moutier, une grande partie de ces expériences avec une proportion de charbon moindre, et nous avons obtenu les mêmes résultats; nos expériences ont été faites dans des creusets de Hesse, placés dans le fourneau d'essai de l'école, et nous avons fondu à-la-fois de 4 à 6 kilogrammes de métal.

1115. La principale expérience de Clouet, celle dont les commissaires de l'institut paraissent faire le plus de cas, est celle par laquelle il a ob-

(1) Journal des Mines, tome 9, page 3.

tenu de l'acier, en fondant ensemble trois parties de fer, une de carbonate de chaux, et une d'argile cuite.

Ils ont répété cette expérience en exposant à l'action du feu 3 à 4 kilogrammes de petits clous de fer, soit dans la forge d'essai du laboratoire du conseil des mines de Paris (1), soit dans un fourneau *Maquer* de l'un des laboratoires de l'école polytechnique, soit enfin dans les fourneaux à vent des fondeurs de la monnaie. Ils ont obtenu, dans chacune de ces circonstances, avec une température de 150°, environ, du pyromètre de Wedgwood, une masse liquide qu'ils ont coulée dans une lingotière, et qui était tout-à-fait semblable à de l'acier fondu. Ces lingots, essayés par le coutelier de Paris, Le Petiwalle, ressemblaient absolument à ceux qui sont connus dans le commerce sous le nom d'acier *Marschall*, et d'acier *B. Huntzmann*.

Le carbone, nécessaire à l'aciération du fer, est produit, dans cette expérience, par l'acide carbonique du carbonate de chaux; cet acide, en se dégageant de la chaux par sa fusion avec l'argile, se porte sur le fer. Le métal exerce une double action sur les composants de l'acide; il forme, d'une part, de l'oxidule de fer qui est aussitôt dissous par le verre terreux, et de l'autre, du carbure de fer qui l'est par le fer; l'action chimique, qui détermine ces effets, est le résultat de cinq actions : 1° de l'oxygène pour le carbone; 2° de l'oxygène pour le fer; 3° du carbone pour le fer; 4° du fer pour le carbure de fer; 5° des verres terreux pour l'oxidule de fer. A ces cinq actions, il faut encore réunir celle des masses du fer et du verre terreux, la tendance à la liquidité de toutes ces substances, comparée à la tendance à la gazéité, de l'acide carbonique.

1116. Au commencement de ce siècle, M. Muschet, employé dans les fonderies de Clyde, près de Glasgow, a obtenu un brevet d'invention pour fabriquer de l'acier fondu par une méthode qu'il dit être nouvelle, et qui lui est particulière; on a publié, dans le tome IX du

(2) Journal des Mines, tome 8, page 703.

Philos. Magaz., l'exposé qu'il a donné de cette méthode pour obtenir une patente (1).

L'exposé de la patente obtenue par M. Muschet peut être divisé en deux parties : dans la première, il indique le procédé qu'il se propose de suivre pour obtenir de l'acier fondu ; dans la seconde, il indique le procédé qu'il se propose de suivre pour rendre son acier fondu plus propre à être forgé et à être soudé, soit avec du fer, soit avec de l'acier.

C'est en mêlant du fer en barre, dès rognures de fer, de la ferraille et même des minerais de fer riche, avec de la poussière de charbon de bois, de la poussière de charbon de houille, ou de la plombagine, dans un creuset exposé à l'action du feu, pour fondre le métal, que M. Muschet se propose d'obtenir son acier.

1117. Ce procédé ne diffère pas de ceux qui ont été publiés par Clouet, si ce n'est qu'il propose d'employer le minéral de fer riche avec de la poussière de charbon, au lieu de l'oxide avec lequel le chimiste français fit ses expériences.

Quant à la proportion du charbon que l'on doit employer, elle est beaucoup moins considérable que celle qui est recommandée par Clouet. M. Muschet (2) propose de n'en mélanger que $\frac{1}{7}$, et même $\frac{1}{9}$ du poids du fer à convertir ; il annonce que, quand la quantité de matière charbonneuse surpasse $\frac{1}{7}$, et va jusqu'à $\frac{1}{6}$ ou $\frac{1}{4}$ du poids du fer, l'acier devient si complètement fusible qu'on peut le couler dans des moules de toutes sortes de formes, et qu'il supporte ensuite le travail de la lime, et prend parfaitement le poli ; ce moyen peut être pratiqué pour obtenir en acier fondu des objets qui ne doivent pas être forgés. Pour se procurer un acier plus doux que l'acier ordinaire, le savant Anglais diminue la quantité du charbon, de manière qu'elle n'excède pas quelquefois $\frac{1}{10}$ du poids du fer.

Bien entendu que cette proportion de charbon de $\frac{1}{9}$ à $\frac{1}{7}$ doit être

(1) Bibliothèque Britannique, tome 18, page 375. — *Annales des Arts et Manufactures*, tome 7, page 240.

(2) Bibliothèque Britannique, tome 18, page 379.

employée avec du fer forgé, et qu'il faut en augmenter la quantité lorsque l'on veut fondre de la ferraille, qui est toujours recouverte d'oxide, et même de carbonate de fer.

1118. « M. Muschet se propose encore de fondre la mine de fer, le « fer en barres, les rognures de fer, etc., par l'addition de la craie, des « carbonates en général ou des carbures, avec de la glaise, du verre « ou d'autre flux en diverse proportion ». Il est facile de voir que cette méthode n'est qu'une extension de celle que Clouet employa en fondant trois parties de fer avec une partie de carbonate de chaux et d'argile cuite; il est probable même que le métallurgiste anglais n'a pas essayé les nouvelles combinaisons qu'il propose, et qu'il ne les a tant étendues que pour déguiser le procédé réel. Enfin, M. Muschet annonce qu'il veut fondre le fer seul et sans aucune addition de matière qui contienne du carbone, puis le couler en barres, pour avoir un acier extrêmement doux; il croit que, dans cette circonstance, le fer recevra du carbone par l'acide carbonique dont le fourneau est rempli, et que cet acide entrera par l'orifice, ou par les pores du creuset. Déjà un chimiste français a fait voir (1) que le fer, placé dans des creusets bien fermés, ne s'aciérait pas : conséquemment, que l'acide carbonique, ou le carbone, ne pénétrait pas à travers les pores du creuset. »

1119. Dans la seconde partie de son exposé, M. Muschet propose de cémenter l'acier fondu, en l'introduisant dans les fourneaux ordinaires de cémentation, après l'avoir mis en contact avec des matières charbonneuses, ou avec des terres, qu'on chauffe pendant cinq jours, plus ou moins, selon l'épaisseur des barres et la quantité relative du métal.

Il existe ici deux cémentations distinctes : la première se fait avec de la poussière de charbon, pour augmenter l'aciération, la seconde avec des matières terreuses, pour l'égaliser. Nous avons déjà décrit le premier procédé; le second est copié d'après celui qu'indique Réaumur, comme étant propre à adoucir la fonte de fer : nous examinerons et nous discuterons ces procédés dans l'article qui traitera du travail de l'acier.

(1) Journal des Mines, tome 13, page 421.

1120. Aux fourneaux déjà employés pour fondre le fer ou l'acier, et que nous avons fait connaître, Clouet en a ajouté un autre dont il serait bon que l'on pût faire l'essai.

« Pour fondre en grand (dit Clouet), un fourneau construit d'après
« les principes des fourneaux de réverbère, destinés à fondre le fer avec
« lequel on fabrique les pièces d'artillerie, peut donner un feu suffisant,
« sur-tout si l'on a soin de tenir la cheminée assez haute; le fourneau
« doit être aussi plus court; il ne lui faut qu'une longueur égale à sa
« largeur, il sera d'une capacité suffisante si on peut y mettre quatre
« creusets contenant chacun environ vingt-cinq livres de matières fon-
« dues; de plus grands creusets seraient plus sujets aux accidents ».

Des moyens d'obtenir de l'acier fondu avec de la fonte.

Nous avons représenté, fig. B, (planche 62) le fourneau que propose Clouet, et dont un modèle est déposé au muséum des Arts et Métiers.

1121. L'acier obtenu par ce savant, en fondant ensemble du fer et de la fonte grise, et même de l'oxide de fer et de la fonte, était un indice de la possibilité d'obtenir de l'acier en fondant ensemble un mélange de fonte grise trop carburée, et de fonte blanche trop oxidée. M. Vandebroek, inspecteur des travaux de l'école pratique des mines de la Saare, qui a été à même de visiter, dans ces derniers temps, les aciéries anglaises, nous a assuré que c'était, maintenant, en fondant ensemble ces deux espèces de fers crus, qu'on parvenait à obtenir les deux variétés d'acier si renommées en Europe, l'une connue sous le nom d'acier *Marschall*, l'autre sous celui d'acier B. *Huntzmann*. Nous allons décrire ces deux procédés tels que ce savant artiste nous les a fait connaître. L'un des aciers s'obtient dans des creusets, l'autre dans un fourneau de réverbère.

Pour cet effet, on fait un mélange des fontes grises et blanches, dont on a déterminé d'avance la proportion la plus favorable à l'espèce d'acier que l'on veut obtenir. Quelquefois aussi on mêle, soit à la fonte grise seule, soit au mélange des deux fontes, des rognures de fer, de

la ferraille, des battitures et même des rognures d'acier auxquelles on donne le nom de *riblon* ou *roublon*.

1122. Les creusets dont on fait usage pour obtenir l'un de ces aciers ont la forme d'un cône tronqué, posé sur sa tronquature, tout-à-fait semblable à ceux des verreries, ils pourraient être construits avec la même terre; mais le mieux serait de les former avec de l'argile qui eût la propriété de celle que l'on emploie pour fabriquer les creusets d'Ypse; ils ont 15 pouces de hauteur, autant de diamètre dans la partie supérieure; ils ont près d'un pied cube de capacité, et l'on y traite à-la-fois 200 livres environ d'acier fondu.

1123. Ces creusets, au nombre de quatre, sont placés sur les deux sièges d'un four D, E, à-peu-près semblables aux fours des verreries; sa longueur est de 36 à 40 pouces, et la profondeur du foyer de 15 à 18. Ce dernier est placé au-dessus d'une voûte dans laquelle il s'établit un libre courant d'air. La houille se jette, par les deux ouvertures des extrémités, sur une grille qui sépare le foyer de la voûte, et la fumée s'échappe par trois ouvertures faites à la calotte du fourneau, elles se réunissent à une longue cheminée, qui détermine un fort tirage: le foyer est divisé en six parties par deux arceaux et une traverse en maçonnerie, afin de forcer la flamme à circuler autour des creusets. Au-dessous de chacun sont des ouvertures qui facilitent la manœuvre, et qui attirent une partie de la flamme vers elles; les rétrécit pendant la fusion: les creusets sont placés dans le four par des ouvertures latérales, que l'on ouvre pour les faire entrer, et que l'on ferme ensuite. On met les creusets froids dans le four, lorsqu'il n'est pas encore échauffé lui-même; on les fait chauffer séparément pour les rougir et les entrer ensuite dans le four, lorsqu'il est chaud et rouge.

Il existe entre ces fourneaux, tels qu'on nous les a décrits, et ceux des verreries, deux différences remarquables: 1^o leurs six divisions faites au-dessus du foyer; 2^o les trois ouvertures à la calotte, pour faire sortir la flamme; nous ne sommes pas encore bien assurés si ces différences sont absolument nécessaires, et si un fourneau de verrerie ordinaire ne produirait pas le même effet.

C'est par les ouvreaux qu'on place, dans les creusets, le mélange des fontes, des riblons, ou rognures de fer et d'acier, et généralement les substances que l'on destine à la fabrication de l'acier fondu; elles entrent en fusion et s'affinent par le repos de masse (1). Lorsqu'on juge que la fusion est complète, et que la fonte est affinée, on retire les creusets, puis on les rentre dans le fourneau, on rebâtit les parois, et on les charge de nouveau de matières propres à produire de l'acier.

Nous ignorons si le bain d'acier fondu est recouvert de scories ou de toute autre substance qui empêche son oxidation.

1124. On fond le mélange, destiné à faire la seconde espèce d'acier, dans des fourneaux de réverbère ordinaires, dans lesquels on a pratiqué une espèce de creuset dans la partie inférieure; le métal placé sur l'autel s'échauffe, fond, et coule dans le creuset où il s'accumule; la fonte se couvre de scories, tant de celles qui étaient contenues dans la fonte, que de celles qui sont formées par la fusion d'une partie des verres terreux qui coulent de la sole. Si les scories suffisent, on laisse le bain en repos, tant qu'on voit bouillonner leur surface, et le gaz oxide carboné se dégager sous forme de flamme violette; lorsque le bouillonnement cesse, on introduit un morceau de bois vert dans le bain, et l'on brasse le métal liquide par-dessous les scories, afin de faciliter la séparation de celles qui sont restées dans la fonte, et qui adhèrent au métal.

Aussitôt que la fonte commence à s'affiner, l'ouvrier principal introduit une petite cuiller dans le bain, pour puiser, par dessous les scories, un peu de fonte, il la coule dans une lingotière d'épreuve, et l'essaie à la forge; il continue à lever des essais, jusqu'à ce que celui qu'il tire puisse se forger: alors il examine le grain de son acier; s'il est trop doux,

(1) L'acier fondu dans les creusets doit s'affiner comme le verre; il faut savoir juger, soit par des essais sous le marteau, soit par la cassure de la fonte coulée en lingot, soit enfin par la manière d'être de la matière dans le bain, si l'affinage est arrivé au degré qu'il doit avoir: alors, on le retire et on le coule; l'acier bien affiné a une surface brillante égale et sans piqure, lorsqu'il est poli.

l'ouvrier jette dans le bain des barreaux d'acier trop cémentés, pour lui donner du carbone, sans altérer son affinage; s'il est trop dur, il y jette des rognures de fer, quelquefois même de la ferraille, pour étendre le carbone dans une plus grande masse, ou en brûler une partie; alors il retire les scories, il coule dans les moules l'acier fondu, que l'on forge ensuite pour le verser dans le commerce.

Nous ignorons si l'acier *Marschall*, qu'on livre au commerce sous la forme cylindrique, a été forgé. La trace des joints des moules, que l'on remarque sur la longueur des cylindres, nous ferait croire qu'on le vend tel qu'il sort des moules dans lesquels on l'a coulé. Au reste, cet acier, dont la cassure ressemble beaucoup à celle de l'acier poule, paraît être plus difficile à forger que celui que l'on désigne sous le nom de B. *Huntzmann*.

1125. Quelques personnes, auxquelles nous avons communiqué cet article, doutent qu'on puisse obtenir de l'acier fondu en traitant de la fonte seule dans un fourneau de réverbère à feu nu; elles croient même que la plus petite quantité de fonte rend l'acier défectueux; d'autres, au contraire, prétendent que cette opération qu'on fait subir à la fonte, n'est qu'une préparation, qu'un premier affinage, qui dispose le fer cru à produire un bon acier, mais qu'on le refond ensuite dans des creusets, pour l'avoir plus pur et plus parfait.

1126. Au reste, comme les Anglais cémentent beaucoup de fer, que l'extrémité des barres cémentées (qui est toujours plus aciérée que le reste) est coupée et vendue à un très-bas prix, que ces riblons peuvent être employés avec beaucoup de succès dans la fabrication de l'acier fondu, et que cette substance est assez abondante pour fournir aux besoins des aciéreurs, nous croyons qu'ils ne font usage de la fonte que lorsque les demandes d'acier fondu sont tellement abondantes, que les riblons ne peuvent pas suffire.

La facilité qu'on a, en Angleterre, de se procurer des riblons pour fondre de l'acier, donne aux habitants de cette île un avantage considérable sur toutes les autres nations de l'Europe, en ce que ces dernières sont obligées de cémenter, à grands frais, le fer qu'elles doivent employer,

tandis que les premiers fondent une substance qui serait, en quelque sorte, perdue; et qui, par conséquent, n'a qu'une très-faible valeur, la matière première étant à un très-bas prix : ils doivent conserver un avantage sur la valeur réelle de l'acier, et ne craindre la concurrence d'aucune autre nation.

1127. Parmi les échantillons d'acier fondu qui ont été envoyés, en 1811, à la Société d'encouragement, pour concourir au prix de 4000 fr. qu'elle avait proposé, on remarque des aciers des départements de l'Aude, qui ont été obtenus, *en fonte pâteuse*, par M. Ettler. Ces aciers ont le mérite particulier d'être parfaitement *soudables*; c'est en quoi ils ont quelque avantage sur ceux qui nous venaient autrefois d'Angleterre; mais aussi ils ne prennent pas un aussi beau poli.

Cette propriété d'être *soudable*, qu'on desire tant dans les aciers, peut s'acquérir en ajoutant du fer doux et nerveux dans le bain d'acier fondu. Ce fer lui donne du corps, et le rend plus facile à travailler. M. Fischer, de Schaffouse, avait déjà envoyé à la Société d'encouragement, en 1809, un acier qui jouissait de cette propriété. Les frères Poncet sont parvenus à en obtenir un semblable, qu'ils ont envoyé à la Société, cette année 1811 (1).

Depuis long-temps les arts demandent un acier fondu qui soit dur sans avoir été trempé. Cet acier serait d'une grande utilité pour la fabrication des cylindres à aplatir les fils d'or et d'argent; ils seraient encore utiles dans un grand nombre de circonstances : cet acier a été trouvé et perdu successivement (2). La plupart des cylindres qu'on em-

(1) Bulletin de la Société d'encouragement, 8^e année, n^o 63.

(2) On croit que les frères Gentils, de Lock, en Suisse, sont les premiers qui aient fabriqué, d'abord dans leur pays, et ensuite à Lyon, les cylindres d'acier fondu, durs, qui servent à aplatir ou à *écacher* les fils d'or et d'argent auxquels on donne le nom de *gavette*. Depuis, MM. Trepied, père et fils, ont continué de fournir, aux *écacheurs*, des cylindres obtenus avec un acier semblable à celui des frères Gentils; ils fabriquaient en même temps des filières pour tirer la *gavette*; enfin, MM. Gay et Badin, de Lyon, ont fondu, en acier, des *meules d'écacheurs* très-dures, sans être trempées; ils fabriquent

ployait à Lyon, pour aplatir les fils d'or, étaient fabriqués avec cette substance. Les frères Poncelet annoncent, dans leur correspondance avec l'inspecteur général Gillet-Laumont, qu'ils sont parvenus à obtenir un acier semblable. Quelques personnes croient que l'on peut durcir l'acier, en y ajoutant une petite quantité d'étain.

1128. M. Schmolder, directeur de la fabrique de Frédéric-Guillaume (Ems-Supérieur), a envoyé à la Société d'encouragement, des ciseaux d'acier fondu. Il a joint à cet envoi les détails du procédé qu'il avait suivi pour les obtenir.

Ce procédé consiste (1) à prendre,

- 288 parties de vieille fonte de fer concassée;
- 16 — de limaille de fer;
- 32 — de vieux fer forgé;
- 48 — de minéral de fer oxidé, bien calciné et concassé;
- 32 — de pierre à chaux pulvérisée;
- 2 — de cornes, ou pieds d'animaux très-divisés;
- 7 — de charbon de bois en poudre.

« Ces matières doivent être mises dans un creuset de fusion, les unes sur les autres et couvertes de débris de creusets pilés, puis placés dans un fourneau à courant d'air chauffé avec du charbon de houille. La fonte s'opère en deux heures ou deux heures et demie, alors on la brasse, et on la verse dans les moules.

également des filières de tireurs d'or. Ce même M. Badin est un des entrepreneurs de la fabrique d'acier fondu, établie à Nismes, qui a été mentionnée honorablement par la Société d'encouragement, dans son dernier rapport sur les aciers fondus.

Il serait à désirer que le procédé que l'on emploie pour obtenir de l'acier fondu, dur, sans être trempé, qui a été découvert et perdu un grand nombre de fois, à cause du peu de débit que l'on a de cet acier, il serait, dis-je, à désirer que ce procédé fût consigné dans un ouvrage où l'on pût le retrouver dans le besoin. (*Note communiquée par M. Mollard.*)

(1) Bulletin de la Société d'encouragement, 10^e année, septembre 1811, page 225.

« Les 425 parties de matières employées produisent 320 parties d'acier, qui revient à-peu-près à 13 centimes la livre. »

DE LA FABRICATION DIRECTE DE L'ACIER AVEC DES MINÉRAIS DE FER.

1129. En 1550, époque à laquelle l'illustre Agricola publia son immortel ouvrage *de Re metallica*, on obtenait de l'acier en traitant les minerais de fer dans trois espèces de fourneaux : les uns très-petits, et tout-à-fait semblables aux foyers de forges ; les seconds de 5 pieds de côté sur 3 et demi de profondeur ; les troisièmes, de forme prismatique, de 5 à 6 pieds de hauteur, que l'on chargeait, par le gueulard en montant quelques degrés ; on fondait dans ceux-ci des mines pyriteuses, on coulait le métal liquide ; on traitait ensuite le régule de fer dans un nouveau fourneau semblable aux affineries : la fonte obtenue, dans les deux premières opérations était portée directement sous le marteau.

De ces trois modes de traiter les minerais pour en obtenir du fer ou de l'acier, le plus simple était celui que l'on employait dans les deux premiers fourneaux ; mais, par ce mode de traitement, qui est le même que celui que l'on pratique encore aujourd'hui dans les Pyrénées, et dans la Dalécarlie, on obtient presque toujours de l'acier mélangé avec du fer ; cependant tout porte à croire qu'il est plus facile d'obtenir de l'acier que du fer, par ce mode de travail.

Si l'on pouvait croire que, des trois méthodes employées pour traiter les minerais de fer, du temps d'Agricola, les deux premières (qui sont les plus simples, les plus faciles, et qui s'appliquent particulièrement aux minerais métalloïdes) aient été pratiquées avant la troisième, il s'en suivrait naturellement que l'art de travailler l'acier a précédé celui de travailler le fer. Cependant, comme il est aussi difficile, dans ces deux modes de travail, d'obtenir une loupe d'acier qui ne contienne pas de fer, qu'une loupe de fer qui ne contienne pas d'acier, on peut présumer que l'art de travailler le fer, et celui de travailler l'acier, ont la même origine, et qu'ils ont été trouvés simultanément.

Ce mélange d'acier et de fer que l'on a obtenu dans les premiers temps, comme on l'obtient encore aujourd'hui dans les Pyrénées, a dû déterminer les *féronniers* à chercher des moyens propres à séparer ces deux substances l'une de l'autre, et à les obtenir isolément à l'état de pureté; comme ce problème a long-temps présenté de grandes difficultés, tout nous porte à croire que ce n'est que depuis très-peu de temps que l'on est parvenu à le bien résoudre en Europe.

1130. Quoi qu'il en soit de l'antériorité de la découverte du travail du fer sur l'acier, ou de celle de l'acier sur le fer, ce qu'il y a de positif aujourd'hui, c'est que l'on obtient directement les loupes d'acier, des minerais de fer, par deux méthodes différentes: l'une est pratiquée dans les Pyrénées, elle porte le nom de *méthode à la catalane*; l'autre est pratiquée en Styrie et en Carinthie, on peut lui donner le nom de *méthode allemande*. Nous diviserons donc, ce que nous avons à dire sur le traitement des minerais de fer pour en obtenir de l'acier, en deux sections: 1^o acier obtenu par la méthode à la catalane; 2^o acier obtenu par la méthode allemande.

De la manière d'obtenir de l'acier, avec du minerai de fer, par la méthode à la catalane.

1131. Nous avons déjà fait connaître (n^o 693 et suivants) la méthode employée dans les Pyrénées, pour obtenir du fer directement des minerais, en les traitant par la méthode à la catalane; nous avons également fait connaître la forme et les dimensions des fourneaux que l'on emploie dans cette opération; comme le travail par lequel on parvient à obtenir de l'acier par cette méthode, diffère peu de celui que l'on emploie pour obtenir du fer, et que l'on fait usage des mêmes fourneaux, des mêmes artifices et des mêmes instruments, nous croyons devoir renvoyer au travail du fer pour y étudier tous les détails principaux; et afin de ne pas nous répéter inutilement, nous nous contenterons de décrire succinctement le procédé que l'on suit. Nous ne donnerons de détails que sur les opérations qui sont essentielles à l'acier.

1132. Après avoir brasqué les creusets, arrangé le minéral près du contre-vent; après avoir rempli, avec de bon charbon, l'espace compris entre le minéral et la tuyère, on allume le feu, et l'on donne le vent.

Pendant que le minéral se désoxide, on chauffe et on forge les massets d'un précédent travail; dès que le tas de minerais est aglutiné, on l'avance vers la tuyère pour lui donner plus de chaleur; la masse s'amollit, fond et s'affaisse; on la coule dans le creuset qui est déjà rempli de scories liquides, elle y reste tout le temps qui lui est nécessaire pour s'affiner, puis on sort la loupe et on la cingle.

1133. Le travail est absolument le même, soit que l'on veuille obtenir du fer ou de l'acier. La différence, ainsi que nous l'avons déjà dit, consiste : 1° en ce que la tuyère, pour l'acier, est moins inclinée que pour le fer; 2° en ce que l'on donne moins de vent; 3° en ce que l'on emploie un charbon plus dur, (de bois de chêne, par exemple); 4° en ce que l'on avance moins promptement la masse de minerais; 5° en ce qu'on jette moins de *greillade* sur les charbons; 6° enfin, en ce qu'on laisse la fonte recouverte d'une couche de scories plus épaisse. Quoique nous ayons déjà fait connaître quelques causes de ces différences, nous allons cependant les discuter de nouveau, parce que nous ne nous sommes pas assez étendus sur les effets qu'elles produisent.

1134. On pourrait trouver assez extraordinaire que la tuyère soit peu inclinée pour obtenir de l'acier, avec les minerais de fer, tandis qu'elle est toujours plus inclinée pour obtenir de l'acier avec de la fonte. Dans ce dernier cas, on incline la tuyère pour empêcher que la fonte, placée au-dessus du charbon, ne s'oxide, avant de se liquéfier, par l'air qui lui arrive, et qui contient d'autant plus d'oxigène qu'il traverse moins de charbon pour lui parvenir. Le minéral, étant placé latéralement, se trouve dans une position différente; la basse de la masse, qui est la plus ramollie, qui doit s'écouler la première dans le creuset, et qui doit être entièrement désoxidée avant de s'affaisser, reçoit d'autant moins d'air que la tuyère est plus relevée; cette masse peut donc se carboniser plus facilement, et produire de l'acier. Cette carbonisation n'aurait pas lieu, si le vent de la tuyère arrivait jusqu'à elle; de plus,

• lorsque la tuyère est très-inclinée, le vent se porte sur la surface du minéral, en s'élevant pour sortir du creuset, tandis qu'il ne lui en arrive que très-peu, et que l'air s'élève promptement au-dessus des charbons, si la tuyère est peu ou point inclinée; enfin, lorsque tout le minéral est aglutiné ou fondu dans le creuset, le vent qui s'élève de suite, ne peut pas arriver jusqu'à la surface du bain.

En donnant moins de vent, il en résulte deux effets : 1° l'air, qui traverse les charbons, ayant moins de vélocité, peut se désoxygéner davantage avant d'arriver au minéral; 2° le minéral, étant plus long-temps exposé à l'action des charbons et de la chaleur, avant de se ramollir et de couler dans le bain, peut se désoxyder plus complètement et se carboniser ensuite; alors il ne coule et ne se réunit sous le laitier que lorsqu'il est à l'état d'acier.

1135. Plus le charbon est léger, moins il y a de matière charboneuse réelle dans l'espace compris entre la tuyère et le minéral; et l'air, qui traverse cet espace, se dépouille d'autant moins de son oxygène qu'il rencontre moins de matières charboneuses; il peut donc encore en retenir en assez grande proportion lorsqu'il parvient au minéral. Si le charbon est dense, sans être trop dur, et qu'il puisse brûler facilement; s'il existe beaucoup de carbone dans un état favorable à sa combinaison avec l'oxygène, dans l'espace compris entre la tuyère et le minéral, non-seulement une grande partie de ce fluide élastique sera consumée dans son passage, mais souvent aussi il ne parviendra au minéral que des gaz carbonisés.

1136. Si la masse de minéral était, par un feu vif, promptement ramollie et avancée aussitôt vers la tuyère, elle pourrait, en entrant en fusion, retenir encore une partie de son oxyde, qui brûlerait le peu de carbone combiné dans le minéral désoxydé, et contribuerait, par ce moyen, non-seulement à augmenter la proportion de fer dans la loupe et à diminuer celle de l'acier, mais encore à diminuer la quantité totale du métal obtenu.

La greillade jetée sur les charbons est exposée à deux actions différentes : 1° celle des charbons, qui désoxyde le fer; 2° celle du vent qui

l'oxide. Comme elle est réduite en poudre, elle passe rapidement à travers le combustible, elle se liquéfie promptement, et souvent elle tombe liquide dans le bain avant d'avoir été complètement désoxidée; en se mêlant avec le métal, elle y porte de l'oxigène, qui diminue la quantité d'acier formée; il faut donc, autant qu'il est possible, diminuer la greillade et même n'en pas ajouter lorsque l'on veut obtenir de l'acier, si ce n'est lorsque le métal est trop carburé. Dans ce cas seulement, le minéral pulvérisé devient nécessaire.

On sait, depuis long-temps, que plus la couche de scorie est épaisse, moins facilement le vent des soufflets pénètre jusqu'au métal, et plus fortement la loupe retient le carbone qui était combiné au fer.

1137. Toutes ces petites différences que les praticiens ont observées, et qu'ils emploient pour obtenir alternativement de l'acier ou du fer, sont, comme l'on voit, fondées sur les principes de l'action chimique, et sur la différence de composition entre le minéral, le fer et, l'acier.

De la manière d'obtenir de l'acier avec des minerais de fer, par la méthode allemande.

1138. La méthode allemande consiste, à fondre les minerais de fer dans des fourneaux dont la hauteur varie entre 3 et 12 pieds; de sortir ensuite, soit par le gueulard, soit par une des faces du fourneau que l'on démolit, la masse de fonte coagulée qui s'est formée au fond du creuset, puis de séparer, par une opération, par une liquation particulière, l'acier de cette masse pour le forger et l'étendre.

1139. Nous avons fait connaître (n° 568 et 569) la forme des fourneaux que l'on emploie, et (n° 729) le procédé que l'on pratique pour obtenir les masses de fer, auxquelles on a donné le nom de *stuck*; nous avons également fait connaître (n° 731) le procédé qu'on emploie pour obtenir du fer avec cette fonte. Nous allons décrire ici les procédés que l'on pratique pour en obtenir de l'acier.

Toutes les masses, ou *stuck*, obtenues des différents fourneaux, contiennent du fer et de l'acier; ici l'acier se trouve au centre des mor-

ceaux (1), tandis que dans le travail à la catalane, il se trouve à la surface. Dans quelques pays, on se contente de porter de suite la masse sous le marteau, afin de forger à-la-fois les deux espèces de fer que l'on sépare ensuite, après les avoir trempés; parce que, dans cette circonstance, ils se laissent casser avec plus de facilité; que l'on peut mieux juger, par la différence des grains que présente leur cassure, quelles sont les parties ferreuses et les parties aciéreuses, et même quel est le degré d'aciération de chaque fragment. Dans d'autres usines, on porte la masse au feu pour séparer, par une espèce de liquation, le fer de l'acier, et le forger ensuite; ce dernier procédé est le seul que nous nous proposons de décrire et d'expliquer dans cette section.

1140. On a vu précédemment (729) que, pour obtenir les stucks, en Styrie (où sont situées les usines dans lesquelles on les soumet à la liquation), on charge le charbon dans des fourneaux, dont le vide intérieur a la forme d'une pyramide tronquée posée sur sa base; que, sur ce premier combustible, on charge successivement des proportions données de minerais et de charbon; que celui-ci brûle, tandis que celui-là se désoxide, se fond, coule et se rassemble dans le creuset; que l'opération, qui dure dix-huit heures, se continue jusqu'à ce qu'il se soit fondu assez de minerais pour réunir 20 quintaux de fonte environ dans le fond du fourneau; qu'alors on ouvre une de ses faces pour en faire sortir les scories et la fonte qui se sont rassemblées dans le creuset, que le régule fondu est divisé en deux parties; l'une, liquide, que l'on fait couler et que l'on destine à la fabrication du fer; l'autre, solide, que l'on divise en deux parties avec une hache, et que l'on destine à la fabrication de l'acier.

1141. D'après la différence qui existe entre ces deux procédés; celui par lequel on obtient une loupe d'acier dans la méthode à la catalane, et celui par lequel on obtient un stuck dans la méthode allemande, il est facile d'expliquer cette différence de position et de situation du fer et de l'acier dans les deux masses de fonte.

(1) Jars et Duhamel, Voyage métallurgique, tome 1^{er}, page 13.

Comme la fonte, placée sur le fond du creuset, se carbonise plus fortement que celle qui est au centre, il n'est pas étonnant, ainsi que nous l'avons déjà observé, que le fer se trouve au centre des loupes obtenues par la méthode à la catalane; mais, dans les *stucks*, où le creuset est très-large, la fonte est constamment recouverte de charbon et de scories, la situation de l'acier est déterminée par une autre cause. La fonte blanche que produit le fer est plus fusible que la grise; lorsque celle-ci, qui produit l'acier, tombe dans le creuset, elle s'y coagule et s'y durcit, tandis que la blanche reste liquide à la même température. La fonte solide étant moins dense que la fonte liquide (1), celle-ci forme un bain sur lequel le *stuck* surnage; mais, comme la fonte liquide est moins carbonée que la fonte solide, elle décarbonise celle-ci par son contact, par-tout où elle la touche; d'où il suit que les bords et la surface des *masses* ou *stucks* doivent être moins aciérés que le centre.

1142. N'ayant pas eu l'occasion d'observer par nous-mêmes, dans le voyage que nous avons fait en Styrie et en Carinthie, le travail de l'acier avec les *stucks*, ou *masses*, nous allons copier la description que Jars nous a donnée de ce travail.

« Le fourneau sur lequel on chauffe (2) les *stucks* ou *masses*, est une
 « aire comme une forge, à environ un pied d'élévation au-dessus du sol
 « de la fonderie; le bassin du foyer est formé avec des pièces de fer,
 « placées tout autour: d'un côté est une ouverture plus basse même
 « que le sol de la fonderie; la pièce de fer, placée à cette ouverture, et
 « qui fait partie du bassin, est percée, à différentes hauteurs, de petits
 « trous d'environ un demi-pouce de diamètre (3); ils servent à faire
 « couler les scories dans le creux ci-dessus: Le bassin a 2 pieds de pro-
 « fondeur: on y met, dans le fond, de la poussière de charbon, qu'on
 « humecte beaucoup, et l'on répand par-dessus un peu de scories d'un

(1) Réaumur, Mémoire de l'Académie des Sciences, année 1726, page 176.

(2) Voyage métallurgique, tome 1^{er}, page 41.

(3) C'est ce que l'on nomme en France *le chio*. (Note de Jars.)

« précédent travail, qui ont été éteintes dans l'eau ; il y a devant ce foyer
 « une tuyère, dans laquelle répondent deux soufflets de bois simples.
 « On remplit entièrement le foyer de charbon, et l'on met par-dessus
 « la moitié d'une *masse*, de celles qui viennent d'*Eisen-Artz* ; elle peut
 « peser depuis 7 jusqu'à 8 quintaux, et plus : on la recouvre bien de
 « charbon ; on fait agir les soufflets. On ajoute du charbon lorsqu'il en
 « est besoin, en continuant de souffler jusqu'à ce que la *masse* devienne
 « d'un rouge-blanc, et s'amollisse ; pendant ce temps, il y a du fer qui se
 « détache, ainsi que les crasses, et qui tombent au fond du bassin. Quand
 « il y en a une certaine quantité, on débouche, avec une verge de fer,
 « un des petits trous de la plaque de fer dont on a parlé, et les scories
 « coulent dans le creux dans lesquels on a mis de l'eau auparavant.
 « On ne laisse pas tout écouler, parce que les scories entretiennent de
 « la chaleur dans le fourneau. Quant au fer, il se rassemble, en masse,
 « dans le fond ; on en fait usage ensuite. Lors donc que l'on voit que
 « la *masse* est assez pénétrée de feu, ou assez molle, ce que l'on recon-
 « naît avec une baguette de fer qu'on pique dedans, à travers des char-
 « bons, cela arrive, ordinairement, au bout de cinq à six heures de
 « feu, suivant la grosseur de la *masse* ; on la retire alors par le moyen
 « d'une grosse tenaille suspendue au bout d'un levier qui est fixé à
 « une potence mobile : un homme, baissant l'extrémité du grand levier,
 « lève la pièce ; on fait tourner la potence, et l'homme qui dirige ce
 « levier, conduit la pièce sur l'enclume pour la couper et la cingler. »

1143. Cette opération, ainsi qu'on peut le voir, d'après les détails que Jars nous en a donnés, n'est autre chose qu'une *liquation* que l'on fait subir à la fonte de fer. En effet, la *masse*, pouvant produire du fer et de l'acier, contient nécessairement les deux espèces de fontes d'où l'on retire ces deux substances ; savoir, la fonte blanche et la fonte grise : la première, plus fusible que la dernière, doit entrer en fusion lorsque la seconde n'est encore qu'à l'état pâteux. La fonte blanche se liquéfie donc pendant que l'on ramollit le *stuck*, et elle coule à travers la *masse* : de même que dans les pains de liquation formés de plomb et de cuivre, le plomb se fond d'abord, et coule pendant que le cuivre se ramollit

seulement : ainsi l'opération que l'on fait subir à la fonte, dans cette circonstance, pour la rendre complètement aciéreuse, est la même que celle que l'on fait subir aux pains de cuivre et de plomb, pour séparer ce dernier ; c'est donc une liquation.

1144. Toute la fonte qui se sépare dans ce travail, c'est-à-dire, celle qui se liquéfie, et qui se réunit au fond du creuset, est coulée pour être ensuite refondue et traitée séparément, pour en obtenir du fer.

DE LA COMPRESSION, DU FORGEAGE, ET DE LA SOUDURE DE L'ACIER.

1145. On a vu, par tout ce qui a précédé, qu'on obtenait, par les différentes méthodes dont on fait usage, trois sortes d'acier : 1° des loupes en affinant la fonte, et en traitant les minerais de fer ; 2° de l'acier poule en cémentant le fer avec de la poussière de charbon ; 3° de l'acier fondu en liquéfiant de l'acier boursoufflé, du fer ou de la fonte. Ces trois espèces d'acier ne sont ordinairement versées dans le commerce qu'après avoir été comprimées et forgées ; mais comme elles présentent, dans ce travail, des difficultés particulières à chaque espèce d'acier, nous diviserons l'article de la compression de l'acier en trois sections : 1° de l'acier de forge ; 2° de l'acier de cémentation ; 3° de l'acier fondu.

1146. Pour chauffer, cingler, forger et souder ces trois espèces d'aciers, on se sert de foyer, de forge, de soufflet, d'ordons à bascules, de martinets, etc. Comme les fourneaux, les artifices, les machines et les instruments dont on se sert pour comprimer l'acier sont les mêmes que ceux dont on fait usage pour cingler et comprimer le fer, nous renverrons à ce que nous avons déjà dit en traitant de la compression du fer, (n° 782 et suivants).

De la compression des loupes d'acier.

1147. Quelle que soit celle des deux substances qu'on emploie pour obtenir des loupes d'acier, (c'est-à-dire, des minerais ou de la fonte

de fer), la masse de métal qu'on en retire éprouve la même compression. Il faut la cingler, couper la pièce, et forger chaque lopin en barres de 12 à 18 lignes de côté.

On a vu, dans les détails que nous avons donnés sur le travail du fer, que les loupes, après être sorties de l'affinerie, sont frappées sur leurs bords pour réunir à la masse les parties qui s'en détachent, et qu'elles sont ensuite portées sous de gros marteaux, sous l'ordon à bascule, pour y être cinglées; lorsque les loupes sont très-fortes, on se contente de les comprimer un peu pour faire sortir une partie des scories qu'elles renferment, et donner plus d'adhésion aux parties qui les composent, puis on les coupe en un nombre de parties plus ou moins grandes, qui dépendent toujours de la masse de fer que l'on raffine, et du poids que doivent avoir les barres qu'on en retire. Ces lopins sont chauffés et cinglés en pièces; celles-ci rechauffées de nouveau, et forgées et encrénées, en maquettes et en barres.

1148. Il n'en n'est pas de la loupe d'acier comme de celle de fer, la dernière étant en quelque sorte homogène, sa composition étant la même dans toute la masse, elle peut être divisée après avoir été cinglée. La loupe d'acier, au contraire, étant composée de parties *ferreuses* et *aciéreuses* distinctes, qui occupent assez ordinairement des places connues, il est plus convenable de diviser la loupe, lorsqu'elle conserve la forme qu'elle avait dans le creuset, et que les parties de fer et d'acier qui la composent sont bien distinctes, que quand on les a réunies en cinglant la masse. Il résulte de la division de la loupe une plus grande facilité pour séparer, après le travail, les différentes espèces de fer et d'acier qui la composent, afin de pouvoir employer chacune aux usages auxquels elles sont propres.

Cette méthode de couper la loupe, de la diviser en plusieurs parties, immédiatement après l'avoir sortie du creuset, et avoir réuni avec une masse les fragments qui s'en détachent, est pratiquée avec succès dans les aciéries de la Styrie, de la Carinthie, de la Carniole, du Tyrol, etc. Lorsque les loupes sont petites, on les coupe en deux, quatre et six morceaux de 12 à 30 livres; lorsqu'elles sont plus grosses, on les coupe

en seize ou en vingt-quatre morceaux; telles sont celles des grosses masses provenant des *stuck-offen*, qu'on divise en morceaux de 25 à 40 livres.

1149. Dans d'autres usines, on suit des méthodes différentes qui dépendent en partie du mode de travail qu'on a adopté. A Rives, dans le département de l'Isère, par exemple, on retire la loupe du creuset, par partie, à mesure qu'elle se solidifie, et ces parties, qui portent le nom de *masseaux*, sont cinglées, puis étirées en les chauffant de nouveau; par ce mode de travail, les lopins de Rives donnent un acier mélangé. Dans les Pyrénées, la loupe est d'abord aplatie sous le marteau, et ensuite coupée en deux parties qu'on cingle et forge séparément. Dans le département de la Nièvre, la loupe est retirée, cinglée, puis coupée en lopins; de toutes les méthodes que nous avons indiquées, celle-ci est la plus vicieuse, en ce qu'elle mélange, dans chaque morceau, des fers et des aciers différents qui auraient pu être séparés en suivant le mode adopté en Styrie.

1150. Chaque partie de la loupe, lopins, masseaux, saumons, etc., quel que soit le nom qu'on lui donne, est chauffée et forgée séparément. Dans quelques usines, on les étire en barres crénelées de 2 à 3 pieds de long; dans d'autres, en barres de 6 à 12 pieds de long. Les barres crénelées sont chauffées et forgées de nouveau pour être étirées en barres carrées; ordinairement ces dernières sont jetées dans un courant d'eau froide en sortant de dessous le marteau, lorsqu'elles ont encore la couleur rouge-cerise, et elles s'y trempent. On les en sort après le travail, on les dresse pour les faire sécher, puis on les casse en morceaux de 6 à 18 pouces de longueur: ces fractures servent à distinguer, par le grain, la nature de l'acier, et à le distribuer selon l'usage auquel il est propre.

Comme l'acier est beaucoup plus dur à forger que le fer, et qu'il est d'autant plus dur qu'il est plus aciéreau, on sépare, dans certaines usines, le fer de l'acier, en le forgeant, et avant de l'avoir trempé. Ce mode de séparation s'exécute principalement dans celles où l'on retire les lopins du creuset à mesure qu'ils s'y forment.

1151. Il est avantageux, en chauffant les diverses divisions des loupes d'acier, de les couvrir de laitier pour empêcher le carbone qu'elles contiennent de se brûler par l'action du vent, et qu'elles ne se désacièrent dans cette opération; il est donc utile ou de former un bain de scories liquides dans le creuset, afin qu'on puisse y plonger les lopins ou les masseaux, en les chauffant, ou de jeter, sur les charbons ou sur les lopins eux-mêmes, du laitier ou de l'argile très-fusible, afin que cette terre, en se fondant, puisse tomber sur les masseaux et les recouvrir de verre terreux; c'est pour préserver les saumons de l'action du vent que, dans quelques forges de Styrie, on arrose le charbon avec de l'eau dans laquelle on a délayé de l'argile.

1152. Souvent les aciers sont versés dans le commerce après avoir été étirés en barres, trempés et cassés; ils portent alors le nom de *raück-stahl* ou acier brut; d'autres fois ces fragments sont portés aux martinets pour y subir une nouvelle opération, qui a pour but de rendre l'acier plus fin et plus homogène.

Dans quelques aciéries de Carinthie (1), les fragments des barreaux n'éprouvent qu'une opération; celle d'être chauffés et étirés en petites tringles ou en baguettes carrées qu'on trempe et blanchit ensuite, en les frottant avec des battitures d'acier, et de la poussière de charbon mouillée, mêlées ensemble; ces baguettes, qui ont la même forme que celles qu'on emploie en France sous le nom d'*acier d'Allemagne*, sont mises, dans de longues caisses, pour être transportées dans différents pays.

En Styrie, on fait éprouver à l'acier brut une opération plus compliquée qui contribue à l'affiner davantage (2): d'abord on étire les barreaux en barres méplates, de 18 à 24 lignes de largeur sur 3 à 4 d'épaisseur, on trempe ces barres, et l'on choisit, d'après les grains que présentent leurs cassures, les différentes variétés d'acier, qu'on divise

(1) Voyage métallurgique, tome 1^{er}, pages 56 et 63.

(2) *Idem*, page 44.

d'abord en *acier dur* et en *acier mou*; ce dernier approche beaucoup du fer dur.

On forme des trouses de ces différents morceaux, pour obtenir de l'acier moyen; on choisit deux grandes barres d'acier tendre, entre lesquelles on place des fragments de morceaux plus ou moins durs, on pince la trousse par une extrémité avec des tenailles, on la chauffe, on jete dessus, lorsqu'elle est rouge, des scories pauvres et très-fusibles, réduites en poudre, et que l'on a éteintes dans l'eau. Elles fondent, couvrent la surface de la trousse, pénètrent entre les fragments, et préservent, de l'action du vent, toutes les faces des barres d'acier qui forment le paquet. On porte la trousse sur l'enclume, lorsqu'elle a éprouvé une chaude suante, et on la forge en verge ou baguette carrée de 5 à 7 lig. d'épaisseur, et de plusieurs pieds de longueur; on lui donne, alors, le nom de *scharre-sthal*, acier à tranchant, ou de taillandier.

Il est inutile d'observer qu'en choisissant, pour la composition de chaque trousse, des aciers différents, on peut obtenir des aciers fins de diverses natures auxquelles on donne le nom de *müntz-sthal*, acier des monnaies. En ne composant la trousse que d'acier plus mou, on obtient un acier plus commun auquel on donne le nom de *kern-sthal*, acier de noyau (1). En plaçant dans la trousse plus d'acier mou, on en obtient un autre plus commun auquel on donne le nom de *frimen-sthal*, acier léger ou acier mou. On peut en former de plus commun, en forgeant de fer dur avec du mauvais acier mou.

Si l'on veut obtenir de l'acier plus raffiné encore, on étire de nouveau les barres obtenues des premières trouses, et on les aplatit pour en former de nouvelles, que l'on chauffe et qu'on forge de la même manière que les premières; souvent on se contente de plier la barre, de souder et d'étirer les deux parties réunies ensemble, ce qui est moins avantageux. Ces sortes d'aciers forgés, soudés et étirés plusieurs fois, portent le nom d'acier fin à une marque, à deux marques, et quelque-

(1) Beurard traduit *kern-sthal* par acier le plus parfait.

fois à un plus grand nombre de marques, selon le nombre de fois qu'elles ont été aplaties, soudées, forgées, et étirées.

1153. En chauffant ces trousse, il est une précaution essentielle, dont nous avons déjà parlé, qu'on doit prendre scrupuleusement; c'est d'empêcher qu'il ne se rencontre de l'oxide de fer sur les faces des lames qu'on soude. Cet oxide peut avoir existé préalablement sur les lames, lorsqu'on les a arrangées; il peut aussi s'être formé, par l'action du vent, sur les barres, pendant qu'on a chauffé la trousse. Il faut donc, en chauffant, détruire l'oxidule préexistant à la chauffe, et empêcher, en même temps, qu'il ne s'en forme de nouveau; parce que l'oxidule, qui reste sur les plaques pendant qu'on les forge, les empêche de se réunir complètement, et il reste alors, entre elles, des espaces vides auxquels on donne le nom de *paille*, de *moine*, ou de *loup*, selon leur forme ou leur dimension: ces espaces vides entre deux lames sont autant de vices différents qui font rejeter l'acier qui, d'ailleurs, peut être très-bon. Quant à la surface, il faut la préserver de l'action du vent qui donne de l'activité à la combustion, parce que, s'il parvenait à la trousse, il oxiderait et brûlerait le fer qui y serait exposé, il brûlerait aussi une partie du carbone, et diminuerait son degré d'aciération.

Il suffit, pour éviter les *pailles*, les *moines*, les *loups*, etc, et pour bien faire souder les barres aplaties, d'acier étiré, de les envelopper d'un verre terreux qui puisse dissoudre tout l'oxide et l'oxidule existant, et qui puisse préserver les faces de la trousse de l'action du vent qui pourrait les brûler; c'est pour cet effet qu'on jete, sur la trousse, des scories pauvres et très-fusibles, qui ont d'abord été pulvérisées, ou du sable, de l'argile, et en général des terres fusibles; dans quelques circonstances, on enveloppe la trousse d'argile détremée, qui fond aussitôt qu'elle parvient à la température qui lui est nécessaire.

Indépendamment des verres terreux qui enveloppent la trousse, il est encore avantageux de construire le feu, de manière que le fer, en chauffant, soit préservé, par le combustible, du vent des soufflets. On y parvient en disposant le combustible en voûte, et en creusant, dans le milieu de sa masse, un vide en forme de four, autour duquel l'air

circule sans pénétrer dans l'intérieur. De tous les combustibles, la houille grasse est celui qui se prête le mieux à cet arrangement; c'est aussi celui que l'on doit préférer lorsqu'on en a à sa disposition. Dans les pays où l'on ne chauffe qu'avec du charbon de bois, il est bon de l'arroser avec de l'eau, dans laquelle on a fait détremper de l'argile fusible, qui contribue aussi, de son côté, à préserver la trousse de l'action du vent.

Ce nouveau travail qu'on fait subir à l'acier, cette nouvelle opération qu'il éprouve, l'affine réellement, lui donne un degré d'aciération plus uniforme, le rend plus propre aux divers objets auxquels on le destine.

1154. Chaque travail exige un acier particulier; il faut un acier uniforme pour les objets qui doivent être polis; il faut, pour les limes, un acier dur, sans être trop cassant; il faut un acier moyen pour la coutellerie, et une étoffe, ou un acier *ferreux*, pour les ressorts; et ces aciers, quelle que soit leur nature et leur qualité, peuvent être obtenus par ce nouvel affinage. Si l'on veut un acier dur qui ait du corps, on choisit, pour former la trousse, tout acier très-dur; si l'on veut un acier mou et élastique, enfin une étoffe, on mélange des aciers mous et durs dans la trousse, quelquefois même on y fait entrer du fer.

L'acier brut, que les aciéries de France et plusieurs usines d'Allemagne livrent dans le commerce, ne le cède souvent en rien aux aciers bruts que l'on obtient en Styrie, en Carinthie, et dans les aciéries qui jouissent de la plus haute réputation; mais, par cela seul, qu'elles livrent leur acier brut sans choix, et tel qu'elles l'obtiennent, elles ont un désavantage sur celles qui trient leurs barreaux pour en former deux qualités d'acier, l'une dure et l'autre molle. Ces aciéries ont encore quelques désavantages sur celles qui les divisent en un plus grand nombre de qualités, parce que les différences qu'elles présentent favorisent le choix que l'on peut en faire pour les travaux divers auxquels chaque acier est appliqué: les ouvriers sont sûrs, en choisissant entre eux, de trouver ceux qui leur conviennent; et, lorsqu'ils ont fait leur choix, ils sont, en quelque sorte, assurés d'avoir un acier constant, tandis que, dans les paquets où les aciers sont mélangés, ils y trouvent tant de variations, qu'ils sont obligés d'en rejeter beaucoup comme inutiles, et ne

pouvant pas servir à leurs travaux. S'ils veulent les employer tous, ils perdent souvent un temps précieux, en travaillant des aciers qui sont d'une qualité très-médiocre pour eux, tandis qu'ils auraient été trouvés excellents, en les employant à des ouvrages convenables.

Si donc on avait soin, dans les aciéries de France, un peu considérables (comme celles de l'Isère, du Nivernais, des Pyrénées, etc.), de trier les différents aciers pour les livrer ensuite dans le commerce avec l'indication de leur qualité, ou si une compagnie s'établissait au milieu d'une réunion d'aciéries, pour acheter les aciers bruts, les trier, les re-forgier ou les affiner à une ou plusieurs marques, comme on le pratique en Styrie, elle procurerait deux avantages réels : le premier, de donner une grande réputation aux aciers du pays où elle existerait ; le second, de procurer aux ouvriers qui emploieraient leurs aciers, une grande économie de temps et de combustible, en leur fournissant, de suite, les seuls bons aciers qui sont applicables à leurs travaux.

1155. Tout fait croire que c'est principalement à la première division de la loupe en aciers durs et mous, aux choix que l'on fait ensuite des aciers bruts dans les aciéries de Styrie, que celles-ci doivent cette grande réputation qu'on a attribué, jusqu'à ce jour, les uns à la nature du minéral qu'elles emploient ; les autres, aux procédés qu'elles suivent. Nos aciéries de Rives et des Pyrénées emploient la même espèce de minéral que celles de Styrie, et cependant leurs aciers n'ont pas la même réputation. S'il ne s'agissait que de faire usage du même procédé, rien ne serait plus facile, il est parfaitement connu aujourd'hui par les détails que nous en ont donnés les savants et les artistes que le Gouvernement a envoyés dans ces contrées. Si l'on craignait que ces connaissances répandues ne fussent pas suffisantes ; ces pays étant aujourd'hui sous la protection de la France, on pourrait faire venir des ouvriers, et rien n'empêcherait alors qu'on n'exécutât le même procédé, en employant le même minéral ; mais cette tentative a déjà été faite sans succès. On a fait venir, à grands frais, de Styrie, dans diverses aciéries de France, plusieurs ouvriers, parmi lesquels il y en avait de très-intelligents : ils ont travaillé à la manière de leur pays, et l'acier brut n'en a pas acquis

une meilleure qualité. Si l'on craignait que ce résultat ne tint à quelques causes imprévues; on pourrait encore s'assurer qu'il n'en dépend pas, en faisant venir en France l'acier brut et mélangé, tel qu'il provient de l'étirage des loupes d'aciers, affinées et travaillées en Styrie, et l'on y trouvera constamment des aciers de même nature, de même espèce, et aussi mélangés et diversifiés que ceux qu'on obtiendrait d'une même quantité de loupe, soit dans l'Isère, soit dans la Nièvre, soit enfin dans l'une quelconque de nos aciéries de France, où l'on fabrique de l'acier avec quelque succès.

Nous sommes donc portés, d'après ces considérations, à faire des vœux pour que les propriétaires de quelques-unes des aciéries qui existent déjà, ou que des sociétés nouvelles se déterminent à acheter les aciers bruts qu'on obtient en France, pour les trier, les affiner, et les livrer dans le commerce avec des marques qui indiquent leur qualité: que ces marques soient toujours appliquées sur des aciers uniformes, et qui aient des degrés constants d'aciération. Un grand nombre de manufactures françaises et étrangères doivent leur succès à l'état constant de leur produit (1); et nous ne doutons pas que, dans cette circonstance, il n'influe également sur ceux des aciéries, s'il n'y influe pas davantage.

Compression de l'acier-poule.

1156. On verse rarement, dans le commerce, l'acier-poule, tel qu'il sort du fourneau de cémentation, parce qu'il est plus difficile à forger,

(1) La Hollande vénère depuis long-temps Guillaume Banck, à qui elle doit la grande supériorité que la vente de ses harengs avait acquise sur tous les marchés de l'Europe. Cette supériorité dépendait du mode d'*encaquetage*, imaginé par ce pêcheur, à qui la république a élevé une statue, et cela, parce qu'il assurait aux négociants la qualité du poisson et la bonté des matériaux employés, et que, de plus, il leur donnait les moyens d'exercer leur recours sur l'*encaqueteur* et sur l'*inspecteur*, entre les mains duquel avaient passé les caques qui se trouvaient altérées, ou qui contenaient des harengs d'une qualité inférieure.

et que cette difficulté n'augmente ni sa bonté, ni ses propriétés; cependant il n'est pas rare d'en trouver chez les marchands : les ouvriers sont sûrs, en l'achetant avec ses boursoufflures, d'avoir de l'acier cémenté et non de l'acier de forge, ce qui est cependant assez indifférent, lorsqu'ils sont tous les deux d'égale qualité; celui de forge a même une sorte de supériorité en ce qu'il soutient plus long-temps le feu sans se *pâmer*, ce qui est très-avantageux quand l'acier doit être chauffé un grand nombre de fois.

Il existe peu de différence entre le travail que subit l'acier-poule pour être amené à l'état d'acier ordinaire, et celui que subissent les fragments de barreaux d'acier de forge, lorsque la loupe a été cinglée. Les uns et les autres sont chauffés et soumis à l'action d'un martinet, pour être forgés en verges ou en tringles de diverses dimensions. Seulement, l'acier de forge, qui était d'abord carré, est aminci et allongé, tandis que l'acier-poule, qui est méplat, doit être ramené à la forme carrée, en l'allongeant; et que, souvent même, il faut augmenter son épaisseur aux dépens de sa longueur.

1157. Toutes les personnes qui emploient de l'acier savent qu'il est d'autant plus difficile à forger, qu'il est plus dur, plus aciéreau, plus carboné, et qu'il faut, selon son degré de dureté, lui donner des chaudes différentes. Le fer et l'acier mous peuvent éprouver une chaude suante pour être forgés; l'acier moyen peut être chauffé au rouge-blanc; l'acier plus dur ne doit plus être chauffé qu'au rouge-rose; enfin l'acier très-dur ne doit être chauffé qu'au rouge-cerise; et s'il était extrêmement dur, il ne devrait être chauffé qu'au rouge-brun, ou à la couleur de bronze : or, comme les aciers cémentés peuvent être amenés à divers degrés d'aciération qui dépendent toujours de la hauteur de la température qu'on leur fait supporter dans le ciment, et du temps qu'ils y restent, il est nécessaire, lorsqu'on forge ces aciers, de les essayer d'abord, afin de s'assurer de la température à laquelle ils doivent être amenés pour être bien forgés : lorsqu'ils sont trop chauffés, ils se gercent ou se brisent sous le marteau.

1158. En sortant du ciment, l'acier-poule se trouve dans un état qui exige plus de soins que l'acier ordinaire, lorsqu'on veut le forger. Il est formé de lames posées les unes sur les autres, et qui n'ont qu'une faible adhésion. Cette contexture particulière de l'acier-poule occasionne sa grande fragilité; il faut donc, pour que l'acier cimenté puisse être travaillé et forgé commodément, rapprocher les lames, en les comprimant, et changer la texture de l'acier. Lorsqu'il a subi cette première opération, il se forge avec beaucoup plus de facilité.

C'est ordinairement sous les martinets qu'on forge l'acier-poule; les martineurs parviennent toujours, avec des soins et de l'adresse, à l'étirer en barres unies et sans gerçures. Ce soin consiste : 1^o à ne lui donner que la température qu'il peut supporter; 2^o à l'exposer à l'action d'un martinet dont le poids soit d'autant plus faible et la vitesse d'autant plus grande, que l'acier est plus dur. Ces deux conditions, dans les martinets, sont nécessaires, parce que l'acier dur étant très-brisant, on doit ménager la force du choc, et qu'étant peu échauffé, on ne parvient à forger une longueur de barres un peu considérable qu'en augmentant la vitesse du mouvement.

Il faut éviter avec soin, en chauffant ces aciers (comme on l'a prescrit pour les aciers de forge), de les exposer à l'action du vent des machines soufflantes, dans la crainte de les désaciérer, de les brûler et de les pâmer. Il est bon, quand cela est possible, de couvrir la lame d'acier, en la chauffant, d'une couche de verre terreux; soit en la plongeant dans des scories liquides, soit en la passant, lorsqu'elle est rouge, à travers une masse de sable fusible, soit en arrosant les charbons avec de l'eau dans laquelle on aurait délayé de l'argile.

1159. Forger les barres d'acier-poule, les équarrir et les étirer, sont ordinairement les seules opérations qu'on leur fait subir avant de les verser dans le commerce; il est cependant des circonstances où l'on varie cette opération. En 1758, lorsque Jars et Duhamel visitèrent les aciéries anglaises, on affinait l'acier-poule, pour en obtenir de l'acier doux, ou mieux un acier fin, qu'on versait dans le commerce sous le nom d'*acier d'Allemagne*.

Comme les extrémités des barres, converties en acier (1), ont ordinairement des pailles et produisent un acier moins parfait, on les coupe : une partie est vendue pour faire de l'acier fondu ; l'autre est forgée en paquets. Pour cela, on chauffe ces riblons ; on les étire en barres méplates, dont on fait une trousse que l'on chauffe, et que l'on forge, comme nous l'avons déjà indiqué, en traitant de l'affinage de l'acier de forge. Cet acier ayant supporté trois opérations : 1^o d'être forgé en barres carrées ; 2^o d'être étiré en barres méplates ; 3^o d'être forgé en trouses à plusieurs chaudes, et ayant perdu, dans chaque opération, une partie de son carbone, est nécessairement moins dur qu'il n'était ; c'est ce qui lui a fait donner le nom d'*acier doux*. Pour obtenir un acier analogue à l'acier d'Allemagne, avec l'acier cimenté, les Anglais réunissent huit à douze barres d'acier-poule pour en former une trousse : ces paquets sont chauffés, soudés, forgés et étirés dans les proportions demandées. On prend, en chauffant ces trouses, toutes les précautions que nous avons déjà indiquées : on jete dessus, de temps à autre, de l'argile sèche qui fond et couvre l'acier d'un verre terreux qui dissout l'oxidule qui s'est formé sur la surface des barres, et il les préserve, en même temps, de l'action du vent qui les brûlerait. En Angleterre, on ne fabrique de cet acier que par commission, soit pour le pays, soit pour l'étranger.

1160. Il doit paraître assez singulier aux habitants du continent de l'Europe, aux Français, aux Allemands, aux Suédois, d'apprendre que les Anglais sont obligés d'affiner leur acier-poule pour le livrer au commerce, et pour le vendre concurremment avec l'acier de forge qu'on obtient en Allemagne. Les opérations que ces insulaires sont obligés de faire subir à leur acier de cémentation paraîtrait devoir faire assigner à l'acier de forge, à l'acier d'Allemagne, une sorte de supériorité sur ce dernier. L'acier d'Allemagne, que les Anglais veulent imiter, est cette variété d'acier qu'on affine en forgeant, en trousse, les barres

(1) Voyage métallurgique, tome 1^{er}, page 225.

d'acier brut; et il est reconnu que cette espèce d'acier, lorsqu'il a été traité avec soin, est beaucoup supérieur à l'acier cimenté, forgé et étiré une seule fois. L'avantage que l'acier de forge à une seule marque, a sur l'acier cimenté, ainsi que la moindre dépense qu'il occasionne, doit contribuer à faire établir, dans les pays où il existe beaucoup d'aciéries, des compagnies dont la seule industrie serait d'acheter, trier et affiner les aciers bruts de forges, pour les verser ensuite dans le commerce avec les nouvelles propriétés que leur donneraient les opérations qu'on leur ferait subir en les forgeant en trousse.

1161. Certains forgerons d'Angleterre obtiennent un acier superfin, en lui faisant subir deux opérations : 1^o ils réduisent l'acier-poule en acier dit d'Allemagne, par l'opération que nous avons indiquée; 2^o ils cimentent de nouveau cet acier, et ils le forgent en trousse, comme pour obtenir de l'acier dit d'Allemagne; mais, dans ces deux opérations, on chauffe l'acier-poule avec du charbon de bois. On parvient encore, par une suite de cémentations et de forgeages, à obtenir un acier plus fin, et assez semblable à l'acier fondu.

De la Compression de l'acier fondu.

1162. Jusqu'à présent l'acier fondu est celui qu'on a forgé avec le plus de difficulté. Les loupes d'acier brut, dites acier naturel, ne se forgent plus difficilement que celles de fer, qu'à cause du carbone interposé entre leurs particules; l'acier-poule se forge moins facilement que le fer en barres, parce qu'il est composé de lames adhérentes. L'acier fondu contient, comme les deux espèces d'aciers, du carbone interposé, et il est, comme l'acier-poule, composé de particules peu adhérentes; mais l'acier-poule a été forgé avant d'être cimenté; ses particules ont déjà été rapprochées, et ont contracté une forte adhésion. Dans l'acier fondu, l'adhésion des particules est celle qu'elles acquièrent seulement par la fusion, qui est ordinairement beaucoup moins considérable que lorsqu'elles ont été comprimées; d'où il suit qu'elles doivent adhérer bien plus faiblement que celles de l'acier-

poule (1), et par conséquent présenter, lorsqu'on les forge, beaucoup plus de difficulté à rapprocher et à réunir les particules.

1163. On sait que les loupes d'aciers sont composées de scories, de fonte de fer, et de fonte d'acier dans diverses proportions. Après avoir été liquéfiée et affinée, la fonte se durcit dans le creuset; ses molécules se rapprochent, leurs actions attractives augmentent, ainsi que leurs adhésions; enfin elles se solidifient à une haute température, en commençant par les particules qui contiennent le plus de carbone (2). Comme le passage de l'état liquide à l'état solide se fait à une haute température; que les molécules ne sont pas contrariées dans leur arrangement par un refroidissement trop brusque, elles contractent une forte adhésion. La loupe, en sortant du creuset, laisse suinter et couler tout ce qui est liquide. Elle est portée en masse pâteuse sous le marteau, et celui-ci, par son choc faible et lent d'abord, rapproche plus intimement les diverses parties qu'avait déjà réunies l'attraction. Il augmente leur adhésion en les rapprochant. Les espaces caverneux qui séparaient les parties solides, sont diminués; les faces des particules séparées par ces espaces, ayant la température propre à se souder, se réunissent, et la masse acquiert ainsi de la solidité.

Comme les loupes ont un gros volume, elles conservent long-temps leur chaleur, et toutes leurs particules sont réunies, elles adhèrent d'autant plus fortement, que la température qui favorise cette adhésion est plus élevée.

L'acier fondu diffère de la loupe d'acier, en ce qu'il contient moins de laitier, et que sa composition est plus homogène. Il est coulé dans

(1) MM. More et Pearson annoncent, dans le douzième volume de la Bibliothèque Britannique, page 208, que la densité du fer varie entre 7450 et 7787; que celle de l'acier-poule, n° 7, était 7313; celle du même acier forgé, 7735; de l'acier Wootz fondu, 7200, et forgé, 7647; enfin, de l'acier Huntzmann, forgé, entre 7800 et 7900. Il suit de là que l'acier-poule est plus dense que l'acier fondu; que ses molécules sont plus rapprochées, et qu'il doit être plus facile à forger.

(2) On a vu, (n° 588), que la fonte blanche se fondait plutôt que la fonte grise.

un moule en barres, en cylindre, en prisme, ou en saumon de peu d'épaisseur, pour être forgé ensuite.

1164. Nous n'examinerons pas ici, avec beaucoup de détails, l'avantage que les différents degrés d'aciération procurent à la loupe d'acier pour faciliter son cinglage, parce que la circonstance dans laquelle se trouve l'acier fondu est telle, que cette différence ne lui serait d'aucune utilité.

Dans la loupe d'acier, les différents degrés d'aciération de la matière qui la compose, oblige l'affineur à la tenir beaucoup plus long-temps au feu, et à laisser à l'acier dur, et qui est le plus difficile à forger, tout le temps qui lui est nécessaire pour que ses molécules réunies obtiennent une grande adhésion, lorsqu'il la porte sous le marteau, afin qu'il puisse la forger facilement.

En effet, lorsque toute la fonte est en bain, celle qui se solidifie la première est la fonte d'acier dur, ensuite celle qui l'est moins, et cela successivement.

Il résulte de là, que ce n'est qu'au moment où l'acier mou, celui qui ne présente aucune difficulté à forger, s'est solidifié, que l'on sort la loupe du foyer; mais, à cette époque, les autres fontes étant solidifiées depuis long-temps, leurs molécules, exposées à une haute température, ont pu prendre la disposition la plus favorable à leur plus forte adhésion, afin de pouvoir supporter le choc du marteau qui les rapproche sans les désunir; et, comme le temps, entre le durcissement de la fonte et sa sortie hors du creuset, a été, en quelque sorte, proportionnel aux divers degrés d'aciération, à la difficulté qu'il présente à forger, il s'ensuit que toutes les espèces d'acier qui composent la loupe sont arrivées à l'état où l'on peut commodément les marteler.

1165. Ces différents degrés d'aciération, si précieux à la loupe pour la cingler, sont des défauts réels pour l'acier qui en est formé, en ce qu'il est extrêmement difficile, sans un affinage particulier, d'obtenir un acier uniforme, tandis qu'on peut se le procurer en une seule opération dans l'acier fondu.

L'obligation où l'on est de couler l'acier fondu dans des moules,

dans des lingotières, lorsqu'il est encore liquide, afin qu'il soit homogène, et qu'il ne se sépare pas en acier qui a différents degrés de dureté, est la cause principale de la difficulté qu'on éprouve à le forger. L'acier, ainsi coulé, se refroidit promptement. Sa surface est déjà figée, que son intérieur est encore liquide. Les molécules sont donc obligées, pendant le temps très-court dans lequel la solidification doit se faire, de s'arranger tumultueusement; elles ne peuvent pas prendre les dispositions qui favorisent leur adhésion, elles s'unissent par les faces qui se rencontrent, et elles adhèrent faiblement. Cet état les rend d'autant plus difficiles à forger, que les parties sont plus écartées: c'est dans cette disposition peu favorable qu'il faut les comprimer, les rapprocher, les forger, pour les rendre propres aux divers usages auxquels on les destine.

1166. Il serait possible que des métallurgistes voulussent déduire de la différence d'adhésion naturelle des molécules, cette plus grande facilité que les aciers fondus et cémentés ont à se désaciérer, à se *pâmer*, que n'a l'acier de forge, dit *acier naturel*; car, dans ce dernier, le carbone étant plus intimement retenu entre les molécules qui sont plus rapprochées, doit se dégager et se mouvoir, avec moins de facilité, vers les faces qui sont exposées à l'action de l'air; l'acier peut donc supporter le feu un plus grand nombre de fois. Mais l'observation journalière prouve que la nature des fers a elle-même une grande influence sur la faculté que les différents aciers ont à conserver leur état et leur propriété. Il faut donc, avant de hasarder quelque explication, attendre que nous soyons plus instruits.

1167. Dans les aciéries, où l'on fond beaucoup d'acier, on le forge sous des petits martinets qui se meuvent avec une très-grande vitesse. La chaleur qu'on lui donne varie entre celle qui est nécessaire pour le porter à la couleur de bronze et le rouge-cerise un peu éclatant; elle dépend toujours du degré de carbonisation de l'acier. Il faut chauffer et forger avec précaution, sur-tout en commençant: on peut prendre moins de précautions quand le métal a déjà été forgé. Plus l'acier a été étiré, plus il devient doux et facile à travailler.

M. Perret annonce qu'il faut chauffer l'acier fondu ordinaire au-dessous du blanc (1), et l'espèce d'acier, qu'il appelle *acier de Damas naturel* (2), et qui paraît être l'acier des Indes, connu sous le nom de *wotz*, au rouge-cerise. Tout fait croire que l'acier fondu, dont parle M. Perret, est celui qui a déjà été forgé; car, lorsqu'il sort de la lingotière, il est difficile de l'amener au rouge-rose sans le briser en le forgeant. Quant au *wotz*, il paraît, d'après les expériences de MM. More et Pearson (3), qu'il ne peut être forgé qu'au rouge-pâle; ce qui le rapproche de l'acier de Damas.

1168. On coule habituellement l'acier fondu, en Angleterre, dans des lingotières dont le vide est octogonal; le prisme solide que l'on obtient ainsi, lorsque l'acier est refroidi, est plus commode à forger que s'il avait une toute autre forme. Les marteaux avec lesquels on forge ces lingots, ainsi que les enclumes sur lesquelles on les pose, sont creusés de manière à laisser un vide dont la forme soit semblable à celle du prisme. L'acier chauffé et placé dans ce vide est saisi dans tout son contour; il est enveloppé à chaque choc du marteau, de manière à lui laisser la facilité de s'allonger, sans qu'il puisse s'élargir partiellement, et se crever.

Une seconde précaution, nécessaire en forgeant ces lingots, c'est d'employer des marteaux dont les panes aient des dimensions différentes, afin d'exposer, à leur action, des longueurs de prismes d'autant plus grands que l'acier est plus difficile à forger. En employant concurremment ces deux moyens, le creusement des panes et leurs diverses longueurs, on parvient à forger, avec assez de facilité, des aciers fondus qui présenteraient de très-grandes difficultés, si l'on faisait usage des moyens ordinaires.

1169. L'acier de forge se soude assez facilement, soit avec de l'acier,

(1) Mémoire sur l'Acier couronné par la Société de Genève, page 67.

(2) *Idem*, page 65.

(3) Bibliothèque Britannique, tome 12, page 210.

soit avec du fer; ce qui permet d'en former des étoffes qui sont propres à divers travaux. L'acier cémenté se soude aussi assez bien avec du fer, pourvu toutefois qu'il ne soit pas trop dur; car ces sortes d'aciers, qui ne peuvent être forgés qu'à une basse température (celle du rouge-gerise), ne pouvant pas être travaillés à la température à laquelle on amène les barres pour les souder (c'est-à-dire au rouge-blanc), exigent, lorsque l'acier est trop dur, un expédient dont nous parlerons dans la suite.

- De tous les aciers, celui qui est le plus difficile à souder, c'est l'acier fondu (1), et cela parce qu'il ne peut pas être forgé au rouge-blanc, couleur obtenue par la température, qui est nécessaire, pour souder le fer ou l'acier.

1170. Nous avons vu précédemment que, pour souder deux métaux, il fallait, ou qu'il n'existât aucune couche d'oxide entre les deux surfaces, ou que les métaux fussent amenés à une température telle qu'elle pût dissoudre l'oxide interposé, et faciliter aussi la soudure de toutes les parties; comme il est extrêmement difficile d'empêcher que le fer ne s'oxide en s'échauffant, et conséquemment de conserver les surfaces exemptes d'oxidule; on est obligé, lorsqu'on veut les souder, d'amener le métal à la température qui le rend propre à dissoudre l'oxidule; et l'on a trouvé, par l'expérience, que cette température est celle qui amène le fer au rouge-blanc.

Ainsi, quelle que soit la nature des substances *ferreuses* que l'on veut souder, il faut d'abord les amener au rouge-blanc, puis les forger à la température qu'elles peuvent supporter sans se briser.

Les ouvriers habiles emploient différents moyens pour résoudre ce

(1) Quoique l'on puisse regarder la généralité des aciers fondus comme présentant de grandes difficultés à être soudés, et souvent même une sorte d'impossibilité à l'être sur eux-mêmes, cette difficulté ne doit pas être regardée comme générale; car on a découvert, au commencement de ce siècle, des aciers fondus qui ont la propriété d'être soudables, ainsi que nous l'avons indiqué (n° 1127). L'on ne doit donc appliquer les détails qui suivent, qu'au travail des aciers anglais, et à celui des aciers fondus ordinaires.

problème. Parmi tous ceux que l'on pratique, nous allons indiquer celui qui nous a paru produire constamment le plus heureux succès.

1171. Quel que soit celui des aciers qu'on veut souder, soit avec du fer, soit avec un autre acier; il faut, lorsqu'il ne peut être forgé au rouge-blanc, le placer sur la substance avec laquelle il doit être soudé, et l'y maintenir, soit avec du gros fil de fer, soit avec des lames de fer ou avec des tenailles. Il faut ensuite le couvrir avec de l'argile fusible et délayée. Les deux substances à souder, ainsi placées au feu, peuvent y être portées au rouge-blanc, sans craindre l'action de l'air. L'argile en entier, ou une portion de cette terre, se fond; le verre terreux s'infiltré entre les substances, dissout l'oxide qui s'y trouve; et les faces en présence, étant nettes et bien décapées, peuvent facilement se souder. On peut aussitôt porter la masse sur l'enclume, la frapper à petits coups, principalement du côté du fer ou de l'acier le moins dur, afin de chasser le peu de laitier infiltré entre les deux surfaces (et cela pendant qu'il est encore liquide), et rapprocher peu-à-peu les molécules des différents fers, de manière à pouvoir les marteler complètement, lorsque l'acier le plus dur est arrivé à la température où il peut se forger.

Pendant la chauffe, la face de l'acier en contact avec le fer, lui cède une portion de son carbone, de manière que le premier se désacière, pendant que le second se cimente. Cette double opération facilite encore la soudure de l'acier au fer.

Il est inutile d'observer que, si, pendant la chauffe de l'acier, une portion de l'argile se détachait, il faudrait recouvrir promptement la place avec du sable, ou des terres fusibles; et que si toute l'argile était emportée, il faudrait retirer l'acier, le laisser refroidir, pour le couvrir de nouveau avec des terres.

1172. Quelques forgerons, et en particulier Perret, étirent leur acier fondu à la température qu'il peut supporter, puis le placent entre deux bandes minces de fer ou d'acier pour les y souder; et pouvoir ensuite le forger à une plus haute température. Dans cette circonstance, il faut, lorsqu'on en a le choix, préférer de souder l'acier fondu à deux pla-

ques d'acier mou, parce qu'il s'y soude mieux qu'au fer; mais il faut aussi, dans cette opération, environner la trousse, d'argile, pour la chauffer et la souder.

1173. Réaumur s'est assuré que des aciers intraitables, exposés (1) à l'action du feu, dans un creuset fermé hermétiquement, se laissaient ensuite travailler aisément, et qu'on n'apercevait sur leur surface, après les avoir forgés, aucune fente ni gerçure. Il s'est encore assuré qu'en cémentant les aciers avec de la craie, ou de la poudre d'os mêlée à un quart de leur volume de charbon, ils devenaient doux, traitables, et pouvaient se souder facilement.

En cémentant le fer pour en former de l'acier, le carbone se répand inégalement dans l'intérieur du métal; la surface, en contact avec le combustible, est la partie qui en contient le plus. Sa proportion va ensuite en diminuant successivement jusqu'au centre. Cet ordre de concentration du carbone est celui qui est le moins favorable pour le forger et le souder; car la température propre à forger l'acier, est, comme on l'a vu, inverse des proportions de carbone qu'il contient; et, dans l'acier cémenté, c'est à la surface, où le marteau agit avec le plus de force, que la quantité de carbone est la plus grande, et que la température est aussi la plus élevée.

Puisque la température la plus élevée, en chauffant l'acier, est à la surface, et qu'elle va en diminuant successivement jusqu'au centre; que de plus, la plus forte action du choc du marteau est également à la surface, et qu'elle diminue graduellement jusqu'au centre, il faut, pour bien forger l'acier, distribuer le carbone dans un ordre inverse, c'est-à-dire, qu'il soit en petite proportion à la surface, et que la quantité augmente graduellement jusqu'au centre.

Cette distribution favorable au travail de l'acier, Réaumur l'obtenait en chauffant ce métal dans des creusets fermés hermétiquement, et mieux encore, en le cémentant avec de la craie ou de la poudre d'os

(1) Art de convertir le fer en acier, 7^e mémoire, page 223.

calcinée, mêlée avec de la poussière de charbon. Dans cette dernière circonstance, lorsque l'acier a été tenu un peu de temps dans ce nouveau ciment, on remarque qu'une lame de fer, extrêmement mince, s'est formée à la surface du barreau (1), et l'on voit cette lame augmenter d'épaisseur, lorsque le barreau est exposé dans le ciment à une haute température pendant un temps plus long; ce qui se passe dans cette circonstance, pour l'acier, est absolument semblable aux effets qui ont lieu dans la fonte, et que nous avons décrits (586), en parlant de l'Art d'adoucir le fer fondu (2).

On reconnaît que l'acier est assez adouci par la formation de la lame de fer à sa surface; aussitôt qu'on la distingue, quelle que mince qu'elle soit, on peut être assuré que l'acier sera forgé facilement. La durée de cette opération, que l'on pourrait nommer *cémentation rétrograde*, est ordinairement le quart du temps qu'on emploie à cémenter le fer dans les mêmes fourneaux et à la même température. Son premier effet est d'égaliser la répartition du carbone dans l'acier, et le second, de désaciérer la surface, et d'établir une répartition du carbone, inverse de celle qui a lieu dans la cémentation.

1174. M. Muscheta a annoncé, dans l'exposé qu'il a donné de sa nouvelle méthode pour obtenir de l'acier, et pour laquelle il a obtenu une patente en Angleterre, que si l'on introduit (3), dans les fourneaux ordinaires de cémentation, les diverses qualités d'aciers obtenus par ses procédés, après les avoir mis en contact avec des matières charbonneuses, ou avec des terres, et qu'on les chauffe, pendant cinq jours, plus ou moins, selon l'épaisseur du métal; ces mêmes matières, introduites en lingots en barre, ou sous telle autre forme, auront, à la sortie du fourneau, toute la solidité qu'elles avaient auparavant, comme acier fondu, et

(1) Art de convertir le fer en acier, 7^e mémoire, page 228.

(2) Quelques forgerons d'acier l'adouciennent en le chauffant dans des creusets remplis de limaille de fer, et le rendent ainsi propre à être forgé.

(3) Bibliothèque Britannique, tome 18, page 382.

elles auront acquis, de plus, la propriété de se souder, propriété particulière à l'acier boursoufflé, ou préparé, comme on le dit, à l'allemande.

Il est facile de voir que ce perfectionnement, que propose M. Muschet, dans son Exposé, n'est autre chose que le procédé pratiqué par Réaumur, et indiqué par ce savant pour traiter plus facilement l'acier-poule. Nous ignorons si M. Muschet a fait l'essai de cette cémentation rétrograde sur son acier, quoique nous n'élevions aucun doute sur ses succès; mais nous pensons que, dès que l'on voudra en faire usage, il sera inutile d'obtenir d'abord de l'acier fondu, si ce n'est, toutefois, lorsqu'on le fabriquera directement avec de la fonte de fer. Car tout paraît faire croire que du fer, fortement cémenté et amené à un degré de densité qui le rende intraitable, peut, après avoir éprouvé une cémentation rétrograde, avoir la même propriété que l'acier fondu qui aurait éprouvé l'opération proposée par M. Muschet; et nous ne faisons pas difficulté de croire qu'une fabrique d'acier, établie sur ces principes, ne verse, dans le commerce des aciers, qui le disputent en bonté aux aciers fondus.

DE LA TREMPE DE L'ACIER.

1175. Tremper de l'acier, c'est le faire chauffer à une température plus ou moins élevée, et le refroidir promptement; soit en le plongeant dans l'eau froide, soit en le plongeant dans une autre substance. L'acier acquiert, par cette opération, une dureté et une fragilité qu'il n'avait pas auparavant, et qui forme ses principaux caractères.

Plusieurs substances jouissent, comme l'acier, de la propriété de devenir dures et fragiles en se refroidissant promptement : le verre, par exemple, promptement refroidi, se brise; il faut, pour le conserver et diminuer un peu de sa fragilité, le faire refroidir avec une excessive lenteur, en le plaçant dans des fourneaux fortement échauffés; ce que les verriers nomment *recuire*.

1176. L'acier, en se chauffant, augmente de volume, plus même que

le fer. Réaumur s'en est assuré en chauffant également (1) un morceau de fer et un morceau d'acier de 12 pouces de longueur; le premier a augmenté de 2 lignes, et le second de 3, ou de $\frac{1}{3}$: cette expérience, répétée plusieurs fois, lui a donné le même résultat. Ces deux barreaux ayant été promptement refroidis, en les plongeant dans de l'eau très-froide, le fer est revenu à sa première longueur; l'acier est resté un peu plus long (2); il avait augmenté, par la trempe, d'une ligne sur 6 pouces: en supposant que son augmentation ordinaire ne fût que d'une ligne sur 12 pouces, les volumes seraient comme le cube de 145 est au cube de 144, ou comme 49 est à 48; ainsi le volume augmenterait de $\frac{1}{48}$. Cette augmentation se vérifie tous les jours, en comparant la densité de l'acier trempé à celle de l'acier refroidi lentement; toujours la densité du premier est moins grande que celle du second. Le fer que l'on a chauffé conserve sa même densité, soit qu'il ait été trempé, ou qu'il ne l'ait pas été.

1177. On remarque, lorsque l'on trempe l'acier, 1^o qu'il se dépouille à sa surface; 2^o qu'il acquiert de la dureté; 3^o de la fragilité; 4^o que son grain varie. L'acier se dépouille, dans l'eau, par la décomposition de ce liquide; le même phénomène n'a lieu, ni dans le mercure, ni dans un grand nombre de substances qui ne se décomposent pas. On s'assure de la dureté de l'acier en passant une lime fine sur sa surface, de sa fragilité par la facilité avec laquelle il se casse, et de la variation de son grain en observant sa cassure.

1178. Réaumur s'est assuré de la fragilité de l'acier, et de la diminution d'adhésion entre ses particules, en chauffant partiellement un fil d'acier, trempant la partie chauffée (3), et tirant ensuite le fil jusqu'à ce qu'il se casse: il a constamment observé qu'il se cassait où il avait

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 11^e mémoire, page 338.

(2) *Idem*, page 319.

(3) *Idem*, page 238.

éprouvé un plus grand refroidissement; enfin, il s'est assuré du peu d'adhésion des particules par une expérience assez remarquable.

Après avoir sur-cémenté du fer, et avoir fait forger, très-doucement, l'un de ses bouts (1), il le fit chauffer au rouge-cerise, et le plongea dans de l'eau très-froide. Plusieurs morceaux se brisèrent dans l'eau, et se séparèrent en très-petits fragments; d'autres sortirent entiers; mais en frappant dessus, le bout se brisa en grains très-durs qui formèrent en quelque sorte un gros sable d'acier.

1179. Toutes les fois que l'on trempe de l'acier, il prend du grain; mais la grosseur de ce grain, et l'augmentation de volume de l'acier, varient avec le refroidissement. Le fer n'éprouve qu'un très-léger changement. Lorsque le refroidissement est faible, le volume de l'acier est peu diminué, et le grain est très-petit. Plus le refroidissement augmente, plus le volume est grand; plus le grain devient gros, et plus il acquiert de dureté. Cependant cette grosseur a des limites qui dépendent de la nature de l'acier. Si l'on chauffe de l'acier fin à une température très-élevée, qui approche de celle où il peut se souder, il arrive quelquefois (2) que les grains n'ont pas plus de dureté dans l'endroit où l'acier a été chauffé à blanc, que dans celui où il n'a été chauffé qu'à la couleur cerise; ce qui provient, d'après Réaumur, de ce que le feu trop violent affaiblit ces sortes d'acier, qu'il peut même les détruire entièrement et les ramener à l'état de fer.

1180. De ces observations, Réaumur conclut: que la trempe réunit en grain des molécules extrêmement petits, et qu'en cela l'acier trempé a quelque ressemblance avec le grès (3) dont les grains sont très-durs; qu'il en diffère, cependant, en ce que dans le grès, les grains, ayant très-peu d'adhésion, se détachent par le frottement: de là, qu'il est impossible

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 12^e mémoire, page 245.

(2) *Idem*, 11^e mémoire, page 344.

(3) *Idem*, page 332.

de polir la roche qui en est formée, tandis que, dans l'acier, les grains ont une adhésion telle que, par l'action de la lime ou de tout autre frottement, on rompt, on brise les grains plutôt que de les désunir; que c'est à cette adhésion que tient la faculté que l'acier a de prendre un si beau poli. Il conclut encore que les grains de l'acier s'endurcissent par la trempe (1), et que, comme ils grossissent, le nombre de leur point d'attouchement diminue (2); mais il croit, en même temps, que la cohésion de leur contact est plus forte (3). Il attribue, à l'endurcissement du grain de l'acier, la dureté que cette substance prend à la trempe, et il explique la fragilité de l'acier, malgré l'augmentation de la force de cohésion du contact des particules, en observant que, en même temps que la cohésion augmente, la surface totale du contact diminue; et que, comme la ténacité doit être le produit de la cohésion par les surfaces de contact, il suffit que ces surfaces diminuent dans un plus grand rapport que celui de l'augmentation de la cohésion, pour que la fragilité soit augmentée par la trempe: il suit de là que, pendant que l'acier augmente de dureté pour résister aux frottemens (4), il perd de sa cohésion pour résister aux tranchants.

Cette explication est l'extrait de ce qu'il y a de positif dans l'opinion que cet illustre académicien français a conçue de la trempe; du reste, il attribue les effets à des soufres et à des sels qu'il suppose exister dans l'acier, et qu'il regarde comme les éléments de l'aciération. Réaumur a, dans cette seconde partie de son excellent ouvrage, payé son tribut aux lumières de son siècle. La chimie n'avait pas encore fait assez de progrès. Cependant, malgré les découvertes qui ont été faites depuis l'époque où cet homme célèbre a publié son ouvrage, l'explication de la trempe

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 11^e mémoire, page 323.

(2) *Idem*, page 327.

(3) *Idem*, page 333.

(4) *Idem*, page 93.

n'a éprouvé que de légères modifications, que l'on peut, et que l'on ne doit attribuer qu'à des analyses plus exactes de la fonte, du fer et de l'acier.

1181. On pourrait objecter, à l'opinion de Réaumur, sur l'augmentation de cohésion, des surfaces de contact des particules, son expérience dans laquelle l'acier trempé se brise dans l'eau, ou se divise par un léger choc en grains très-durs, qui forment, en quelque sorte, un gros sable d'acier. Mais dans cette expérience, qui a beaucoup de rapport avec celle des *larmes bataviques*, la désunion des grains, qui n'adhèrent que par de très-petites surfaces, est occasionnée par l'entrée subite et tumultueuse de l'eau ou de l'air, dans les espaces vides que les particules d'acier laissent entre elles; et, comme ces espaces sont d'autant plus grandes que les grains sont plus gros, le fluide, qui y pénètre avec vitesse, ébranle et désunit les particules.

1182. Essayons d'expliquer le phénomène de la trempe, d'après les connaissances que nous avons aujourd'hui de la composition de l'acier, et des phénomènes qui ont lieu pendant cette opération.

Nous avons déjà vu (n° 532) qu'en laissant refroidir lentement de la fonte de fer carbonée, le graphite se sépare peu-à-peu de sa combinaison, et que la masse refroidie est formée alors d'un mélange de particules de fer recouvertes de carbone disséminé sur leur surface; mais qu'en refroidissant subitement la fonte carbonée, chaque particule se solidifie avant qu'elle n'ait abandonné le carbone qu'elle avait dissous. Ce qui se passe dans la trempe de l'acier, est tout-à-fait semblable à l'opération qui a lieu dans la fonte carbonée.

1183. La densité de l'acier, chauffé et refroidi lentement, est, en général, plus grande que celle du fer; ce qui semble prouver que ses particules sont plus rapprochées, et qu'elles doivent avoir, en conséquence, une plus grande adhésion. Ainsi l'on peut croire que le carbone, combiné avec le fer, contribue à augmenter l'affinité de ses particules; et cette augmentation paraît, en quelque sorte, prouvée par les expériences de Mussembroeck sur la ténacité du fer et de l'acier: car

la moyenne de toutes ces expériences (1) établit le rapport de ténacité du fer à l'acier mou, et non trempé :: 715 : 1170 (2).

Il paraîtrait encore résulter des expériences de Mussembroeck, que la trempe augmente la ténacité de l'acier jusqu'à un certain point, que cette ténacité croît d'abord, qu'elle arrive promptement à son maximum, et qu'elle diminue ensuite, en même temps que la grosseur de ses grains augmente; la ténacité moyenne (3) de l'acier mou, étant de 1170; celle de l'acier trempé, comme on trempe les couteaux, était de 1330; celle de l'acier trempé, comme on trempe les rasoirs, était de 1500; et celle de l'acier fortement trempé, était de 1120. Ce résultat ne détruit en rien celui de Réaumur : que c'est toujours où l'acier a été le plus fortement trempé qu'existe la plus faible résistance; il paraîtrait même y concourir, puisque l'acier fortement trempé est le moins tenace et qu'il l'est moins que l'acier non trempé; mais ces expériences ayant été faites sur des aciers différents, laissent nécessairement des incertitudes.

1184. En chauffant l'acier, on augmente l'affinité du fer pour le carbone, il s'en empare et le dissout. Si, dans cet état, on le laisse refroidir lentement, le carbone en plus se sépare, il remplit tout le vide que laissent entre elles les particules de fer. Le volume est le plus petit possible, et la force des adhésions, qui constitue la ténacité, est augmentée. Parce que, 1^o chaque particule retient du carbone, et que les molécules de ce nouveau composé ont acquis une plus grande affinité que celle du fer pur; 2^o le carbone abondamment remplit les petits interstices restés entre les particules, et augmente la force de leur adhésion particulière. En refroidissant rapidement l'acier, on produit également deux effets : 1^o on surprend le fer, et on le solidifie avant que le carbone qu'il a dissous ait pu se dégager; on obtient donc un nouveau composé

(1) Cours de Physique de Mussembroeck, 2^e volume, §. 1143, page 112.

(2) Nous avons vu également (n^o 72) que les fontes grises et très-carburées étaient plus résistantes que les blanches qui le sont moins.

(3) Cours de Physique de Mussembroeck, 2^e volume, §. 1144, page 113.

solide dans lequel l'adhésion des molécules est augmentée; ce qui est prouvé par la plus grande dureté des grains : 2^o la surface étant solidifiée, lorsque la masse est augmentée de volume, les molécules intérieures se réunissent tumultueusement en particules plus ou moins grosses, qui ne peuvent plus remplir l'espace, et qui laissent des interstices, des vides, d'autant plus considérables, que l'acier était plus chaud, le liquide plus froid; et que le refroidissement a été plus grand et plus prompt; alors, quoique l'adhésion des particules de ce nouveau composé soit augmentée, l'étendue des surfaces d'adhésion étant plus petite, il en résulte, comme l'a déduit Réaumur, une plus grande fragilité.

Il est inutile d'observer ici que l'augmentation de l'affinité des particules, et la variation dans la ténacité, tiennent à la proportion du carbone combiné. Le fer, qui ne contient que le carbone qui reste combiné dans ses particules, par un refroidissement lent, a une forte adhésion et une grande ténacité; mais la dureté de ses particules n'augmentant que très-peu par la trempe, il acquiert peu de dureté. Celui qui contient plus de carbone augmente de dureté jusqu'au moment où tout son carbone reste combiné; si on le chauffe à une température plus grande, cette température diminue sa ténacité en même temps qu'elle peut augmenter sa dureté. Si la proportion de carbone pénétré est trop grande, la ténacité de l'acier, refroidi lentement, en est diminuée, parce que le carbone abandonné tapisse chaque particule, et remplace leur adhésion directe par celle qu'il a pour le fer, qui est, en général, moins grande que celle des molécules de ce métal; aussi c'est toujours dans la couche de carbone que se fait la rupture, et c'est pourquoi les cassures deviennent noires. De là résulte la variation observée dans la ténacité et la dureté du fer et de l'acier refroidis lentement. La dureté de plusieurs aciers trempés, à divers degrés, dépend, toute chose égale d'ailleurs, de la quantité de carbone qui a pénétré dans le fer, et qui s'est combiné avec lui.

Nous ne répéterons pas ici ce que nous avons déjà dit sur une seconde cause de variation, celle qui provient de l'écrasement. On connaît assez que le rapprochement des particules qu'il produit doit

avoir également lieu sur l'acier, et qu'il doit augmenter et diminuer sa ténacité, selon qu'il aura été plus ou moins grand.

1185. On trempe l'acier à divers degrés de dureté relativement au besoin que l'on peut en avoir; il suffit, pour augmenter sa dureté, de le faire refroidir plus rapidement, et de le refroidir d'un plus grand nombre de degrés. On parvient à ce résultat de deux manières différentes : 1° en le chauffant à des températures plus ou moins élevées, et en le trempant dans un liquide plus ou moins froid; 2° en le chauffant à une température constante, et en le plongeant dans des milieux qui aient des rapports de conductricité différente pour la chaleur.

On peut distinguer la température que l'on donne à l'acier de deux manières différentes : d'abord par la couleur qu'on lui fait prendre au feu, ensuite par les liquides dans lesquels on le chauffe.

Les forgerons remarquent ordinairement, à la vue, six sortes de nuances de chaleur : 1° le rouge-brun; 2° le rouge-cerise; 3° le rouge-vif; 4° le rouge-rose; 5° le rouge-blanc; 6° la chaude suante. Nous ne savons pas si l'on a encore déterminé la température de ces couleurs, qui peuvent éprouver des variations en raison de la nature de l'acier; ce que nous savons, c'est que la chaleur du fer, visible au jour, et qui correspond au rouge-brun, forme le 0 du pyromètre de Wedgwood, ou le 478° de celui de Réaumur; que la température de rouge-cerise est de 36 à 45° du pyromètre de Wedgwood environ, et celle du rouge-blanc de 72 à 80° du même pyromètre; enfin, que la chaleur de la chaude suante, celle où l'on soude le fer, est entre 90 à 95° du pyromètre de Wedgwood, correspondant à 5678 et 5967° de Réaumur environ; ainsi la température à laquelle on chauffe l'acier pour le tremper, varie entre 0 et 95° du pyromètre de Wedgwood (1), et entre 500 et 6000° du thermomètre de Réaumur.

(1) Quoique nous soyons convaincus que le pyromètre de Wedgwood n'est pas un bon instrument, nous indiquons cependant ici sa graduation, parce que c'est encore le seul pyromètre passable avec lequel on ait mesuré ces températures.

1186. Newton s'est assuré, et depuis un grand nombre de physiciens ont vérifié ses assertions : 1^o que tous les solides se liquéfient à une température constante ; 2^o que tous les liquides, *soumis à une même pression*, se gazéifient à une température constante ; il était donc facile, d'après ces données, d'obtenir une température propre à chauffer l'acier avant de le tremper. Tout consistait à faire fondre un solide, ou à faire liquéfier un liquide à une pression constante de l'atmosphère, à retirer l'acier du solide aussitôt que celui-ci aurait été entièrement fondu ; quant au liquide qui se gazéifie, on pourrait y laisser l'acier, parce que, dès le moment où la gazéification commence, la température reste constante jusqu'à ce que le liquide soit entièrement gazéifié.

Il suit de plusieurs expériences, faites avec soin sur la liquéfaction des solides, que

Le mercure fond à	— 32 de Réaumur, — 8, 5 de Wedgwood.
L'étain fond à 168	— 5, 3.
Le bismuth 205	— 4, 7.
Le plomb (1) 250	— 4, ».
Le zinc 296	— 3, 1.
L'antimoine 345	— 2, 3.
Le laiton 1692	+ 21, ».
Le cuivre 2039	+ 27, ».
L'argent 2096	+ 28, ».
L'or 2327	+ 32, ».
La fonte de fer 7970	+ 130, ».
Le platine 10566	+ 174, 5 (2).

(1) Biot a trouvé que la température du plomb fondant était entre 206 et 210 degrés du thermomètre de Réaumur. Voyez Bibliothèque Britannique, tome 17, page 328.

(2) D'après Thomson, *Système de Chimie*, t. 1^{er}, page 496, la température à laquelle les différents métaux se fondent, est :

Peu d'expériences ont encore été faites sur la gazéification des liquides; on n'a obtenu, jusqu'à présent, d'une manière assez précise, que le degré de l'ébullition de l'éther, de l'alcool, de l'eau, de l'huile fixe, et du mercure; ces températures étant prises à la pression du baromètre 0^m, 76:

L'éther bout à.....36^d, 66 centimètres (1).

MÉTAUX.	Température du thermomètre centigrade.	Température du pyromètre de Wedgwood.
Arsenic.....	210.....	»
Etain.....	227.....	»
Bismuth.....	246.....	»
Plomb.....	322.....	»
Tellure.....	322.....	»
Zinc.....	360.....	»
Antimoine.....	432.....	»
Argent.....	».....	22.
Cuivre.....	».....	27.
Or.....	».....	32.
Cobalt.....	».....	130.
Fer.....	».....	158.
Manganèse.....	».....	160.
Palladium.....	».....	160.
Rhodium.....	».....	160.
Iridium.....	».....	160.
Osmium.....	».....	160.
Nickel.....	».....	160.
Platine.....	».....	170.
Chrome.....	».....	170.
Urane.....	».....	170.
Molybdène.....	».....	170.
Tungstène.....	».....	170.
Titane.....	».....	170.
Columbium.....	».....	170.
Tantalum.....	».....	170.
Cerium.....	».....	170.

(1) Système de Chimie, 3^e volume, page 367.

L'alcool à ..820 ^d de densité, bout à. 80.....	(1).
L'eau à.....	100.
L'huile fixe à.....	315..... (2).
Le mercure à.....	346..... (3).

1187. Quoique l'échauffement de l'acier, dans des solides qui se liquéfient, ou dans des liquides qui se gazéifient, procure une sorte de précision de température qu'il serait difficile d'obtenir d'une autre manière, on préfère de chauffer directement dans un foyer, et de juger, quoique très-inexactement, la température par la couleur que le métal prend en s'échauffant. Que l'on ne croie pas que ce soit dans la crainte d'altérer l'acier par la combinaison d'une partie du métal dans lequel on le chauffe, car Réaumur s'est assuré qu'en trempant de l'acier dans de l'antimoine (4), qui a beaucoup d'affinité avec le fer, ce métal ne produisait aucune altération à l'acier; ce n'est donc que la commodité que les ouvriers trouvent à chauffer leur acier dans un foyer, et à l'incommodité que présenterait la fusion d'un métal, toutes les fois que l'on voudrait chauffer de l'acier pour le tremper, que l'on doit rapporter cette préférence. Ce n'est donc aussi, que dans quelques expériences de recherche, telles que celles que Réaumur a faites, que l'on emploie la liquéfaction des métaux pour chauffer l'acier avant de le tremper; cependant, nous croyons devoir inviter les artistes qui trempent des ouvrages délicats, tels que des ressorts de montre, les coins des monnaies, à essayer l'usage des métaux fondus, pour donner à l'acier une température constante; nous espérons qu'ils en obtiendront un très-bon résultat.

Nous croyons inutile d'observer ici qu'il ne faut pas regarder le grand intervalle de température entre l'antimoine et le laiton, comme un obs-

(1) *Système de Chimie*, 3^e volume, page 330.

(2) *Idem*, 2^e volume, page 462.

(3) *Idem*, 3^e volume, page 419.

(4) *Art de convertir le fer forgé en acier*, 12^e mémoire, page 152.

tacle à l'usage des solides fondants pour chauffer l'acier, et cela parce que, pour tremper des objets délicats, il faut ordinairement les chauffer entre 0 et 21 du pyromètre de Wedgwood, ou entre le 500 et le 1200 du thermomètre de Réaumur. Nous nous contenterons d'observer que, par des mélanges différents de cuivre, d'étain, de plomb, de bismuth, d'antimoine et de zinc, on peut obtenir des compositions métalliques qui fondent à la température dont on peut avoir besoin : tout consiste donc, pour l'artiste, à chercher la composition propre à produire la température constante la plus favorable à sa trempe.

1188. C'est dans de l'eau pure que l'on plonge habituellement l'acier que l'on veut tremper ; ce liquide, que l'on trouve dans tous les pays, est suffisant pour cette opération : il ne faut donc plus que déterminer la température que l'on doit donner à l'acier, pour le tremper au degré convenable.

Une observation essentielle, lorsque l'on trempe de l'acier dans de l'eau, ou dans tout autre liquide, c'est d'avoir ce liquide à une température constante, et de tremper dans un volume assez considérable, pour que l'échauffement que le fluide acquiert ne puisse pas influencer sur la trempe. Plus le liquide est froid, plus l'acier que l'on y plonge est refroidi ; aussi remarque-t-on que l'acier, trempé dans de l'eau bouillante, est toujours beaucoup plus mou, toute chose égale d'ailleurs, que lorsqu'il a été trempé dans de l'eau à zéro, c'est-à-dire, dans de l'eau provenant de la glace qui se fond.

De même, lorsqu'on trempe une masse d'acier un peu considérable dans une très-petite partie d'eau, celle-ci s'échauffe et produit, en conséquence, un acier plus mou.

Il faut pour tremper également et uniformément, lorsque l'on a un moyen d'amener l'acier à une température constante, le plonger dans un courant d'eau, afin que celle-ci ne s'échauffe pas pendant la trempe.

Mais comme les eaux des rivières, des ruisseaux ; les eaux stagnantes des étangs, des réservoirs, sont susceptibles de varier de température, de l'été à l'hiver, il faut avoir l'attention de chauffer un peu plus fortement l'acier, l'été, et un peu moins l'hiver ; afin de corriger les varia-

tions que la différence de température de l'eau pourrait occasionner dans la trempe.

1189. Plusieurs ouvriers sont dans l'habitude de chauffer d'abord leur acier à une température plus élevée que celle à laquelle ils se proposent de le tremper, de le laisser ensuite refroidir lentement, puis de le tremper de nouveau; d'autres chauffent plus fortement, et forgent ensuite leur acier pendant qu'il se refroidit, afin de lui donner plus de corps. Réaumur s'est assuré que ces deux méthodes étaient vicieuses (1), et que les aciers n'avaient jamais un si beau grain que lorsqu'ils n'avaient été chauffés qu'au degré qui leur convenait.

1190. L'acier, chauffé à une haute température et refroidi lentement, diminue progressivement de volume, et ses molécules s'arrangent de la manière la plus convenable. Lorsque l'acier est refroidi promptement, ses particules se portent tumultueusement les unes vers les autres, et ce mouvement tumultueux occasionne un arrangement informe qui produit deux défauts : le premier d'occasionner des crevasses; le second de voiler, de courber les pièces que l'on trempe. Il est même de grosses pièces, comme les coins des monnaies, par exemple, qui s'éclatent et se brisent après la trempe; quelques-uns même éclatent seuls dans les armoires où ils ont été renfermés, et où ils ont resté plus ou moins de temps, après avoir été trempés.

On observe les crevasses, les fentes, produites dans l'acier, par le son cassé que donne toujours ce métal lorsqu'il a été trempé; mais, dans quelques circonstances, on voit, à l'œil nud, ou à l'aide de la loupe, les cassures et les fentes qui se sont formées. Le coutelier Perret rapporte, dans les notes qui sont à la suite de son mémoire, des résultats d'expériences faites sur les fentes qui se sont formées en trempant des aciers de natures différentes; il résulte de ces expériences (2), 1^o que les fentes augmentent, en volume et en nombre, chaque fois que l'on

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 12^e mémoire, page 347.

(2) Mémoire sur l'Acier, page 211.

trempe de nouveau de l'acier sans l'avoir forgé auparavant ; d'où il suit, qu'il est extrêmement désavantageux de tremper de l'acier plusieurs fois de suite ; 2^o qu'il ne se produit, dans *l'acier fondu*, que quelques cassures Q (planche 61), et que le reste de la masse est intact, tandis que, dans *l'acier de forge*, celui de Styrie, par exemple, il ne se forme que des petites fentes P (1), souvent imperceptibles à l'œil, mais que le nombre en est quelquefois si grand que les platines en sont toutes couvertes et toutes remplies.

1191. C'est à ces fentes, à ces crevasses qui se forment dans l'acier trempé, que l'on doit rapporter ces taches colorées en jaune, en orange, en rouge-sombre, en violet et en bleu que l'on aperçoit dans l'intérieur de quelques barres d'acier trempé, et auxquelles on a donné le nom de *rose*. L'eau ou l'air, s'introduisant par les gerçures, par les fentes, lorsque l'acier est encore chaud, oxident légèrement les surfaces de séparations, et les colorent de la même manière que le fer ou l'acier poli que l'on chauffe, en l'exposant au contact de l'air.

1192. Quelques ouvriers regardent la *rose* comme une qualité de l'acier. L'explication de sa formation suffit pour faire apercevoir combien peu ce jugement doit être fondé ; au reste, nous n'ajouterons, à ce que nous avons déjà dit sur l'opinion que l'on doit avoir de cette indication, que cette remarque : les savants et les artistes les plus célèbres, qui ont écrit sur l'acier, et parmi lesquels nous placerons l'académicien français Réaumur, (2) partagent cette opinion, que la *rose* ne peut servir en quoi que ce soit, pour juger de la bonté de l'acier.

1193. Actuellement que nous savons que tous les aciers se gercent ou se fendent en les trempant, il est facile d'en conclure que, toutes les fois que la surface d'une barre, d'une plaque ou d'une masse d'acier sera plus gercée d'un côté que de l'autre, ce côté prendra une forme convexe, et celui qui y est opposé, une forme concave. On voit, par-là, combien

(1) Mémoire sur l'Acier, couronné par la Société de Genève, page 211.

(2) Art de convertir le fer forgé en acier, 10^e mémoire, page 262.

il est difficile de prévenir la courbure des aciers que l'on trempe, et combien peu il est étonnant que, malgré tous les soins, toutes les précautions, toutes les tentatives faites jusqu'à présent par les ouvriers qui sont obligés de tremper des morceaux d'acier, qui doivent avoir des formes et des dimensions exactes; combien peu, disons-nous, sont parvenus, jusqu'à présent, à empêcher l'acier de se voiler. Si nous pouvions hasarder une opinion dans cette circonstance, nous dirions que, pour empêcher une pièce de se voiler, il faudrait 1° que l'acier, dont elle est formée, fût uniforme; 2° qu'elle fût chauffée également dans toutes ses parties; 3° qu'elle fût refroidie uniformément, car la plus petite variation, dans ces trois conditions, doit occasionner plus de fentes dans une partie que dans une autre; de là, des courbures ou des *voilures*, comme s'expriment les ouvriers.

1194. Plusieurs artistes ont observé que l'acier se gerce et se fend d'autant moins, à la trempe, qu'il a été forgé plus long-temps et plus complètement, et qu'il l'a été plus uniformément dans toute sa masse; il en est même, comme Poncelet, qui attribuent le brisement des coins des monnaies (n° 1190) à ce que l'acier, qui doit être en très-grosses barres pour produire ces coins, éprouve, en le forgeant à bras, une compression inégale, forte à la surface, et faible au centre. Ils proposent, en conséquence, pour fabriquer des pièces aussi fortes en acier fondu, de les couler en prismes qui aient un diamètre double de celui que la pièce doit avoir, et de le réduire à l'épaisseur convenable, en les forgeant sous de gros marteaux de forge, afin d'avoir la certitude que le centre a été fortement comprimé.

1195. Nous avons vu, jusqu'à présent, comment on pouvait avoir divers degrés de dureté, en chauffant les aciers à des températures différentes, et en les plongeant dans un liquide qui les fit passer, dans un temps très-court, à un degré constant de refroidissement.

Mais l'intervalle, entre ces deux degrés de température, n'est pas la seule condition que l'on doit remplir pour tremper de l'acier; car, quelle que soit la couleur à laquelle ce métal a été chauffé, on sait que, s'il est refroidi lentement, il n'acquiert aucune dureté, tandis qu'il de-

vient d'autant plus dur que le temps écoulé, pendant son refroidissement, a été moins long; et cette durée de refroidissement peut varier avec la propriété conductrice, et avec l'affinité et la capacité pour le calorique des corps que l'on emploie; d'où il résulte qu'un même acier, chauffé à une température constante, acquerra des degrés de dureté différents, selon la nature et la propriété, pour le calorique, des corps dans lesquels on le trempe.

Ce résultat, auquel les artistes sont arrivés par les circonstances dans lesquelles ils se sont trouvés, et ensuite par quelques tâtonnements, a donné naissance à une foule de préjugés qui ont contribué, pendant long-temps, à retarder nos connaissances sur les effets de la trempe, et à faire regarder, comme merveilleux, des effets naturels qui ne provenaient souvent que de l'intelligence, de l'adresse et de l'attention des ouvriers.

1196. Pendant long-temps on a attribué à l'effet merveilleux des eaux de quelques rivières, les excellentes armes fabriquées par des ouvriers exercés; on a fait plus, on a composé des eaux auxquelles on a attribué des propriétés qu'elles n'ont jamais eues; c'est ainsi, par exemple, que l'on a regardé, comme favorable à la trempe, les infusions des plantes fortes, comme l'ail, l'oignon, les raves; celles de quelques plantes potagères, comme les poireaux, les betteraves, enfin de toutes espèces de simples. On a aussi attribué des propriétés aux eaux dans lesquelles on avait fait cuire des bêtes dites venimeuses, telles que les crapauds, les serpents, les vipères; enfin celles dans lesquelles on avait fait dissoudre des sels, tels que le sel marin, le sel de verre, le sel ammoniac, le salpêtre, l'alun, le vitriol de fer, de cuivre, etc. : mais toutes les fois qu'on a comparé franchement, la trempe faite dans ces eaux, à celle qu'on obtenait par l'eau froide, on n'a jamais remarqué de différence sensible.

Réaumur a répété plusieurs de ces expériences; il a trempé comparativement (1) des fils d'acier dans de l'eau froide, et dans des eaux sa-

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 12^e mémoire, page 356.

turées des différents sels que nous avons indiqués ; il en a aussi trempé dans le jus de rave (1), et même dans la rave, il n'a pas trouvé de différence appréciable entre les aciers trempés dans les eaux chargées de sel, et dans l'eau froide ; il n'en a pas trouvé non plus entre l'acier trempé dans le jus de rave, et dans le vinaigre.

1197. Abandonnons donc ces recettes, ces secrets merveilleux, pour nous occuper des substances qui produisent des effets positifs et différents de ceux que l'on obtient avec l'eau : ces substances, nous les diviserons en deux classes ; les unes trempent, toutes choses égales d'ailleurs, plus dur que l'eau, et les autres plus mou.

Nous diviserons également en deux parties, les matières qui trempent plus dur que l'eau, parce qu'elles ont des actions différentes ; telles sont : les métaux et les acides.

1198. On trempe facilement l'acier en le faisant rougir, et le plongeant dans le plomb, dans l'étain, dans le bismuth, dans l'antimoine, dans le mercure ; on le tremperait également en le plongeant dans le cuivre, l'argent, l'or, etc., si ces substances n'étaient pas si dures, et si elles étaient plus fusibles ; le coutelier Perret a trempé de l'acier en le faisant refroidir entre les deux mâchoires froides d'un étau.

Les métaux solides, que l'on fond en y introduisant l'acier que l'on veut tremper, enlèvent, de deux manières différentes, le calorique qui élève leur température : 1° en employant une partie pour changer d'état ; 2° en propageant le reste dans toute la masse voisine de celle qui est en fusion. Dans le mercure qui est liquide, et dans le fer, dont les mâchoires de l'étau sont formées, le calorique se propage, se transmet de couche en couche, par son affinité pour ces substances. Quoiqu'il soit probable que l'acier se durcit plus dans le plomb (2), l'étain, le bismuth et l'antimoine, que dans l'eau, nous n'osons prononcer, parce que nous n'avons pas, jusqu'à présent, d'expérience comparative, exacte ; et que

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 12^e mémoire, page 351.

(2) Parce que ces métaux sont très-conducteurs de la chaleur.

Réaumur dit seulement que l'acier s'y trempe aussi dur, à-peu-près, qu'eût fait l'eau (1); quant au mercure, nous savons positivement qu'il trempe plus dur que l'eau (2), et nous savons, de plus, qu'il s'échauffe davantage. Ce qui tient 1° à ce qu'il est plus conducteur de la chaleur; 2° en ce que l'acier décomposant de l'eau, en se trempant dans ce liquide, une partie du calorique est employée à produire cette décomposition; quant à la trempe dans les mâchoires de l'étau, nous présumons qu'elle doit être plus molle que celle de l'eau, parce que le refroidissement est plus lent.

1199. Tous les acides trempent plus dur que l'eau, mais tous communiquent à l'acier des degrés différents de dureté. Réaumur s'est assuré que l'acide qui trempe le plus dur, est l'acide nitrique, connu sous le nom d'eau forte (3). On sait que les acides agissent sur l'acier, ainsi que l'eau, de deux manières: 1° par leur affinité pour la chaleur, c'est-à-dire, parce qu'ils en retirent la chaleur, et qu'ils la propagent, de tranche en tranche, dans la masse du liquide; 2° parce qu'ils se décomposent sur l'acier pour l'oxider; or, il paraît que c'est en raison de l'activité de cette décomposition, qu'ils contribuent à augmenter la dureté de l'acier: car, de tous les acides, celui qui agit le plus faiblement, c'est le vinaigre, et la dureté qu'il occasionne paraît, assez généralement, être semblable à celle de l'eau. Les aciers trempés dans les acides en sortent très-blancs et parfaitement décapés, parce que l'oxide de la surface est aussitôt dissous qu'il est formé.

1200. Les corps peu conducteurs de la chaleur, et qui n'agissent sur le calorique de l'acier que par leur propriété conductrice seulement, c'est-à-dire, parce qu'ils enlèvent la chaleur pour la propager de tranche en tranche, refroidissent lentement le métal, et le trempent mou; ainsi l'huile de lin, l'huile d'olive, l'essence de térébenthine le trempent mou,

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 12^e mémoire, page 351,

(2) *Idem*, page 352.

(3) *Idem*, page 357.

il en est de même du suif, de la cire, et de la résine, qui agissent cependant de deux manières différentes, et parce qu'ils se liquéfient, et parce qu'ils propagent de la chaleur. Toutes ces matières sont donc très-bonnes à employer, lorsque l'on veut tremper très-mou, après avoir élevé l'acier à une haute température; l'eau-de-vie durcit à-peu-près, comme l'eau, et beaucoup plus que l'alcool.

Quelques différences que présente la trempe opérée par le refroidissement dans les corps gras, et celle opérée par le refroidissement dans l'eau, on peut toujours parvenir, par les deux méthodes, à obtenir de l'acier d'égale dureté; il ne faut, pour cela, que chauffer davantage celui que l'on veut plonger dans les corps gras, et chauffer moins celui que l'on veut plonger dans l'eau. Cette facilité d'obtenir le même degré de dureté dans les deux fluides, devrait faire préférer de tremper, dans les corps gras, tous les aciers qui doivent conserver leur forme, parce que le refroidissement étant beaucoup plus long dans ce dernier liquide, le métal en est moins tourmenté. Il se fait moins de gerçures et de fentes, et les morceaux se voilent, se déforment moins; mais il est malheureusement impossible de tremper, dans les huiles et dans les graisses, des morceaux un peu considérables, chauffés à une très-haute température, parce que le liquide, en contact avec l'acier, s'échauffe, se volatilise et s'enflamme; il faut donc, lorsque l'on fait usage de cette sorte de trempe, la pratiquer avec beaucoup de précaution.

1201. On fait encore usage, pour tremper l'acier, du sable, de la terre, des cendres, de l'air, etc.; ces trois premières substances durcissent peu le métal, parce que le calorique n'étant enlevé que pour être transmis, de tranche en tranche, dans la masse, le refroidissement est très-lent, et l'acier conserve de la mollesse; quant à l'air, on peut modifier son action de manière à faire tremper dur ou mou, suivant le besoin.

La chaleur sort de l'acier, pour se répandre dans un air plus froid, de deux manières différentes: 1^o par la propriété qu'a le calorique de rayonner dans les fluides élastiques; 2^o parce que la surface du métal est constamment touchée par une couche d'air, qui s'échauffe et s'éloigne

pour faire place à une nouvelle couche, qui enlève également une portion de chaleur. La loi de ces deux actions est telle que, dans les cas ordinaires, le refroidissement est en progression géométrique décroissante, pour des temps en progression arithmétique. La portion du calorique enlevée par la rayonnance, est d'autant plus grande que la température de l'air est plus basse; celle qui est enlevée par le mouvement de l'air, est d'autant plus grande que la vitesse de celui-ci est plus considérable; ainsi l'on peut faire varier le refroidissement, et augmenter ou diminuer la dureté, soit en plaçant l'acier dans de l'air plus refroidi ou plus échauffé, soit en l'exposant à un courant plus fort ou plus faible.

Il est difficile d'obtenir de grandes variations dans la température de l'air, sans employer des moyens particuliers qui pourraient exiger de grandes dépenses : on se contente donc, habituellement, de faire usage de la température ordinaire de l'air, c'est-à-dire, comme elle se trouve dans le lieu où l'on veut exécuter la trempe; et cette température ne varie, de l'été à l'hiver, que de 30 à 40 degrés.

Quant à la vitesse de l'air, l'artiste peut employer une foule de moyens pour l'augmenter ou la diminuer. Le plus simple est d'agiter son acier dans l'air avec plus ou moins de vitesse; souvent la grande agitation qu'il lui donne suffit pour lui procurer la trempe molle qu'il veut obtenir.

1202. Des voyageurs ont rapporté, au coutelier Perret, des détails sur la trempe de l'acier par l'air, telle qu'on l'exécute à Damas, où les armes sont trempées avec une telle dureté qu'elles se cassent en tombant: ces détails nous ont paru assez curieux pour être rapportés ici, quoique nous ne les garantissons pas.

Auprès de Damas (1), est une manufacture d'armes blanches; sur le côté du bâtiment, situé entre deux montagnes, sont élevés deux murs d'environ 15 pieds de hauteur, et 33 de longueur, mais construits en entonnoir et en éventail, et dont la grande ouverture fait face au nord;

(1) Mémoires sur l'Acier, page 205.

l'autre extrémité de l'entonnoir est terminée par une fente, de 3 ou 4 pouces de largeur, sur 4 à 5 pieds de haut, fermée par une soupape à coulisse qu'on lève et qu'on baisse promptement par le moyen d'un levier.

On ne pratique l'opération de la trempe que par un grand vent du nord; la forge est sur le côté, et près de l'entonnoir; l'ouvrier porte la lame toute rouge, la met dans un trou sur un établi, et se retire. On lève la coulisse, l'air se précipite par l'ouverture, refroidit l'acier, et lui donne une trempe qui n'a pas besoin de recuit. Le tout se fait avec vitesse. Le trempé se retire promptement pour ne pas être suffoqué: car on a assuré, au coutelier Perret, que la rapidité du vent est si forte, qu'un homme à cheval serait renversé à 3 pieds ou à 3 pieds et demi de la fente (1).

1203. Il serait facile de parvenir, par un moyen extrêmement simple, à exécuter la trempe à l'air, de manière à donner à l'acier tous les degrés de dureté désirée; la solution de ce problème consiste à diriger, sur l'acier, des courants d'air plus ou moins forts, ou, ce qui est la même chose, à mouvoir l'acier chaud, dans l'air froid, avec une vitesse plus ou moins grande. On peut parvenir à ce dernier résultat en fixant un grand levier sur un axe de rotation, plaçant ensuite les morceaux d'acier à des distances a , b , fig. U, différentes du centre c , et cela selon le degré de dureté que l'on veut leur donner. En faisant mouvoir l'axe, et par conséquent le levier; chaque morceau d'acier parcourt, dans l'air, des cercles qui sont d'autant plus grands que les morceaux sont plus éloignés du centre; et comme les cercles sont tous parcourus dans le même temps, la vitesse des morceaux d'acier, est comme leur distance au centre de mouvement, et la loi de leur refroidissement doit être en progression géométrique, pour des distances en progression arithmétique: d'où il suit, qu'en supposant que leur dureté suivît la loi de leur refroidissement, elle augmenterait dans un rapport beaucoup plus grand que celui de leur distance au centre du mouvement.

(1) Nous croyons inutile d'observer ici qu'il doit y avoir de l'exagération dans la force du vent.

Ce moyen qui, à ce que nous croyons, n'a pas encore été exécuté, n'a été présenté ici que pour mettre les personnes, qui voudront tremper de l'acier dans l'air, à même de faire usage d'une méthode qui peut, dans plusieurs circonstances, remplacer toutes celles que l'on a employées jusqu'à présent, puisqu'elle peut donner, à volonté, les degrés que l'on obtient par chacune d'elles.

1204. En chauffant, dans la forge, l'acier que l'on veut tremper, il se produit toujours deux effets defectueux qui affectent principalement les pièces qui ont été limées et préparées avant d'être trempées : le premier est l'oxidation qui a lieu, à la surface, par l'air qui entretient la chaleur ; le second est la désaciération de la surface, par la combustion du carbone qui s'y trouve : car l'acier sort du feu avec une surface raboteuse, recouverte d'un acier plus mou. On remédie à ce double inconvénient en *tremant en paquet*.

1205. *Tremper en paquet*, c'est, ainsi que nous l'avons déjà fait connaître (n° 1021), remplir une boîte de tôle d'un ciment particulier, avec lequel on stratifie les pièces d'acier que l'on veut chauffer ; il faut, dans ce cas, avoir la précaution d'environner de ciment toutes les faces des pièces d'acier, puis de les chauffer avec cette substance. La surface des pièces se conserve sans altération, elle s'échauffe lentement et uniformément, et une partie du charbon, dont le ciment est composé, pénètre dans une petite épaisseur du métal, et augmente la dureté de la surface.

Il est indifférent de chauffer la boîte de tôle dans un foyer ordinaire, ou dans un fourneau de réverbère. Il faut seulement être attentif à la couleur que prend la boîte, et au temps qu'elle reste exposée à l'action du feu. On peut, avec un peu d'habitude, lorsque l'on a bien étudié son foyer ou son fourneau, sortir les boîtes, les ouvrir, et retirer les pièces du ciment, lorsqu'elles ont atteint la température ou la couleur qu'on veut leur donner.

Comme les pièces sont chauffées plus uniformément dans le ciment, que lorsqu'elles sont exposées nues dans le foyer, ou dans le fourneau de réverbère, elles sont, par là, moins sujettes à se gercer et à se tourmenter, lorsqu'on les trempe. Cependant, malgré cette précaution, il

est encore extrêmement difficile d'obtenir une pièce trempée sans qu'elle soit voilée.

1206. On trouve autant de composition de ciment, pour la trempe en paquet, que l'on trouvait autrefois de composition pour transformer le fer en acier; ce sont, en général, des mélanges de deux, de trois, ou d'un plus grand nombre de ces substances : poussière de charbon de bois ou de houille; suie, cheveux, crins, peau, savatte, fiente, sel marin, sel ammoniac, salpêtre, sel de verre, urine, ail, oignon, etc.; la poussière de charbon seule suffirait. Réaumur, qui a essayé un grand nombre de ces compositions (1), pense que la meilleure est de la fiente de pigeon détrempée avec de l'urine, et mêlée avec du sel ammoniac ou du sel marin. Quelque confiance que nous ayons dans les expériences de ce célèbre académicien français, nous nous garderons bien d'indiquer ce mélange, parce qu'il donne, ordinairement, *des grains durs* à l'acier. Nous croyons que l'on doit préférer la composition proposée par le coutelier Perret (2), qui consiste à mélanger des parties égales, de suie, de charbon de bois; et de peaux; mais cette composition, que nous avons essayée, donne encore un peu de grains durs à l'acier, c'est pourquoi nous invitons à ne faire usage que du charbon de bois seul.

Nous croyons inutile de répéter ici ce que nous avons déjà dit, que le fer, chauffé en paquet, dans ces ciments, devient acier à la surface, et qu'il s'y durcit.

1207. Si, après avoir trempé de l'acier, on l'expose de nouveau à l'action du feu, qu'on l'amène à la température qu'il avait, lorsqu'on l'a plongé dans l'eau, qu'ensuite on le laisse refroidir lentement, il perd toute la dureté qu'il a acquise par la trempe; si on lui donne une température moindre que celle à laquelle on l'a trempé, il ne perd qu'une partie de sa dureté; celle qui lui reste est d'autant moindre que la seconde température est plus élevée, et qu'elle approche plus de la pre-

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 12^e mémoire, page 372.

(2) Mémoire sur l'Acier, page 163.

mière. L'opération par laquelle on modifie la dureté que l'acier a acquise par la trempe, se nomme *recuit*.

Pour détruire entièrement la dureté de l'acier, il ne faut pas, dans le recuit, l'amener à la température qu'il avait avant de le plonger dans l'eau; il lui faut toujours une température moindre, laquelle doit être d'autant moindre que l'acier a été refroidi plus lentement, conséquemment qu'il est moins dur.

Il paraîtrait qu'on pourrait se dispenser de recuire l'acier, si, de suite, on lui donnait la température convenable, et qu'on le trempât dans un liquide propre à l'amener au degré de dureté que l'on veut obtenir; mais, comme il est difficile de juger les nuances de couleur qui indique les températures, on préfère, presque toujours, de prendre une nuance déterminée, quoiqu'elle fasse tremper trop fort, et cela parce que l'on peut faire rétrograder la trempe; c'est pourquoi on chauffe ordinairement, au rouge-cerise, tous les aciers que l'on doit tremper mou (1), puis on les recuit jusqu'à ce qu'ils aient atteint la dureté qui leur est propre.

1208. Ce qui détermine à tremper à une température constante, puis de *recuire*, c'est la facilité que l'on a de juger des températures des recuits, par la couleur de la légère couche d'oxide qui se forme à la surface de l'acier en le chauffant.

Nous avons déjà dit (n° 102) que l'acier blanchi, exposé à l'action de la chaleur et de l'air, s'oxidait, que cette oxide colorait la surface dans l'ordre suivant : jaune-paille, jaune, orange, rouge, violet, bleu, vert-d'eau, gris; chacune de ces couleurs étant produite par une température différente, il est facile de juger de celle à laquelle on amène l'acier par le recuit, en observant la couleur de la légère couche d'oxide formée à la surface.

(1) La couleur de la chaleur, lorsqu'elle commence à être visible au jour (n° 1185), forme le 0 de Wedgwood, et le 598 centigrades; celle du rouge-cerise, correspond au 15 de Wedgwood, et au 1680 centigrades. Enfin, le rouge-blanc, pour souder les barres, varie entre 90 et 95 de Wedgwood, et 7100 et 7460 centigrades.

Ces couleurs, dit Thomson (1), varient et se succèdent régulièrement l'une à l'autre à mesure que la température augmente. A 221° centigrades, commence la première teinte; à 232°, elle est d'un jaune très-pâle; à 237° d'un jaune-paille. La couleur devient de plus en plus foncée avec l'augmentation de la chaleur; la surface des aciers chauffés passe ensuite successivement par les nuances du jaune, du brun, du rouge-pourpre; et à 304°, la nuance est celle du bleu foncé.

1209. On recuit l'acier de deux manières différentes: 1° on trempe l'acier, on le laisse refroidir, et on l'expose à l'action du feu jusqu'à ce qu'il ait pris la température dépendante de la dureté qu'il doit avoir; 2° on trempe l'acier en partie, on le retire lorsqu'il est encore chaud, on le laisse un peu refroidir dans l'air, puis on le refroidit complètement dans l'eau.

La première méthode est la plus généralement pratiquée; elle est un peu plus longue, mais elle est aussi plus exacte: pour cela, on blanchit la surface de l'acier trempé, sur une meule ou sur un grès, avec de la pierre ponce; on pose la pièce sur un feu de charbon, et on la chauffe lentement, la face blanchit étant tournée par en haut; on observe la marche de la coloration, afin de sortir la pièce au moment où elle approche, ou lorsqu'elle a atteint la couleur qu'elle doit avoir, puis on la retire pour la laisser refroidir lentement dans l'air. Comme l'oxidation continue pendant que la pièce se refroidit, on obtient toujours, après le refroidissement, une teinte un peu plus avancée sur le gris que n'était celle que l'on avait observée en retirant la pièce.

Quelques ouvriers, qui ne blanchissent pas leur pièce après la trempe, emploient, pour juger de la température du recuit, divers moyens: les uns enduisent la surface de leur acier d'huile ou de graisse, et le retirent aussitôt que le combustible s'enflamme; d'autres posent, sur la surface de l'acier chauffé, diverses substances, telle que, du papier, de la plume, du bois, etc.; et ils jugent de leur température par l'action

(1) Système de Chimie de Thomson, 1^{er} volume, page 269.

de la chaleur du métal sur les substances ; ils le regardent comme suffisamment recuit au moment où les substances rougissent, ou bien à celui où elles s'embrâsent : ce mode est moins exact et moins précis que celui des couleurs.

1210. Pour recuire par la seconde méthode. Lorsque l'acier n'a été trempé, qu'en partie, et qu'il est encore chaud, que sa surface s'oxide à l'air, on observe la marche de la coloration qui a lieu comme dans la première méthode : on suit donc ses progrès jusqu'à ce que la couleur soit arrivée au terme que l'on juge être propre au recuit que l'on veut obtenir, puis on refroidit subitement l'acier en le plongeant dans l'eau.

Ce mode, quoique analogue, en apparence, au premier, est très-défectueux en ce que le recuit dépend autant de la température que l'acier avait, lorsqu'il a été sorti de l'eau, que de la durée de son refroidissement ; or, comme l'on n'a aucun moyen d'apprécier le premier terme, il est impossible de juger exactement du recuit que l'on a donné. Nous croyons donc que, si, par le mode de trempe que l'on pratique, on est obligé de recuire son acier pour diminuer la dureté, il faut préférer la première méthode à la seconde.

DE LA DISTINCTION DES DIFFÉRENTS ACIERS RELATIVEMENT AUX USAGES AUXQUELS ON PEUT ET L'ON DOIT LES EMPLOYER.

1211. Nous avons déjà vu qu'il existait une quantité considérable, (nous pourrions même dire une infinité) de variétés d'acier : les uns sont *homogènes*, les autres *hétérogènes* (1) ; les premiers diffèrent entre eux par leur dureté qui augmente avec la proportion de carbone qu'ils

(1) Nous entendons par acier *homogène*, celui dont la composition est la même dans toutes les parties, et par acier *hétérogène*, celui qui est composé de parties dont les degrés d'aciération sont différents.

contiennent (1); les autres par le nombre et la nature des divers aciers mélangés dans le même morceau. Cette grande variation est d'un précieux avantage dans les arts, en ce qu'elle procure la facilité de choisir, entre tous, celui qui est propre à chaque objet et à chaque travail.

1212. Il faut, pour tous les objets qui doivent supporter un beau poli, que l'acier soit homogène, que son grain soit fin et serré; s'il était hétérogène, il laisserait souvent apercevoir des fibres, des filandres, par la réunion des divers aciers qui ont des grains différents; si ces grains étaient gros ou inégaux, on distinguerait les vides qui les séparent, et la surface serait cendreuse. On doit encore employer un acier homogène dans les pièces d'horlogerie qui ont des frottements, afin qu'ils s'usent également dans toutes leurs parties; dans celles qui doivent avoir une élasticité uniforme, tels que les ressorts de montre; enfin dans des machines de compression; des laminoirs, des coins de monnaie, des *étampes*, etc.

Plusieurs instruments de chirurgie, tels que des lancettes, des bistouris; plusieurs outils de graveur, des burins, des échoppes, des brunissoirs, des gratoirs; les outils dont se servent les serruriers, les menuisiers, telles que des limes, des rapes, etc., exigent un acier qui ait de la dureté et du corps.

Tous les objets durs et élastiques, tels que les sabres, les épées, les fleurets, les ressorts des voitures, doivent être faits avec un acier hétérogène; on est même obligé, dans plusieurs circonstances, de souder quelques lames de fer entre des lames de différents aciers, pour en former une étoffe qui ait de la souplesse et de la flexibilité.

1213. Quelques aciers peuvent être durs lorsqu'on les forge, sans que cette dureté influe sur les résultats qu'on se propose d'en obtenir; mais d'autres aussi doivent pouvoir se travailler et se souder facilement;

(1) Le carbone varie dans les aciers, depuis 0,004 jusqu'à 0,020; le premier est très-mou, il est bon pour les ressorts; le second, très-dur, ne se travaille qu'avec une excessive difficulté.

tels sont ceux qu'en emploie dans la coutellerie, dans la taillanderie; ceux avec lesquels on recouvre les pannes des marteaux et des enclumes. De toutes ces variétés, les unes doivent prendre une trempe dure et fine, comme les aciers des canifs; les autres, une trempe molle et douce, susceptible même d'être travaillée au marteau, comme les aciers des faux.

1214. Assez ordinairement, l'acier fondu s'emploie pour la confection des pièces d'horlogerie, pour les objets qui doivent être polis, comme gardes d'épée, boucles, bijoux, etc. L'acier de cémentation s'emploie concurremment avec l'acier fondu pour fabriquer des ressorts de montre; des outils de graveur et d'horloger; des rasoirs; on l'emploie ordinairement seul pour en former des laminoirs, des coins pour la monnaie (1), des étampes. L'acier de forge, bien choisi, s'emploie concurremment avec l'acier fondu et l'acier cémenté, dans la construction des outils d'horlogerie et de graveur; il s'emploie concurremment avec l'acier cémenté dans la fabrication des limes, des rapés, des ressorts de pendules; il est employé, habituellement seul, par les armuriers, les couteliers, les taillandiers, les arquebusiers, etc.

Mais ces trois espèces d'aciers présentent entre eux de telles différences qu'il faut savoir choisir ceux qui sont propres aux divers objets; il faut les soumettre à des épreuves qui mettent à même de connaître leur propriété.

1215. Le coutelier Perret indique cinq manières d'essayer l'acier: 1^o par le degré de chaleur qu'il peut supporter pour être forgé (2); 2^o par

(1) On fabrique aussi des coins, pour les monnaies et les médailles, avec de l'acier fondu.

(2) Nous avons vu (n^o 1157) que l'acier ordinaire pouvait être exposé à un feu d'autant plus fort, qu'il était plus mou, et qu'il approchait davantage de l'état de fer; que l'acier dur ne pouvait être travaillé qu'à la température qui l'amène au rouge-cerise, et quelquefois même, seulement, au rouge-sombre. Nous avons encore vu qu'il existait quelques aciers qui pouvaient être forgés et soudés, quoiqu'ils fussent plus durs que d'autres aciers qu'on ne pouvait pas forger. Ainsi le degré de chaleur ne doit s'appliquer qu'aux aciers ordinaires.

la facilité qu'il présente à être forgé et soudé, lorsqu'on l'a amené à une température convenable; 3° par la nature, l'espèce et la forme du grain qu'il présente, après avoir été trempé; 4° par la beauté, la régularité et le brillant qu'il prend en le polissant; 5° enfin, par la dureté qu'il acquiert après avoir été trempé, dureté que l'on éprouve ordinairement par l'action de la lime sur les faces et sur les arêtes des pièces; on pourrait encore ajouter par la facilité avec laquelle des lames aiguës couperaient le fer et l'acier sans s'émousser, par la manière dont les coins des monnaies et des médailles supportent les chocs auxquels ils sont exposés, etc.

Quoique ces moyens soient assez généralement employés par tous les ouvriers qui veulent essayer leurs aciers; nous sommes obligés d'annoncer que les deux premiers seuls peuvent être regardés comme exacts, puisqu'ils indiquent, positivement, la facilité ou la difficulté que présentent les divers aciers, lorsqu'on veut les travailler ou les souder, ainsi que la température à laquelle ils peuvent être forgés.

Quant aux trois autres, leur résultat variant avec les degrés de trempe que les aciers ont subis, il est difficile de conclure quelque chose d'exact des effets qu'ils présentent d'après la manière dont on les essaie; on sait que le grain est habituellement d'autant plus gros que l'acier a été trempé plus chaud, et que la dureté varie, dans un grand nombre de circonstances, comme le grain.

1216. Réaumur, qui s'est beaucoup occupé de la distinction des aciers (1), établit trois caractères, d'après lesquels on peut apprécier leur qualité, et les usages auxquels ils sont propres: 1° *la grainure*; 2° *la dureté*; 3° *le corps*. Il distingue, sous le nom de *grainure*, la nature, la forme, la grosseur et la couleur du grain; sous celui de *dureté*, la résistance que l'acier oppose à des instruments tranchants; enfin, sous celui de *corps*, la résistance que l'acier éprouve avant de se casser, de se briser, de *s'égrainer*; le corps, dans cette acception, peut être considéré comme l'opposé de la fragilité.

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 10^e mémoire, pages 259 et suivantes.

Ces trois qualités sont bien celles qui distinguent l'acier dans le plus grand nombre des usages auxquels on l'emploie ; mais elles ne donnent aucun moyen pour s'assurer si l'acier est propre à la confection des mouvements d'horlogerie, à la fabrication des bijoux, etc. Il est, dans ces circonstances, une qualité essentielle aux aciers, et qui ne peut être distinguée que par le poli.

1217. Il suit, des détails que nous avons donnés jusqu'ici sur l'acier, que ce métal peut avoir cinq qualités différentes, d'après lesquelles on peut déterminer les usages auxquels il est propre : 1° leur homogénéité ; 2° le plus ou moins de facilité avec laquelle on peut les travailler ; 3° la dureté qu'ils acquièrent par la trempe ; 4° le corps qu'ils conservent ; 5° leur élasticité. On peut, à l'aide de cinq essais différents, déterminer ces qualités : 1° en polissant l'acier après l'avoir trempé ; 2° en le travaillant à chaud ; 3° en examinant ses grains après la trempe ; 4° en observant la dureté qu'il acquiert ; 5° en déterminant la résistance qu'il oppose aux forces que l'on emploie pour le rompre.

Nous ne reviendrons pas ici sur la manière de distinguer l'homogénéité du fer par le poli, non plus que sur la méthode qu'on emploie pour forger et souder chaque espèce d'acier. Ces moyens sont assez simples par eux-mêmes, et nous les avons déjà fait connaître avec assez de détail (n° 1157 et suivants), pour qu'il soit inutile de nous en entretenir davantage ; nous n'allons donc considérer ici que la manière de reconnaître les *grains*, la *dureté*, le *corps*, et l'*élasticité* dont chaque acier est susceptible (1).

(1) Nous croyons inutile d'ajouter qu'indépendamment des moyens de reconnaître les qualités de l'acier que nous indiquons ici, et que nous considérons comme des moyens généraux, il en est une foule d'autres qui doivent être employés par chaque ouvrier, parce qu'ils dépendent de l'objet que ces ouvriers se proposent d'obtenir, et de l'habitude qu'ils ont de travailler l'acier qu'ils emploient. Nous nous contenterons d'observer que, quant à l'habitude du travail des ouvriers, il arrive souvent que tel acier est trouvé excellent par l'un, et intraitable par l'autre, quoique employé, dans les deux cas, à fabriquer le même objet.

1218. Comme la nature, la couleur et la grosseur du grain d'un acier varient avec l'espèce de trempe qu'il a supportée, il faut, autant que cela est possible, pouvoir juger du grain et de la finesse d'un acier par un moyen qui soit indépendant de la trempe. Nous allons, pour cet effet, faire connaître celui que l'immortel Réaumur a employé avec beaucoup de succès.

Il consiste à chauffer un morceau d'acier, par un bout, au rouge-blanc et vif, et à le tremper ensuite en entier dans de l'eau froide, puis d'observer les différents grains que l'acier trempé présente dans toute sa longueur.

Comme un morceau d'acier, fortement chauffé par un bout seulement, doit éprouver, dans toute sa longueur, des températures qui vont en diminuant progressivement jusqu'à l'extrémité opposée, ou jusqu'au point de la barre où la température n'a pas augmenté; il s'ensuit que les barreaux doivent supporter, dans leur longueur, toutes les espèces de trempes qu'ils sont susceptibles de prendre, et par conséquent d'acquiescer tous les grains dépendants de ces trempes.

Tout se réduit ensuite, dans cette expérience, à casser, dans le sens de leur longueur, chaque barreau d'acier trempé, afin de pouvoir y observer la série des grains résultants de chaque température.

Pour y parvenir, Réaumur a employé deux moyens (1) : 1^o il a fait creuser une entaille F (planche 61), ou une espèce de rainure, en forme de gouttière, dans un morceau de fer soudé sur un morceau d'acier de même dimension, ou (ce qui est plus simple) il a fait creuser cette gouttière dans un barreau d'acier qui a été chauffé par un bout, puis il l'a trempé et cassé dans toute la longueur de l'entaille G; alors il aperçut et il distingua les divers grains qui résultent des différentes trempes auxquelles chaque tranche de la barre d'acier a été soumise; 2^o en forgeant un barreau d'acier H, sous la forme d'un prisme triangulaire, approchant de celle que l'on donne à la lame d'un rasoir; chauffant ce

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 1^{er} mémoire, pages 270 et 271.

prisme par un bout, le trempant dans toute sa longueur, et cassant ensuite le bord mince I, par des coups successifs, de manière à pouvoir distinguer la série des grains résultants des différents degrés de trempe auxquels chaque tranche a été exposée.

1219. On voit, dans ces cassures L, que les grains, à l'extrémité où l'acier a été fortement chauffé, sont gros et blancs; qu'ils diminuent ensuite progressivement jusqu'à une distance où ils sont très-fins et gris; puis, qu'ils augmentent de grosseur en perdant peu-à-peu de leur forme, et en devenant plus gris; on peut facilement, en suivant la progression de ces grains, les diviser, avec Réaumur (1), en quatre ordres bien distincts: 1° des grains blancs et brillants; 2° des grains moyens mélangés, les uns blancs et brillants, les autres blancs et ternes; 3° de grains fins, ternes et gris; 4° de grains moyens, ternes et mal terminés.

Selon la température qu'on donne au bout chauffé, selon le temps que l'acier a été exposé au feu, (temps qui permet au calorique de se propager à des distances plus ou moins grandes), on peut avoir ces quatre ordres de grains, distribués dans une longueur plus ou moins grande; cette étendue sera d'autant plus considérable, que le bout aura été chauffé à un plus haut degré, et que le barreau aura été plus ou moins long-temps au feu.

Ainsi ce ne doit pas être par l'étendue qu'occupe la série des quatre ordres de grains qu'on doit juger de la nature de l'acier, puisque cette étendue est variable; mais seulement par le rapport qui existe dans les longueurs réciproques des quatre ordres de grainures.

1220. Réaumur a observé qu'en général, plus l'espace occupé par le troisième ordre de grainure est grand par rapport à celui que le second occupe, plus l'acier est fin; ce rapport de longueur éprouve de telles différences, que l'on peut distinguer des nuances très-fines entre les divers aciers, car ce célèbre académicien français a cassé de l'acier, des forges du Nivernais, où la grainure du troisième ordre n'avait pas la

(1) Art d'adoucir le fer fondu, 10^e mémoire, page 274.

moitié de la longueur de celle du second ; tandis qu'il a trempé et cassé des aciers fins , dont l'étendue de la grainure du troisième ordre était plus que double de celle du second. Ces aciers fins avaient quatre à cinq fois , au moins , plus de grainures fines que les gros aciers.

Ce mode de juger de la finesse des aciers par l'étendue du troisième ordre de grainure, comparée à celle du second, procure un nouvel avantage, c'est celui de faire connaître et distinguer l'espèce de grains que doit présenter l'acier, et cela en raison du degré de trempe qu'il éprouve ; conséquemment de servir d'indication aux ouvriers , pour donner à leur acier une trempe qui leur procure l'espèce de grains nécessaire aux objets qu'ils fabriquent.

1221. On éprouve, pour l'ordinaire, le degré de dureté de l'acier trempé en passant une lime sur ses faces et sur ses bords ; on apprécie sa dureté par le plus ou moins de difficulté que la lime met à mordre sur l'acier ; ce moyen n'est pas rigoureux , il ne peut donner que des approximations incertaines (1).

En général, les aciers sont d'autant plus durs qu'ils ont été chauffés à une plus haute température, et qu'ils ont été refroidis plus promptement ; cette règle éprouve, cependant, quelques exceptions. Chaque acier a un degré de trempe qui lui donne le maximum de dureté, lequel décroît, lorsqu'il est trempé plus fortement ; or, comme tous les aciers prennent un grain différent, relativement aux trempes qu'ils éprouvent, on peut dire qu'il existe, pour chaque espèce, une grainure qui acquiert la plus grande dureté.

1222. Comme il serait difficile de juger, avec la lime et avec quelques autres méthodes que les ouvriers emploient, l'espèce de grainure qui donne, dans chaque acier, le maximum de dureté ; le savant Réaumur a choisi, parmi plusieurs moyens, une méthode qui paraît propre à résoudre ce problème, et qui, depuis, a été adoptée par les deux plus célèbres minéralogistes de l'Europe (Haüy et Werner), pour juger les

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 12^e mémoire, page 281.

degrés de dureté réciproque des minéraux : elle consiste à choisir des substances qui aient des duretés différentes, et à essayer l'action de ces substances sur chaque ordre de grains (1). Réaumur a choisi sept sortes de substances : 1° le verre (2), dont la dureté est au-dessous des limes ordinaires; 2° le cristal de roche; 3° les cailloux de Médoc; 4° l'agate; 5° le jasper oriental (3); 6° la topaze d'orient; 7° le saphir; 8° le diamant. Werner forme quatre espèces de dureté; *dur, demi-dur; tendre, très-tendre*. La première est la seule qui soit comparable à l'acier, et il la sous-divise en trois parties; celle qui résiste à la lime, celle qui lui cède un peu, et celle qui lui cède entièrement. Comme la dureté des substances minérales n'est pas constante (4), et qu'il était extrêmement difficile d'établir un ordre invariable; Haüy s'est contenté de diviser en deux classes les substances que nous considérons comme assez dures pour éprouver l'acier; celles qui rayent le quartz et le verre; et il les a ordonnées, dans chaque classe, de manière à indiquer leur dureté moyenne et réciproque. Ainsi il range, dans la première classe, celles qui rayent le quartz; telles sont : le diamant, le corindon, la télésie, la cymophane, le rubis, la topaze, le zircon, le grenat, la tourmaline, le pléonaste, l'émeraude : et dans la seconde, celles qui rayent le verre;

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 12^e mémoire, page 281.

(2) Le verre est une des plus mauvaises substances que l'on puisse employer, parce que sa dureté est très-variable, et qu'il y a une très-grande différence entre la dureté d'un verre et celle d'un autre verre.

(3) Le caillou de Médoc, l'agate et le jasper, sont classés, par Haüy, dans le second volume de sa Minéralogie, pages 415, 423, 435, avec les cristaux de roche, parmi les quartz.

(4) L'état, sous lequel ces substances se rencontrent, a une grande influence sur leur dureté : on trouve telle substance qui est fort dure, lorsqu'elle est cristallisée, tandis qu'elle est molle, lorsqu'elle est amorphe. On observe, de plus, que le biseau naturel d'un cristal a une dureté bien différente de celui qui est formé par la cassure de la même substance.

telles sont : le quartz, le péridot, l'idocrase, l'éuclase, l'émeraude, le feldspath, l'épidote, la gadolinite, la wernerite, la magnésie-boraté, la meionite, la staurotite, etc. Chacun peut donc choisir, parmi ces substances, celles qui sont les plus propres à établir une graduation de dureté entre les différents grains d'acier ; nous avons employé, avec quelques succès, pour juger les différents degrés de dureté des grains d'acier, les substances suivantes : 1° le diamant ; 2° la télésie ; 3° le rubis ; 4° le grenat ; 5° l'émeraude ; 6° le quartz ; 7° l'axinite ; et 8° le pyroxène : en ayant soin, toutefois, de choisir ces substances, de manière qu'elles se rayassent successivement l'une l'autre, c'est-à-dire, qu'elles fussent telles que le diamant rayât la télésie, celle-ci le rubis, celui-là le grenat, etc.

Au moyen de ces différentes substances, et des cassures qui ont tous les ordres de grainures, il est facile d'éprouver les duretés réciproques de ceux-ci, et d'assigner le point où se rencontre leur maximum. On pourrait encore, si l'on connaissait bien l'ordre de la dureté des diverses substances avec lesquelles on essaye, déterminer la loi de la dureté des différents grains.

1223. Un nouvel avantage que l'on peut tirer de ce mode d'essai, c'est que, tout en découvrant l'ordre de dureté des différents grains, on se procure les moyens de choisir, entre des grains qui ont une dureté égale, celui qui a le plus de *corps*. On sait déjà que l'acier en a d'autant plus qu'il a été trempé moins chaud : or, si, après la trempe, deux grains semblables présentent la même dureté, que l'un approche du premier ordre de grainure, et l'autre du troisième, point de doute qu'il ne faille préférer la trempe qui a produit le grain qui approche le plus du troisième ordre, puisque l'acier, qui l'a produit, doit avoir plus de *corps* que celui qui a été trempé au degré qui a donné le premier grain.

• Quoiqu'il soit assez généralement vrai que l'acier a d'autant plus de *corps* qu'il a été trempé moins chaud, et que son refroidissement a été plus lent ; cette règle éprouve, cependant, des exceptions, comme celle de la dureté, ce qui oblige également d'essayer le *corps* des aciers par des expériences particulières.

1224. Réaumur, qui s'est également occupé de cette question (1); avec cette sagacité qui le distingue, et qu'il a mise dans toutes ses autres recherches, a indiqué trois méthodes pour juger du corps des aciers trempés. Dans chacune d'elles, il trempe, à un égal degré, des aciers de forme prismatique, et qui ont des dimensions égales; il essaye, par la première méthode, quelle courbure on peut leur faire prendre avant de les rompre; par la seconde, quel poids on peut leur faire supporter; par la troisième, quel diamètre doit avoir le cylindre sur lequel on peut les envelopper. En général, l'acier a d'autant plus de corps, 1^o que les courbures sont plus ou moins considérables, c'est-à-dire, que les bouts sont plus ou moins rapprochés; 2^o que les poids qu'ils supportent sont plus forts; 3^o que les diamètres des cylindres sont plus petits.

Pour obtenir des prismes de même dimension, l'académicien français faisait passer des morceaux d'acier à travers les mêmes trous d'une filière.

Afin de tremper également ces aciers, et de les chauffer à une même température, il plongeait ses fils dans du plomb, chauffé aussi fortement qu'il pouvait l'être, et il regardait cette température comme constante: il fondait son opinion sur les expériences par lesquelles Amonton s'était assuré qu'aussitôt que l'eau bouillait, elle était parvenue à son maximum de chaleur, et que sa température n'augmentait plus. L'acier, ainsi chauffé, était trempé dans de l'eau avec beaucoup de précaution, afin d'obtenir une trempe uniforme; ensuite il était essayé selon l'une des trois méthodes que nous avons indiquées, et Réaumur regardait le plus flexible comme ayant le plus de corps.

1225. Tous les physiciens s'accordent sur ce point, que l'eau, soumise à une pression constante, bout à une température toujours égale. Un grand nombre de savants sont aussi d'avis, que chaque liquide doit entrer en ébullition à une température constante, lorsqu'il est soumis à une pression constante. En supposant que cette opinion fût fondée, on

(1) Art de convertir le fer forgé en acier, 10^e mémoire, page 282.

ne pourrait pas en conclure que les aciers, plongés par Réaumur dans le plomb fondu, avaient tous la même température; il aurait fallu, pour que ce résultat eût lieu, que l'acier eût été plongé dans du plomb bouillant, soumis à une pression constante; mais cette ébullition est très-difficile (pour ne pas dire impossible) à obtenir et à observer, parce que l'échauffement du plomb ayant lieu pendant qu'il est en contact avec l'air atmosphérique, sa surface se recouvre d'oxide qui, étant plus léger que lui, se vaporise pour en laisser former de nouveau qui empêche d'apercevoir le métal. Pour faire bouillir du plomb, (c'est-à-dire pour avoir sa température dans le moment de l'ébullition et de la vaporisation tumultueuse), il faudrait que sa surface fût recouverte d'une substance qui la préservât de l'action de l'air, et qui pût supporter la température du plomb bouillant, sans se vaporiser elle-même: alors il se dégagerait en traversant cette substance, comme l'eau bouillante se dégagerait de l'huile dans une circonstance semblable (1).

S'il est difficile d'obtenir une température constante, en chauffant de l'acier dans du plomb fondu, lorsqu'il doit avoir une plus grande chaleur que celle du plomb fondant, on peut cependant parvenir à cette température par plusieurs moyens, dont l'un est de former diverses compositions métalliques qui puissent se fondre à la température que l'on cherche. Nous avons fait connaître (n° 1186 et 1187) comment on y parvient.

1226. Supposons maintenant qu'on sache produire cette température uniforme, (problème qui présente encore quelque difficulté); voyons comment on pourra, avec cette trempe égale, déterminer le corps de l'acier, par les trois moyens indiqués.

Par la première méthode, on fixe également le fil d'acier trempé dans les mâchoires d'un étau, fig. M; à une distance donnée de la partie

(1) Ici le plomb, recouvert d'oxide, se comporte comme le mercure recouvert d'eau. Si l'on chauffe ces deux substances, c'est l'eau qui bout d'abord, et non le mercure; de même, dans le plomb recouvert d'oxide, c'est l'oxide qui bout et se vaporise, avant que le plomb n'entre en ébullition.

fixée, on presse le fil en le poussant en avant par le moyen d'une vis, et l'on juge ainsi du corps, ou de la flexibilité de l'acier, par l'espace que l'on a fait parcourir au fil sans qu'il se rompe.

Dans la seconde méthode, on fixe également, le fil d'acier trempé, dans les mâchoires d'un étau N; on attache le plateau d'une balance à une distance donnée des mâchoires, et l'on charge ce plateau jusqu'à ce que le fil se rompe; on juge du corps de l'acier par le poids que le fil supporte avant de se briser.

Par la troisième méthode, on a un cône O, placé sur un axe; on le fixe, par une de ses extrémités, sur le plus grand diamètre du cône, et on le roule successivement jusqu'à ce qu'il parvienne à un diamètre sur lequel il ne puisse plus se courber sans se rompre; plus ce diamètre est petit, plus l'acier a de corps.

1227. On pourrait encore, par ce même procédé, juger de l'élasticité de l'acier trempé. En effet, un corps est parfaitement élastique, lorsqu'il reprend exactement la forme qu'il avait au moment où les forces, qui agissaient sur lui pour le déformer, cessent leur action; un corps mou, et non élastique, est celui qui conserve exactement la forme que lui ont donnée les forces qui agissaient sur lui. D'après cela on peut déterminer, en employant l'une ou l'autre des trois méthodes précédentes, quelle serait, dans la première, la limite de la courbure; dans la seconde, celle du poids; dans la troisième, celle du diamètre du cylindre avec lequel on a courbé le prisme d'acier; de manière à ce qu'il puisse reprendre encore sa forme primitive, lorsque les forces ont cessé d'agir.

Il est inutile d'observer ici qu'il serait bon, lorsqu'on veut bien connaître l'acier, d'éprouver son corps et son élasticité à diverses trempes, afin de juger celle qui lui serait la plus favorable, relativement au travail auquel on le destine.

1228. Nous avons souvent parlé d'une méthode employée par les ouvriers pour éprouver l'acier; c'est de découper du fer avec cet acier, après en avoir forgé des tranchants, et les avoir trempés; les outils ainsi employés présentent trois résultats: ils refoulent, s'ils sont trop mous; ils s'égrènent, s'ils sont trop durs; ils résistent et coupent, s'ils

ont la dureté et le corps convenables. On peut faire couper le fer dans un sens oblique ou perpendiculaire; quand on le fait couper obliquement, les copeaux enlevés sont plus ou moins gros selon que le ciseau a été tenu plus ou moins obliquement; en général, plus les aciers sont durs, plus les coupures sont nettes, vives, brillantes, et plus les copeaux enlevés sont gros.

Mais cette méthode est sujette à plusieurs inconvénients qui occasionnent des jugements inexacts; plus le coupant est aigu, plus il s'é mousse, ou s'égrène facilement. Il faudrait donc avoir un coupant d'un angle déterminé. Ensuite, selon que la main est fixe, ou qu'elle chancelle, l'acier résiste, ou s'égrène (1).

En éprouvant ainsi leurs aciers, les ouvriers peuvent déterminer, par des trempes différentes, quel est celle qui convient le mieux à l'acier qu'ils traitent; c'est-à-dire, quelle est la trempe avec laquelle on obtient la combinaison du corps, et de la dureté la plus avantageuse; il suffit, après avoir trempé l'outil, et avoir essayé son tranchant, de le tremper de nouveau, plus dur ou plus mou, selon que le taillant aura rebroussé, ou qu'il se sera égrené, dans les différentes épreuves auxquelles il aura été soumis.

Réaumur propose encore un perfectionnement à cette méthode; c'est (2) de faire forger une barre d'acier mou, de la tremper faiblement par un bout, et d'essayer les taillants sur toute sa longueur, jusqu'à ce que l'on trouve le point où ces taillants cessent de couper sans égrener.

1229. Nous croyons inutile de pousser plus loin les détails des diverses méthodes à l'aide desquelles on peut juger les qualités des différents aciers, et les usages auxquels ils sont propres; celles que nous

(1) Le mode d'éprouver les aciers par la manière dont se comportent les tranchants, ainsi que par l'action de la lime, sur les faces et les arêtes des barres d'acier trempé, donne souvent des résultats assez exacts dans la pratique; mais il faut qu'il soit employé par des ouvriers très-exercés, et qui aient souvent fait de ces sortes d'essais.

(2) Art de convertir le fer forgé en acier, 10^e mémoire, page 296.

avons décrites, jusqu'à présent, sont suffisantes pour les bien connaître sous tous les rapports, et relativement à tous les besoins qu'on peut en avoir (1).

La conclusion principale qu'on peut tirer de cet article, et qu'il serait utile que ceux qui emploient cette espèce de fer, eussent constamment présente sous les yeux; c'est 1° qu'il existe une infinité de variétés d'acier; que tous sont propres à un travail particulier, lorsqu'ils ont été obtenus avec une bonne fonte, et qu'ils ont été employés convenablement; mais qu'il faut avoir l'attention de n'appliquer, chaque espèce d'acier, qu'au travail auquel il est propre, et ne jamais s'empresse de le rejeter, et de lui faire une mauvaise réputation, parce qu'il n'avait pas la qualité qu'il fallait qu'il eût pour le travail auquel on l'avait destiné; 2° qu'il existe un grand nombre de méthodes à l'aide desquelles on peut essayer toutes les espèces d'aciers, les classer relativement à leurs propriétés, et déterminer, d'avance, l'usage auquel ils sont propres; qu'il serait à désirer, pour l'art de fabriquer et d'employer les aciers, qu'ils fussent tous essayés, et éprouvés d'avance, et marqués de manière à ce que l'on pût reconnaître de suite, et par la marque seulement, ceux qui sont propres à chaque espèce d'ouvrage particulier.

DE QUELQUES PRÉPARATIONS QUE L'ON FAIT SUBIR À L'ACIER AVANT DE LE VERSER DANS LE COMMERCE.

1230. Si nous voulions décrire ici toutes les préparations que l'acier éprouve, soit pour être employé dans les arts, soit avant d'être versé dans le commerce, nous ferions un cours complet d'arts et métiers; car il en existe peu où l'on n'emploie des instruments d'acier, et n'en

(1) Si l'on veut avoir de nouveaux détails sur les moyens qu'on emploie ordinairement pour essayer les aciers, on peut consulter le rapport que l'inspecteur général des mines, Gillet-Laumond, a fait à la Société d'encouragement, dans le mois de septembre 1811.

existe un grand nombre qui font entrer de l'acier, comme substance principale, dans les objets qu'ils fabriquent. Nous nous contenterons, pour terminer ce chapitre de la fabrication de l'acier, de donner quelques légers détails sur le travail qu'il éprouve; et nous diviserons ces détails en deux sections : dans la première, nous traiterons succinctement du travail que l'on fait éprouver à l'acier pur, et homogène; et, dans la seconde, du travail de l'acier mélangé, ou hétérogène.

DES TRAVAUX QUE L'ON FAIT ÉPROUVER A L'ACIER PUR ET HOMOGÈNE.

1231. On emploie ordinairement de l'acier pur, et le plus homogène possible, dans la confection des objets de bijouterie, dans la fabrication des outils, des limes, des aiguilles, des ressorts de montre, etc. Nous ne traiterons, dans cette section, que de la bijouterie d'acier, des aiguilles, des limes, et des ressorts de montre.

DE LA BIJOUTERIE D'ACIER.

1232. On distingue, sous le nom de *bijouterie d'acier*, ou de *quincaillerie fine*, un grand nombre d'objets confectionnés en acier poli, tels que gardes d'épée, boucles, boutons, chaînes de montre, etc. Tous ces objets doivent être travaillés avec précision, et polis avec beaucoup de soin; c'est à la perfection du travail et du poli de cette espèce de quincaillerie, qu'elle doit principalement toute sa valeur et tout son éclat. Le travail que la quincaillerie fine éprouve peut être divisé en quatre parties : 1° le travail brut; 2° le dégrossi; 3° la trempe; 4° le poli.

Du Travail brut.

1233. La quincaillerie, dite *d'acier*, se fabrique avec de l'acier, ou avec du fer : les objets en acier peuvent être fondus, ou forgés. Le travail brut a pour but de procurer, avec la matière dont les objets doivent être travaillés, une masse d'une forme très-approchante de celle que les pièces doivent avoir, lorsqu'elles sont terminées.

1234. Pour obtenir les objets qui doivent être coulés en fonte d'acier, on liquéfie, dans un creuset, les matières destinées à leur formation : ces matières sont : de l'acier-poule, de la fonte truitée, un mélange de fonte grise et de fer, un mélange de fer et de charbon (1), ou, en général, un mélange de matières propre à donner une fonte homogène, facilement fusible, et qui contienne assez de carbone pour se laisser travailler à froid et se tremper; on coule ensuite, dans des moules, l'acier qui a été liquéfié. Ce procédé, qui est en tout analogue à celui que nous avons décrit, en traitant de la fonte moulée, s'emploie avec avantage, lorsque les pièces d'acier poli doivent avoir de grandes dimensions. Les formes des différents morceaux, en sortant du moule, sont d'autant plus exactes, elles exigent d'autant moins de travail, lorsqu'on les dégrossit, que les moules ont été faits avec plus de soin et avec plus de précision; mais cette manière de préparer les objets a l'inconvénient de procurer des pièces dans lesquelles les molécules ont peu de cohérence, et qui ne sont pas susceptibles de supporter un très-beau poli, parce qu'elles n'ont pas éprouvé la compression qui les rapproche. Elles conservent entre elles un vide assez considérable qui rend l'acier cendreau, et qui ternit en conséquence leur éclat (2).

1235. Le fer, ou l'acier, que l'on emploie dans le travail brut, se forge et se prépare souvent dans des creux gravés, ou dans des estampes: on dégrossit les objets un peu considérables, en les forgeant, ou en les plaçant entre les cylindres d'un laminoir, dans lesquels sont creusées des excavations, ou cannelures, propres à donner aux premières masses la forme qu'elles doivent avoir; puis on les termine en les soumettant, dans des matrices, à l'action d'un mouton ou du balan-

(1) On peut encore faire usage de la composition indiquée par M. Schmolzer, n° 1127.

(2) En chauffant, dans un creuset rempli de limailles de fer, les objets en acier fondu, que l'on a obtenus de cette manière; et, en les laissant refroidir très-lentement dans le creuset, la fonte d'acier acquiert une mollesse et une douceur qui permettent de la travailler à la lime avec assez de facilité.

cier R, (pl. 61). Les petits objets se découpent simplement dans des feuilles de tôle ou d'acier, qui ont assez d'épaisseur pour produire les pièces que l'on veut en obtenir. Ces morceaux découpés sont ensuite placés, et fortement comprimés dans des matrices, pour leur donner la forme exacte qu'ils doivent avoir.

1236. Pour estamper facilement les pièces d'acier, il faut les amollir de manière à ce qu'elles puissent prendre commodément la forme et l'empreinte des matrices dans lesquelles on les comprime. Ce ramollissement s'obtient en employant un procédé opposé à celui de la trempe, c'est-à-dire, en laissant refroidir l'acier avec beaucoup de lenteur. Pour cela, on chauffe fortement les pièces, et on les place dans une position où leur refroidissement soit excessivement lent. Parmi toutes les méthodes que l'on emploie, nous indiquerons celle de plusieurs fabricants de bijouteries d'acier : ils placent leurs pièces dans des creusets remplis de limailles de fer ; ils ferment hermétiquement le creuset, le chauffent fortement, soit dans un fourneau de réverbère, soit dans un foyer ouvert ; ils le laissent ensuite refroidir dans le fourneau, ou dans le foyer dans lequel il a été chauffé.

Cette méthode a souvent l'inconvénient de désaciérer un peu les pièces, parce que le carbone se porte sur le fer de la limaille ; c'est pourquoi il faut en user modérément, et que, souvent même, il faut cémenter de nouveau, ou tremper en paquet, les aciers qui ont été adoucis par cette méthode.

1237. Tous les ouvrages de quincaillerie se préparent à-peu-près de la même manière. On y emploie les mêmes machines qui sont : des cylindres, des balanciers ou des moutons. Quant aux matrices, et aux découpoirs, comme ils exigent de grandes dépenses, qu'ils s'usent et se détériorent facilement, on se contente de graver, d'abord, un modèle pour chaque nouveau dessin ; ces gravures sont en bosse, et représentent exactement le relief des objets : elles sont faites avec beaucoup d'exactitude et bien trempées ; elles servent à former tous les coins que l'on veut obtenir en les estampant. A cet effet, on fait forger la pièce d'acier propre à prendre l'empreinte ou à former la seconde matrice ; on

lui donne les dimensions qu'elle doit avoir ; on la fait rougir ; on la place, lorsqu'elle est encore rouge, dessus ou dessous le modèle ; et, par le moyen d'un ou de plusieurs coups de mouton, ou de balancier (1), on estampe, en creux, le relief de l'objet, puis on trempe cette matrice en paquet, pour s'en servir au besoin.

Avec un modèle gravé, on peut renouveler assez facilement, et à peu de frais, les matrices et les découpoirs ; on peut donc, par ce moyen, les changer avant qu'ils ne deviennent défectueux.

Il est des objets qui ne sont préparés qu'aux découpoirs : tels sont, en particulier, les chaînes de montres, et, en général, tous ceux dont la surface est plane, qui ont une épaisseur uniforme, et que l'on peut obtenir avec des laminoirs, ou dont l'épaisseur est indifférente ; mais ceux dont les surfaces sont courbes ou recouvertes de reliefs, ceux qui ont une épaisseur variable dans divers endroits, comme les boucles, les boutons, etc. ; ceux-ci, disons-nous, sont ordinairement ébauchés dans une matrice, et ensuite finis au découpoir ; d'autres fois, ils sont commencés au découpoir, et finis à la matrice.

Du Dégrossi.

1238. On dégrossit les objets bruts de deux manières : à la lime et à la meule : on se sert de la lime, soit pour enlever les bavures que les découpoirs ou les estampes peuvent avoir laissées, soit pour préparer et dresser des faces, creuser des enfoncements : on emploie la lime partout où l'on dégrossit du fer, ou de l'acier, qui n'a pas encore été trempé : on peut employer la meule, indistinctement, pour dégrossir du fer, ou de l'acier trempé et non trempé.

Plusieurs pièces peuvent être indifféremment dégrossies à la lime, ou à la meule ; quelques-unes doivent être nécessairement dégrossies à la

(1) Les matrices un peu grandes, tels que les coins des monnaies, se frappent ordinairement sur le plat ; c'est ainsi qu'on le pratique dans les monnaies de France. Le graveur Galle les frappe debout. Lorsque l'acier a été bien corroyé, les coins supportent mieux la trempe, et ils en résistent mieux.

lime, ou à la meule seulement : toutes les pièces qui contiennent des reliefs et des enfoncements considérables, dans lesquels les meules ne peuvent pas pénétrer, doivent être dégrossies avec des instruments tranchants, qui puissent s'enfoncer jusque dans les plus petites cavités. Lorsque les reliefs ont des contours exacts et déterminés, il est nécessaire de les dégrossir avec la lime, pour obtenir des formes plus régulières; mais, lorsque les pièces ont de grandes surfaces planes, ou qu'elles forment des polyèdres, dont les angles planes sont déterminés, on les dégrossit avec plus de régularité, avec plus de vitesse, et avec plus d'économie, sur les faces des meules horizontales.

C'est ainsi, par exemple, que l'on dégrossit sur la meule les facettes des têtes d'épingles et des brillants que l'on monte sur des boutons, des gardes d'épées, ou que l'on enfile pour former des colliers; et que l'on creuse des enfoncements sur des surfaces planes ou courbes, où le tailleur de la meule peut parvenir.

1239. Les morceaux bruts que l'on emploie pour former ces brillants, sont ordinairement découpés sous la forme de prismes cylindriques : on perce ces petits cylindres par le milieu, avec un poinçon d'acier, et l'on y fixe un morceau de fil de fer, en le soudant ou en le brasant.

C'est avec du laiton que l'on brase et que l'on fixe, le plus ordinairement, les tiges de fer dans les petits cylindres. On soude, ou l'on brase séparément les grosses pièces, en les environnant de fragments de laiton, les recouvrant de borax, et les exposant à l'action du feu, jusqu'à ce que le laiton soit fondu. Quant aux petites pièces qui ne peuvent être présentées séparément au feu, sans employer un temps considérable, on accélère la soudure des tiges en les plaçant dans un creuset, avec une soudure fusible, composée de laiton et d'un dixième, ou d'un cinquième d'étain. Avant de placer les pièces, on a soin de fixer les fils de fer dans les trous qui leur sont destinés, et de les y comprimer fortement; les creusets remplis des brillants et de la soudure, sont fermés hermétiquement, et exposés ensuite à l'action du feu, pour faire fondre la composition; lorsque l'on juge que celle-ci est liquéfiée, on retire le creuset, et on l'agite, sans le découvrir, jusqu'à

ce que la soudure soit refroidie. Alors on dilate le creuset, et l'on trouve toutes les petites pièces enduites d'une légère couche de la soudure, qui a réuni les fils au cylindre. On saisit, avec une pince, la tige des petits cylindres, et on les expose ensuite, sous un angle déterminé, à l'action d'une meule horizontale : on ébauche, d'abord, une facette, puis on tourne successivement le cylindre, de manière à obtenir des facettes qui forment entre elles des angles donnés. C'est ainsi que l'on commence l'ébauche d'un solide régulier. Cette opération se continue, en inclinant différemment le cylindre, jusqu'à ce qu'on ait obtenu la forme du polyèdre désiré.

1240. Nous croyons inutile d'observer ici que cette taille est analogue à celle que les lapidaires et les tailleurs de cristaux emploient pour donner du brillant aux objets qu'ils travaillent; et que l'on peut trouver, dans la description de ces arts, tous les détails nécessaires à l'exécution de l'ébauche des polyèdres d'acier, qui doivent former une sorte de brillants, par les différents angles sous lesquels la lumière est réfléchie.

1241. Les pièces d'acier peuvent être simples ou composées; elles sont simples, lorsqu'elles ne sont formées que d'un seul morceau, comme dans les boucles unies, les boutons estampés, ou ceux qui sont à surface plane; elles sont composées, lorsqu'elles sont formées de plusieurs morceaux réunis, comme dans les boutons brillantés, les gardes d'épées à brillants, etc. : ces secondes pièces exigent une continuation de travail avant de les tremper et de les polir; cette continuation fait suite au dégrossi.

1242. Il faut, lorsque les pièces doivent être recouvertes de brillants, les percer à l'emporte-pièce, par-tout où l'on doit laisser des vides, ou fixer des brillants; puis passer, dans les ouvertures, après avoir dégrossi et évidé les plaques, les tiges de fils de fer qui ont déjà été soudés sur les brillants; on les rive ensuite sur ces plaques, par l'autre extrémité.

1243. Quelques pièces sont composées d'un métal sur lequel on soude de l'acier. Pendant long-temps il était de mode de porter, sur les habits, des boutons de cuivre recouverts de petites plaques d'acier poli,

formant divers compartiments : ces plaques se soudaient aux boutons de cuivre. Pour cela, on découpait d'abord des fragments d'acier, d'après les formes qu'ils devaient avoir sur le bouton ; ces fragments étaient placés dans des enfoncements pratiqués dans une matrice. Le disque de cuivre, chauffé au rouge ; était posé ensuite sur la matrice, et, d'un coup de mouton, ou de balancier, on soudait le cuivre à l'acier ; le bouton refroidi était dégrossi à la meule, ou à la lime, selon que l'un ou l'autre de ces moyens était plus économique pour le travail.

1244. Si l'on voulait décrire ici tous les travaux qu'exige la préparation, soit à la lime, soit à la meule, des divers objets d'acier que l'on veut polir, on serait obligé d'entrer dans de très-longs détails, qui, quoique très-utiles, et même nécessaires, dans un ouvrage entièrement destiné à la description de l'art de travailler la quincaillerie fine, deviendraient cependant longs et fastidieux dans un traité complet du travail du fer. Nous ne devons faire connaître ici que les procédés généraux que l'on emploie dans les arts où l'on fait usage de ce métal ; c'est aux artistes à choisir, parmi les manipulations que nous indiquons, celles qui pourraient leur être les plus avantageuses relativement aux diverses circonstances dans lesquelles ils peuvent se trouver, ainsi qu'à la plus grande habitude qu'ils auraient de manier plus facilement tels instruments que tels autres.

De la Trempe.

1245. Quoique les pièces d'acier poli soient habituellement trempées, on pourrait cependant mettre en question s'il serait nécessaire de les tremper toutes. On ne peut former aucun doute, à cet égard, pour celles qui doivent avoir une dureté indépendante du poli ; mais on pourrait demander, si les pièces dont la dureté n'est pas essentielle à leur usage, dans lesquelles elle peut même être nuisible à cause de la fragilité qu'elle occasionne, doivent être trempées avant d'être polies ; ce qui pourrait principalement donner lieu à poser cette question, c'est qu'il existe des ouvriers qui, dans cette dernière circonstance, font polir leur acier sans l'avoir trempé.

Nous savons déjà que l'acier non trempé est plus dense que l'acier trempé; conséquemment que ses molécules sont plus rapprochées; qu'elles laissent moins de vide entre elles; nous savons encore que, dans l'acier trempé, les vides augmentent par deux causes: 1^o parce que le volume total est plus grand; 2^o parce que les particules sont composées de molécules plus rapprochées que dans l'acier non trempé, puisqu'elles sont plus dures et plus denses; enfin, nous savons que, plus la trempe est forte, plus les particules sont grosses et dures, et plus les vides sont augmentés. Il doit suivre, de ces observations, que l'acier, non trempé, doit avoir un poli plus uniforme, plus égal, plus homogène; tandis que l'acier trempé doit (en raison des vides existants entre les particules) être nuageux, cendré, et qu'il doit être d'autant plus cendré, que l'acier est plus carboné, et la trempe plus forte.

Mais l'acier non trempé a ses particules molles; elles sont dures, au contraire, dans l'acier trempé. Cette mollesse des particules, qui leur permet de conserver les traces des plus légers frottements, présente une plus grande difficulté à l'ouvrier, lorsqu'il veut obtenir un beau poli; il reste toujours des traces du passage des particules de l'émeri ou du rouge, et ces sillons empêchent que le poli puisse acquérir du brillant et de l'éclat; de plus, ce poli s'altère plus promptement, et se conserve avec plus de difficulté.

Chacun des modes de polir, après la trempe ou sans la trempe, a ses avantages et ses inconvénients. Lorsque l'on n'est pas obligé, relativement à l'usage de l'objet poli, de lui conserver de la mollesse, il vaut mieux tremper; mais aussi il vaut mieux, parmi toutes les trempes, choisir celle qui donne le grain le plus fin et le plus serré, afin de réunir les deux qualités: d'avoir un grain dur qui prenne et qui conserve long-temps un beau poli, et d'avoir peu de vide entre les particules, afin d'obtenir un poli homogène.

1246. Parmi toutes les trempes, celle qui est destinée à favoriser le poli des pièces, exige beaucoup de soin et beaucoup d'attention; il faut, lorsque l'on veut tremper des pièces un peu considérables, éviter, autant que possible, qu'elles ne se voilent ni ne se gercent; il faut

donc, en chauffant et en trempant, prendre toutes les précautions que les pièces qui présentent ces défauts nécessitent.

C'est pourquoi on est dans l'habitude de les chauffer en paquet, c'est-à-dire, dans des boîtes, en les environnant de ciment; cette chauffe procure trois avantages : 1^o elle préserve la surface de l'oxygénation qui aurait lieu à l'air libre, et qui altérerait les faces que l'on a préparées; 2^o elle acièrera un peu les surfaces extérieures; elle égalise, en quelque sorte, leur aciération, et redonne à l'acier le carbone qui a été brûlé à la surface, en le chauffant et en le préparant; 3^o enfin, elle favorise un échauffement lent et uniforme, et elle détruit une partie des causes des altérations que ces pièces prennent à la trempe.

1247. Il est des circonstances où la trempe en paquet est obligée; c'est lorsque les pièces qui doivent être en acier poli ont été préparées avec du fer : dans ce cas, il est essentiel de cimenter la surface du fer pour l'aciérer, et c'est là le principal résultat que l'on obtient, en chauffant les pièces, dans des caisses, avec du ciment.

Après avoir chauffé les caisses, et les avoir amenées ainsi à la couleur du rouge-cerise, plus ou moins intense, on les retire, si c'est de l'acier qu'on chauffe; on transporte la caisse sur un grand réservoir d'eau, on l'ouvre par une de ses faces, et l'on vide promptement les pièces et le ciment dans l'eau, en prenant la précaution d'éviter, autant qu'il est possible, qu'elles ne soient touchées par l'air. Lorsque l'on chauffe du fer, on le tient plus long-temps au feu; on lui fait même éprouver une température plus élevée, afin que le carbone puisse pénétrer un peu dans le métal, et que sa surface soit plus aciérée.

Du Poli.

1248. Polir une pièce, c'est diminuer successivement les aspérités que l'action de la lime, ou de la meule, conserve sur ses faces, c'est les faire disparaître de manière qu'elles deviennent insensibles à l'œil nu.

Il n'existe aucun moyen physique de faire disparaître entièrement les aspérités occasionnées par les matières avec lesquelles on a préparé

les surfaces; car celles dont on fait usage ensuite, quelques fines qu'elles soient, forment de nouvelles stries; et celles-ci, quoique plus petites que les autres, n'en deviennent pas moins sensibles, lorsque l'on observe, avec un bon microscope, la surface de l'acier poli.

1249. On fait usage, pour polir les surfaces, de plusieurs substances, assez dures, pour attaquer les particules d'acier, les entamer, les ronger, altérer et diminuer les aspérités existantes, et en même-temps, assez fines, pour que les enfoncements et les sillons qu'elles creusent, dans leur passage, soient moins grands et moins profonds que ceux qu'elles détruisent.

Plus la substance que l'on emploie est grosse et dure, plus elle a d'action sur l'acier, et plus grandes sont les aspérités qu'elle forme; plus la substance est fine, moins elle ronge et plus elle est unie; l'expérience et la théorie s'accordent à établir un ordre dans lequel on doit employer, de la manière la plus favorable, les différentes substances avec lesquelles on polit. D'abord on dégrossit avec une matière de grosseur moyenne, puis avec des matières plus fines. Il en résulte que les aspérités qu'elles laissent sont progressivement diminuées; enfin, les matières que l'on emploie, en dernier lieu, pour polir, ne doivent plus laisser de traces perceptibles de leur passage.

1250. Les matières employées sont l'émeri et l'oxide de fer; la première s'obtient d'une roche assez variée, mais composée de fragments plus durs que l'acier; il entre, dans la plupart de ces roches, du corindon, du grenat, du quartz, du feld-spath; la seconde est une préparation d'oxide de fer amenée à un degré de finesse extrême.

1251. La roche dont on forme l'émeri est bocardée, broyée, puis lavée dans un grand réservoir: les matières les plus grosses se précipitent d'abord; les plus fines restent en suspension. Après un repos très-court, on décante l'eau dans un second réservoir, où elle repose quelque temps, en laissant précipiter la poudre d'émeri la plus grosse: on la décante dans un troisième reservoir, où elle précipite, en y séjournant, un émeri plus fin: en continuant ainsi la décantation et

les repos successifs, on obtient des éméris de différentes finesses (1).

1252. On donne le nom de *potée*, ou de *rouge d'Angleterre*, à l'oxide de fer que l'on emploie en dernier lieu pour terminer le poli : cet oxide peut être obtenu de plusieurs manières différentes.

Pendant long-temps on s'est servi du procédé publié par Machy, dans son Art du Distillateur. Ce procédé consiste à délayer, dans des tonneaux, le résidu de la distillation des eaux-fortes, qui est un mélange d'argile, d'oxide de fer et de sulfate de potasse; de verser beaucoup d'eau sur le résidu, pour dissoudre les sels qu'il contient. Lorsque l'eau reste insipide, on délaie de nouveau; et, après un court séjour, destiné à laisser précipiter les substances les plus grossières, on décante l'eau trouble dans un second tonneau, où on la laisse séjourner; la terre ocreuse se précipite, on retire l'eau qui surnage, et l'on pétrit cette terre pour en former des bâtons de terre à polir.

1253. Dans quelques endroits, on expose du sulfate de fer (couperose verte du commerce) à l'action du feu dans une marmite de fer; le sulfate se liquéfie et prend une couleur d'un blanc sale : alors on le détache des parois, et on l'écrâse avec une spatule de fer; on augmente le feu, la couleur devient jaune, elle rougit, et la masse se change en une poudre rouge, connue sous le nom de *colcotar*, que l'on vend, sous le nom de *terre à polir*, après l'avoir lavée et moulée.

1254. Toutes les argiles ocreuses, ou les résidus des décompositions naturelles de pyrites, peuvent être employés avec quelque succès, comme rouge à polir. On peut encore faire usage des résidus ocreux, des opérations par lesquelles on retire le vitriole vert et l'alun, des terres que contiennent les pyrites qui les produisent; enfin, des précipités ocreux qui se déposent sur le fond des tonneaux, dans lesquels coulent quelques eaux ferrugineuses.

(1) Pour former des limes douces, précieuses pour finir des pièces délicates, l'inspecteur général des mines, Gillet-Laumond, a fait employer, avec beaucoup de succès, de la poudre de corindon, enchâssé dans une lame de fer, que l'on place dessus, et sur laquelle on donne quelques coups de marteau.

1255. M. Frédéric Cuvier a communiqué, à la Société pour l'encouragement de l'industrie, un procédé assez simple pour obtenir une substance qu'il regarde comme propre à remplacer le vrai *rouge d'Angleterre*.

Ce procédé consiste (1) à mettre, dans une terrine très-évasée, une couche de limaille de fer, que l'on recouvre avec une légère couche d'eau; celle-ci se décompose assez rapidement, et le fer s'oxide; si l'eau était plus abondante, l'oxidation se ferait plus lentement.

Si on laisse dessécher ce mélange, toutes les parties s'agglutinent, et l'on ne parvient pas à son but; mais si l'on a soin d'entretenir constamment le même degré d'humidité, le fer ne tarde pas de passer, en partie, à l'état d'oxide noir, sur-tout si l'on sépare, de temps à autre, par des lavages, l'oxide qui s'est formé.

On voit que ce procédé n'est qu'une légère modification de celui employé par Lemery, pour faire son *éthiops martial*. On aurait sans doute pu employer d'autres moyens pour se procurer cet oxide noir; mais il s'agissait du moyen le plus simple.

Lorsque l'on a recueilli une assez forte quantité d'oxide noir, il suffit de l'exposer à l'action simultanée du feu et de l'air, pour en augmenter l'oxidation; et comme, dans ce cas, le contact le plus parfait de l'oxide et de l'air est essentiel, on parvient à l'opérer d'une manière assez complete, en agitant l'oxide, chauffé à un certain degré, dans un vase bien fermé, où on a laissé une certaine quantité d'air.

1256. Il est facile d'obtenir promptement de l'éthiops martial, ou du fer oxidé par l'eau, et réduit à un très-grand degré de finesse, en agitant, dans un vase, de la limaille de fer avec de l'eau; décantant l'eau trouble et la laissant un peu reposer, pour faire précipiter la partie la plus grossière; puis la décantant de nouveau, afin de laisser précipiter un oxide extrêmement fin. Cet oxide, séché et imbibé d'huile, peut être conservé; il est susceptible de produire un très-beau poli.

(1) Annales des Arts et Manufactures, tome 12, page 321.

1257. O'Relly, observant que le feutre des chapeaux est coloré en noir par l'oxide de fer (1), conseille de soumettre de vieux chapeaux, pendant quelques minutes, à l'action de l'acide sulfurique étendu d'eau. Il observe que, dans cette circonstance, l'oxide de fer en est détaché et précipité en partie impalpable; qu'il ne s'agit plus, alors, que de bien laver cet oxide (pour enlever l'acide), le faire sécher, et l'imbiber ensuite d'un peu d'huile pour pouvoir, après, l'employer au besoin.

1258. L'art de préparer le rouge à polir, connu sous le nom de *rouge d'Angleterre*, paraît être encore un secret, quoique l'on sache cependant en obtenir de beaucoup de manières, qui, toutes, peuvent être employées avec beaucoup de succès, dans un grand nombre de circonstances.

On peut diviser les rouges à polir en deux classes : les uns retiennent une portion des terres avec lesquelles ils sont mélangés; tels sont les rouges obtenus du résidu des eaux-fortes; ceux que l'on retire avec les dépôts ocreux, déposés par les eaux, dans les canaux où elles coulent; ceux que l'on retire des terres bolaires, des argiles ocreuses, etc. : les autres ne contiennent que de l'oxide de fer pur, tels sont les rouges obtenus par le procédé de Frédéric Cuvier, par celui d'O'Relly, par l'agitation de la limaille de fer, par la dessiccation du vitriol de Mars, etc. : les premiers sont employés au poli des glaces; les seconds, seuls, peuvent être employés au poli de l'acier.

1259. Il faut que l'oxide, préparé pour donner le dernier poli à l'acier, réunisse deux qualités : 1° qu'il soit à son plus grand degré de dureté; 2° à son plus grand degré de finesse.

Nous ne connaissons que deux espèces d'oxides qui puissent se conserver sans altération : l'oxide noir et l'oxide rouge; car l'oxide blanc, de Thénard, s'altère promptement à l'air, et passe rapidement à l'état d'oxide noir : c'est donc entre ces deux degrés d'oxidation qu'il faut choisir, pour obtenir celui qui a la plus grande dureté. Nous n'avons

(1) Annales des Arts et Manufactures, tome 12, page 324.

encore pu faire ce choix, parce qu'il n'existe aucune expérience qui nous indique lequel est le plus dur. On sait, cependant, que l'oxide noir de fer, obtenu par la décomposition de l'eau sur du fer incandescent; que les oxidules de fer en masse, tels que les minerais métalloïdes de l'île d'Elbe, de la Suède, etc., conservent une grande cohésion entre leurs molécules, ce qui pourrait faire présumer que leurs particules ont une grande dureté; mais l'on sait aussi que la mine de fer mamelonnée rouge, connue sous le nom d'*hématite*, conserve une telle adhésion entre ses particules, qu'on l'emploie pour brunir et pour donner un poli très-brillant aux métaux; ce qui met encore une nouvelle incertitude sur le choix à faire entre ces deux oxides.

1860. Ce que l'on appelle *rouge d'Angleterre* (espèce de poudre ou de pierre avec laquelle on polit l'acier), ne doit point avoir une couleur rouge pour être d'une bonne qualité. Les ouvriers préfèrent celle qui a une couleur violette, et cette couleur, par laquelle on paraît distinguer le rouge, qui mérite la préférence, avait fait croire à quelques personnes, et en particulier à M. Frédéric Cuvier, qu'elle était le résultat d'un état particulier d'oxidation entre l'oxide noir et l'oxide rouge.

Le célèbre minéralogiste Haüy a fait remarquer que, dans les deux espèces de minerais de fer métalloïde, celle qu'il appelle *oxidulée*, et dont la forme primitive est un octaèdre, donnait, en la raclant, une poudre noire, tandis que celle qu'il nomme *oligiste*, et dont l'élément est un rhomboïde, donne une poudre noir-rougeâtre, conséquemment violette. Or, comme cette dernière s'approche beaucoup, par la couleur de sa poussière, de celle du rouge à polir, tout fait croire que l'oxide avec lequel on polit l'acier, est plus approchant du fer oligiste.

Nous nous sommes assurés que l'oxidule de fer, obtenu par la décomposition de l'eau, donnait une poussière noire, et que cet oxidule était réellement de l'oxide noir, celui du fer oligiste, et plus particulièrement celui de rouge à polir, dont la couleur de la poussière est violette, doit donc être un mélange d'oxides et d'oxidules de fer à diverses proportions; ce qui ne détermine pas encore lequel de ces deux oxides a le plus de dureté, et lequel devrait être préféré.

Quoi qu'il en soit de cette question, ce qu'il y a de certain, c'est que le rouge à polir l'acier est extrêmement facile à obtenir. Madame *Lejeune*, rue Philippeaux, fabriquait, à Paris (1), une grande partie de celui qui est employé par nos plus célèbres polisseurs.

1261. Tous les oxides de fer, à commencer par la rouille, ou le carbonate de fer, que l'on trouve sur les barres et les plaques qui ont été exposés à l'action d'un feu fort et violent, les battitures des marteaux, et jusqu'aux précipités de cet oxide dans les dissolutions métalliques, peuvent être employés avec succès. Tout consiste à les exposer à l'action d'un feu fort et violent, afin d'amener les particules qui les composent au plus haut degré de dessiccation et de dureté; puis à pulvériser cet oxide, à le laver et le sécher pour l'obtenir à un grand degré de finesse. Du minéral de fer spathique pur, fortement calciné, broyé, lavé, pour en séparer une poudre très-fine, a produit un fort bon rouge à polir.

Enfin, quelques ouvriers préparent leur rouge, en oxidant de la limaille de fer avec de l'urine, calcinant fortement l'oxide obtenu, le lavant ensuite pour en séparer la poudre fine, qu'ils font sécher, afin de l'employer au besoin.

En général, quoique, dans un grand nombre de circonstances, on emploie de l'émeri pour dégrossir les ouvrages, et du rouge pour terminer le poli; il existe, cependant, un grand nombre d'objets que l'on ne polit qu'avec de l'émeri. On ébauche d'abord avec un émeri à gros grains, et l'on termine avec un émeri plus fin.

1262. Le poli s'exécute de deux manières, selon la nature des faces : lorsqu'elles sont planes, ou qu'elles forment des surfaces de révolutions, on les polit sur des meules de bois ou d'étain S, placées horizontalement, et sur lesquelles on met l'émeri, ou le rouge, avec lequel on doit polir. Ces meules sont semblables à celles dont les lapidaires se servent pour dégrossir et polir le verre, la bijouterie et les diamants; lorsque les surfaces sont creusées, qu'elles ont des enfoncements ou des reliefs, on les polit avec des brosses.

(1) En 1784.

Dans quelques manufactures on se sert de brosses à main; les ouvriers, hommes, femmes ou enfants, emploient des brosses plus ou moins dures, selon la grosseur de l'émeri dont ils font usage; ils se servent de brosses beaucoup plus douces pour polir avec le rouge. Dans les grandes manufactures, les brosses sont circulaires; elles sont emmanchées dans un axe mu par des hommes, ou par l'eau, figure T; ces axes contiennent ordinairement trois brosses, une pour l'émeri, une pour le rouge à polir, et la troisième pour le blanc d'Espagne. Dans les usines où l'on ne sert pas de rouge à polir, les deux premières brosses servent pour le poli à l'huile et à l'émeri; et l'on emploie, sur la troisième, de l'émeri très-fin, au lieu de rouge.

Tout fait croire que le blanc d'Espagne n'est employé que pour dégraisser les ouvrages lorsqu'ils sont polis : on le délaye dans l'eau. Jars croit que l'on se sert de vinaigre pour cet objet : on recouvre les surfaces d'un enduit de blanc délayé; on le laisse sécher, puis on passe les pièces à la brosse.

1263. Quelques polisseurs font usage de meule de plomb pour donner, aux surfaces planes et aux polyèdres, le poli qu'elles doivent avoir; d'autres donnent ce poli avec du papier dont ils recouvrent la surface des meules, qui est déjà très-unie.

Si l'on veut avoir un poli plus fin, on termine les pièces à la main seule, c'est-à-dire, en passant, à plusieurs reprises, la paume de la main sur la surface. La perfection du poli dépend du soin et de la patience des personnes chargées de ce dernier travail. On a observé que les mains des femmes, plus douces que celles des hommes, donnaient, en général, un plus beau poli.

On peut même se servir, au lieu de brosse à main et de meule, pour des surfaces qui ont peu ou point d'enfoncements, de morceaux de buffle fixés sur du bois : on les enduit d'émeri ou de rouge à polir, et l'on frotte les objets; mais ce moyen n'est employé, ordinairement, que dans les fabriques où l'on polit peu.

1264. On est assez généralement persuadé que, pour avoir de beaux ouvrages d'acier poli, il faut les tirer d'Angleterre; c'est une erreur sur

laquelle il est bon de faire revenir l'opinion du public. L'origine de cette prévention paraît provenir du grand nombre de manufactures anglaises où l'on fabrique de l'acier poli, et de la grande quantité de bijouterie d'acier que ces industriels insulaires ont répandu sur le continent, à un prix tel qu'il a paru difficile, pendant long-temps, aux autres manufactures de l'Europe de soutenir la concurrence; mais toutes les fois que l'on s'est proposé, dans une manufacture française, de polir des pièces d'acier, on est toujours parvenu à obtenir un poli aussi beau et aussi fin que celui des Anglais. Nous avons, actuellement (1), dans le faubourg Saint-Denis, à Paris, la manufacture de M. Schey, où l'on fabrique de beaux aciers polis. Nous y avons vu, dernièrement, des gardes d'épée d'acier, du prix de deux mille cinq cents francs, que l'on aurait difficilement, dans le royaume d'Angleterre, pour le prix de cent cinquante guinées. Il sort souvent, de la fabrique de cet ingénieux Français (qui a commencé son établissement à Paris, en 1778), des ouvrages très-estimés, d'un poli fini, et d'un très-haut prix.

1265. Il paraîtrait même, si nous pouvions en croire le fait que l'on nous a rapporté, que l'on donnerait, sur le continent, un poli plus parfait à l'acier, qu'on ne le fait en Angleterre.

En effet, si l'on examine les montres anglaises, et si on les compare toutes aux montres françaises, on voit qu'il existe, dans ces dernières, une pièce d'acier parfaitement polie, nommée *petit coq* ou *coqueret*; elle est placée sur le coq qui recouvre le balancier, et dans lequel est fixée la substance de cuivre, d'agate, de grenat, ou de diamant, dans laquelle tourne le pivot du balancier; cette même pièce, dans les montres anglaises, est également en acier, mais grossièrement polie et bleuie ensuite.

S'il est vrai, ainsi que l'on nous l'a assuré, que les Anglais évitent de faire leur *coqueret* d'acier poli, et qu'ils ne se contentent de les polir grossièrement et de les bleuir, que parce qu'ils ne peuvent obtenir la

(1) Année 1811.

beauté du poli que l'on donne, sur le continent, à ces sortes de pièces, il en résulterait que la réputation donnée aux fabriques anglaises, ne doit porter que sur l'avantage qu'elles ont de pouvoir vendre en concurrence et à meilleur marché, des aciers d'un poli commun et médiocre, et non parce que les Anglais ont porté cet art à un degré de perfection que l'on ne peut atteindre en Europe.

Au reste, nous aimons à croire qu'il serait facile, aux Anglais, d'obtenir un poli aussi parfait que celui que l'on donne aux *coquerets*; mais nous présumons que, comme ce poli ne peut être bien exécuté à la main, il leur serait difficile de l'obtenir pour le prix auquel on le vend sur le continent.

DE LA FABRICATION DES AIGUILLES.

1266. Tous les produits de l'industrie humaine peuvent être obtenus par des hommes intelligents, lorsqu'ils veulent y mettre du soin, de l'attention, et du temps. Ils peuvent l'être séparément par des hommes qui ne s'en occupent que rarement; ou, dans des ateliers, par des ouvriers à qui un long apprentissage a déjà donné l'habitude de les travailler. Dans le second cas, les produits obtenus ont presque toujours le degré de perfection qu'ils peuvent avoir; dans le premier, ils deviennent toujours plus dispendieux à cause des tentatives, quelquefois infructueuses, et de l'essai des différentes méthodes que l'homme intelligent est obligé de faire lorsqu'il n'est pas encore habitué à travailler; il perd ainsi, un temps précieux qui pourrait être employé avec fruit, dans les ateliers, par ceux qui exécutent avec hardiesse, et qui ont la certitude de réussir.

Il résulte de cet exposé, que l'on doit toujours obtenir, dans les manufactures, les objets, que l'on y confectionne, à un plus haut degré de perfection, et à un prix beaucoup moindre que lorsqu'ils sont fabriqués isolément par des hommes très-intelligents, mais qui n'ont pas l'habitude de l'espèce de travail que ces objets exigent.

1267. Comme le but des manufacturiers est d'obtenir au plus bas prix possible, et avec la plus grande perfection, les objets qu'ils fabriquent;

les propriétaires ou directeurs des manufactures, doivent donc chercher à arriver à la solution de ce problème de la manière la plus lucrative, c'est-à-dire, à obtenir un produit dont la vente et le débit soient assurés, et dont les bénéfices soient les plus grands possibles.

On parvient ordinairement à cette solution, en suivant deux méthodes différentes : 1° en construisant des machines qui exécutent elles-mêmes une partie du travail entier avec beaucoup de perfection, une identité constante dans les produits, et une grande économie dans les dépenses; 2° en divisant le travail, de manière à ne faire exécuter qu'une seule opération, à-la-fois, par chaque ouvrier, et à faire passer la même pièce entre les mains successives d'un très-grand nombre qui n'exécute, constamment et continuellement, qu'une seule opération. Cette seconde méthode produit, dans beaucoup de circonstances, un aussi grand avantage que la première, en ce que chaque ouvrier, ne faisant qu'une seule chose, acquiert, par l'habitude, la faculté de la faire très-bien, et avec beaucoup de vitesse.

1268. On n'est pas toujours le maître de choisir, entre ces deux méthodes, celle que l'on veut employer. Il est des objets pour lesquels il faut nécessairement faire usage de machines; nous citerons ici, comme exemple, l'empreinte des reliefs donnés aux monnaies, aux feuilles de métal, qu'on obtient dans des matrices gravées avec beaucoup de soin: pour cet objet, on se sert de balanciers ou de moutons qui, exerçant une forte compression, produisent une empreinte exacte. Le creux, le relief, ou la découpe qu'on obtient ainsi, exigeraient un temps très-long, employé par des artistes habiles, si l'on voulait qu'ils fussent faits à la main.

1269. Nous étant proposé de donner un exemple de l'avantage qui résultait, dans plusieurs circonstances, de la division du travail, et du passage du même objet par les mains d'un grand nombre d'ouvriers, pour le confectionner à peu de frais, et l'obtenir à un grand degré de perfection, nous avons choisi l'*Art de fabriquer les aiguilles*, parmi ceux dans lesquels le fer ou l'acier sont les principales substances qu'on emploie.

Ce qui nous a principalement déterminés dans ce choix, c'est la forme simple d'une aiguille, sa petitesse, puisqu'il en est dont le cent ne pèse que 1^r, 5 (environ 28 grains), et chaque aiguille 15 milligrammes (environ $\frac{3}{4}$ de grains); enfin, son prix modique, comparé au grand nombre d'opérations que cet instrument doit subir. En effet, la main-d'œuvre qu'exigent les aiguilles, peut revenir au fabricant, pour les dégrossir seulement, à 75 centimes le millier environ; et, pour les amener au point de perfection qu'elles doivent avoir, pour être versées dans le commerce, de 6 à 9 francs le millier, ou de 6 à 9 millièmes la pièce. On porte à cent vingt, environ, le nombre des opérations que doit subir une aiguille, c'est-à-dire, que le barreau d'acier dans lequel elle est prise, doit passer successivement dans cent vingt mains différentes, avant d'obtenir l'aiguille que l'on vend à si bas prix; ainsi le travail que cent vingt personnes ont mis sur une aiguille, ne coûte au fabricant que de 6 à 9 millimes, conséquemment moins d'un centième.

1270. Il nous serait difficile de remonter à l'origine de l'invention des aiguilles. Il paraît que, dès qu'on a conçu la possibilité de réunir, par des fils, des morceaux de peau, de toile, d'étoffe, soit pour en confectionner des vêtements, soit pour les réunir et en former de grandes surfaces; on s'est d'abord contenté de percer, avec des corps pointus, les substances qu'on voulait réunir, et de passer successivement le fil dans ces trous, comme cela se pratique encore chez quelques nations peu civilisées, et comme on l'exécute aujourd'hui dans quelques arts, tels que ceux du bourrelier, du cordonnier, etc. On s'est bientôt aperçu qu'on pouvait éviter la double opération de percer la substance, et de passer séparément le fil, en faisant un trou dans la partie supérieure du corps pointu, et en plaçant le fil dans cette ouverture, et cela en faisant passer de suite, et simultanément, le corps pointu et le fil dans le trou fait par le premier.

De quel métal furent faites les premières aiguilles? quelles furent leurs formes et leurs dimensions? comment sont-elles parvenues au degré de perfection où elles sont maintenant? Toutes ces questions sont autant de problèmes dont nous ne nous occuperons pas dans ce

moment; nous nous contenterons d'admirer les qualités de ces petits instruments, et de décrire les procédés à l'aide desquels on peut les obtenir.

1271. On donne le nom d'*aiguille* à un petit fil d'acier trempé, délié et poli, qui est ordinairement pointu par un bout, et percé d'une ouverture longitudinale par l'autre. (Nous avons dit ordinairement percé et pointu, parce qu'il en est qui sont pointus sans être percés, telles sont les *aiguilles d'ensuble*; d'autres qui sont percées sans être pointues, les *aiguilles à passer*; d'autres, enfin, qui ne sont ni pointues ni percées, les *aiguilles à tricoter*.)

Parmi les aiguilles dont on fait ordinairement usage, on peut distinguer : 1° les aiguilles de tailleurs; 2° celles des chirurgiens, que l'on divise en aiguilles pour la ligature des vaisseaux et la suture des tendons; pour les becs-de-lièvre, pour la ligature de l'artère intercostale, pour la cataracte, pour les anévrismes, pour la fistule, pour les sétons, etc.; 3° les aiguilles à relier; 4° celles des blanchisseurs de cire; 5° des gainiers; 6° des gantiers; 7° les aiguilles à cheveux; 8° à réseaux; 9° à emballage; 10° à matelat; 11° à empointer; 12° pour faire le filet; 13° des *piqueurs d'étuis*; 14° à sellier; 15° de *chasses des métiers à draps*; 16° à *mèche*; 17° des chasses aux loups; 18° pour la chasse du *sanglier*; 19° à tricoter; 20° d'ensuble; 21° à broder; 22° à faire les points; 23° à tapisseries; 24° de métiers à bas; 25° aimantées; 26° de montre, etc. etc.

1272. De tous les travaux employés pour fabriquer des aiguilles, nous ne décrirons que ceux qui s'appliquent à la confection des aiguilles à coudre.

Dans le voyage que nous fîmes en Allemagne, en 1783, par ordre du Gouvernement, MM. Stoutz, Lefebvre-d'Hellancourt et nous, nous visitâmes plusieurs fabriques d'aiguilles, parmi lesquelles se trouvaient celles d'Aix-la-Chapelle, et de Nadlebourg près de Neustadt en Styrie. Ayant, depuis, été à même de voir plusieurs autres manufactures dans les différents voyages que nous avons faits en Allemagne et en Angleterre; ayant déjà décrit cette fabrication, avec beaucoup de soin, dans

un long mémoire que nous envoyâmes au Gouvernement en 1783, il nous aurait été agréable de traiter ce travail avec quelque étendue, et d'accompagner ces détails de quelques réflexions et des projets d'amélioration que nos observations nous avaient fait naître; mais comme cet art a été décrit avec soin, et qu'il a été publié dans beaucoup d'ouvrages, parmi lesquels on peut distinguer l'art de fabriquer les aiguilles, par l'inspecteur divisionnaire des mines, Baillet (1); *des Nagel Schmidts indessen Werckst*, par Halle, etc., nous avons pensé qu'il serait suffisant de ne donner ici qu'un extrait de ce travail, propre à faire connaître le nombre des manipulations qu'une aiguille éprouve, et de renvoyer aux deux ouvrages que nous avons cités, les personnes qui désireront de plus amples détails.

Quelques aiguilles se font avec du fer, qu'on cimente ensuite, lorsqu'elles sont faites, et qu'il ne reste plus qu'à les polir; mais, le plus généralement, elles se fabriquent avec de l'acier; les barres sont étirées, puis passées à la filière pour produire les fils qui servent à leur confection. Nous nous dispenserons de répéter ici ce que nous avons déjà dit sur ce travail, à l'article *fileries et tréfileries*; nous supposerons que le fil bien rond, bien égal, a été amené au diamètre que les aiguilles doivent avoir. Nous supposerons, de plus, qu'il est divisé en botte de quatre-vingt-dix à cent fils, A (planche 52); enfin, dans un état propre à être employé à la fabrication de ces petits instruments. Pour parvenir à cet état, l'acier a déjà éprouvé plus de trente manipulations, supposons vingt-cinq.

1273. Comme les fils d'acier ont divers degrés d'aciération, soit qu'on ait fait usage de différents aciers pour les obtenir, soit que les aciers aient été différemment détériorés dans les diverses manipulations qu'ils ont subies, pour les amener à un état propre à être employés: la première opération du fabricant d'aiguilles doit être d'essayer chaque acier en particulier, afin de juger de leur qualité, et pouvoir appliquer chacun

(1) *Annales des Arts et Manufactures*, tome 4, pages 169 et 247.

d'eux à l'espèce d'aiguilles qu'ils peuvent produire. Nous observons ici que l'acier le plus dur est destiné à la fabrication des aiguilles les plus fines, celles auxquelles on donne improprement le nom d'*aiguilles anglaises*, puisqu'elles sont confectionnées à Aix-la-Chapelle, et dans plusieurs autres manufactures du continent, et qu'elles ne diffèrent en rien, soit pour la beauté, soit pour la qualité de celles que l'on tire directement d'Angleterre, et qui se fabriquent dans un des faubourgs de Londres, nommé *White Chappel*.

Les fils d'aciers peuvent être préparés dans toutes les tréfileries de l'Europe (1) : on les tirait autrefois de l'Allemagne; il s'en fait aujourd'hui de très-bons à l'Aigle, et dans plusieurs autres lieux.

1274. Nous diviserons le travail des aiguilles, comme notre collègue Baillet, en cinq séries : la première comprendra le façonnage de l'aiguille; la seconde la trempe et le recuit; la troisième le polissage; la quatrième l'étirage; la cinquième l'affinage et la mise en paquet.

Première série. — Du Façonnage de l'aiguille brute.

1275. 1° Les bottes de fils A, sont coupées, avec des cisailles, en deux endroits diamétralement opposés; il en résulte deux faisceaux de 26 à 27 diamètres de long.

2° Après avoir égalisé le bout des faisceaux, on les place dans des mesures de bois B, dont la longueur est un peu plus grande que celle

(1) On ne tire, ordinairement, en fil pour fabriquer les aiguilles, que de l'acier de forge, et rarement de l'acier cémenté. Il résulte de là que les fils que l'on obtient présentent des différences considérables dans leur aciération, ce qui influe sur la bonté des aiguilles. Si l'on employait, dans ce travail, de l'acier fondu, il en résulterait une grande amélioration dans la bonté, dans l'homogénéité des aiguilles; et, ce que l'on pourrait regarder comme infiniment plus avantageux encore, ce serait la certitude que l'on aurait de pouvoir obtenir constamment des aiguilles d'une même qualité. Le travail de l'acier fondu est parvenu aujourd'hui, en France, à un tel degré de perfection, que les fabricants d'aiguilles pourront se procurer, lorsqu'ils le jugeront convenable, de l'acier fondu très-propre à être étiré en fil.

de deux aiguilles, on découpe ainsi, successivement, avec des cisailles, les fils en longueur d'un peu plus de deux aiguilles.

3° On redresse ces longueurs en les enfilant dans deux rondelles C, et les roulant sur un banc (couvert d'une plaque de fonte), avec une règle simple, ou une double règle à jour *ab*.

4° Les fils, ainsi dressés, sont passés sous la meule D, pour dégrossir les pointes; les meules sont d'un grès quartzeux; elles ont de 12 à 13 centimètres d'épaisseur. L'aiguiseur dégrossit 50 à 60 fils à-la-fois, en les roulant, avec le pouce, sur la meule, pendant que celle-ci tourne; le pouce est recouvert d'un cuir *d*.

5° Les fils, appointés par les deux bouts, sont coupés en deux, pour en former deux aiguilles: on les met, pour cet effet, dans une petite plaque de cuivre à rebord I; on les coupe avec des cisailles à mains.

6° Après avoir placé ces aiguilles dans une boîte, et dans une position parallèle, on aplatit leur tête d'un coup de marteau, en les mettant sur un tas d'acier *a*, figure E, ce qu'on appelle *palmer*.

7° On fait recuire les aiguilles dans un four F, pour les amollir.

8° Un enfant, à l'aide d'un poinçon d'acier G, ébauche, des deux côtés, le trou de la tête de l'aiguille; il la pose, pour cela, sur un tas d'acier *b*, figure E, qu'on appelle *marqué*: dans plusieurs usines, on se sert d'un tas de fer doux, dont le sommet a la forme d'une pyramide tronquée *d*, qu'on redresse, lorsque l'empreinte des aiguilles l'a déformé.

9° Un autre enfant termine le trou des aiguilles, en enlevant, avec un autre poinçon, le fragment d'acier resté dans le trou. Cette opération, qu'on nomme *traquer*, se fait sur un tas de plomb (1).

10° A l'aide d'une pince à bride H, l'*étireur* saisit les aiguilles, les place sur un tasseau de bois, et, avec une lime *e*, en forme de scie, il creuse la cannelure de la tête; puis, avec une lime carrée *f, g*, il l'arrondit à son extrémité.

(1) Les enfants qui parent les trous ont une telle adresse et une vue tellement fine et exercée, que nous les avons observés perçant, avec leur poinçon, des cheveux dans divers endroits, et les enfilant ensuite les uns dans les autres.

11° Toutes les aiguilles, jetées pêle-mêle dans un tiroir, sont rangées parallèlement, en donnant au tiroir un mouvement *oscillatif* et tremblé, de droite à gauche, et d'avant en arrière.

12° On marque les aiguilles, à l'aide d'un coup de marteau, en les plaçant sur un tas d'acier qui contient cette marque en relief *h*, (fig. E).

13° Les aiguilles sont redressées, en les roulant une à une, sur une plaque de fonte, à l'aide d'une règle de fer.

14° On les jette pêle-mêle, dans une boîte, pour les ranger parallèlement par un mouvement *oscillatif* et tremblé.

1276. Cette première série comprend quatorze opérations; les aiguilles passent successivement dans les mains de quatorze ouvriers différents.

Deuxième série. — Trempe des aiguilles.

1277. 1°. Les aiguilles sont pesées par tas de 15 kilogrammes, pour être portées dans l'atelier du trempneur.

2° Selon qu'elles sont de fer ou d'acier, qu'elles doivent être trempées en paquets ou nues, on les arrange : dans le premier cas, dans une boîte de tôle, en les stratifiant avec un ciment charbonneux; dans le second, sur une platine, en les plaçant parallèlement à leur longueur.

3° Les boîtes ou les platines sont mises, deux à-la-fois, sur des barreaux de terre cuite du fourneau à chauffer; elles y acquièrent la chaleur rouge nécessaire à la trempe; elles sont retirées, l'une après l'autre, avec des pinces, puis portées sur un cuveau plein d'eau froide, dans lequel les aiguilles sont jetées ou les éparpillant (1).

(1) Les aiguilles à nu, sur la platine, s'oxydent à la surface; dans quelques usines, on chauffe, dans le ciment, toutes celles qui sont fabriquées avec de l'acier; la chauffe en est plus longue, mais elle est plus uniforme, et l'acier augmente de dureté, tandis qu'il en perd lorsque les aiguilles sont chauffées à nu.

O'Relly conseille de chauffer les aiguilles dans un bain de plomb fondu, amené à la couleur rouge. Cette méthode, bonne pour préserver les aiguilles de l'action de l'oxygène, présente plusieurs inconvénients.

4° Un second ouvrier sort les aiguilles du cuveau, les place pêle-mêle dans une boîte, pour les ranger parallèlement, par un mouvement *oscillatif* et tremblé.

5° Les aiguilles trempées sont placées dans une toile serrée : on en forme un rouleau L, qu'on étrangle, et qu'on lie fortement par les deux bouts *a, b*. Un ouvrier le roule sur une table, en appuyant dessus, avec une règle, pour enlever l'oxidule qui s'est formé à la surface, en chauffant et en trempant les aiguilles.

6° On place les aiguilles sur une plaque de fer K, chauffée par le poêle de fonte qu'elle recouvre, et où elles éprouvent un recuit qui diminue la dureté qui leur a été donnée par la trempe (1).

7° Après le recuit, les aiguilles sont jetées pêle-mêle dans une boîte, pour y être rangées parallèlement, par un mouvement *oscillatif* et tremblé.

8° Elles sont redressées, une à une, sur un tas d'acier, à l'aide d'un marteau M.

9° On arrange les aiguilles dans une boîte, à l'aide du mouvement, *oscillatif* et tremblé, qu'on leur donne.

Troisième série. — Polissage des aiguilles.

1278. 1° Lorsque les aiguilles ont été trempées, recuites et dressées, elles sont portées dans l'atelier destiné à la confection des rouleaux.

Plusieurs morceaux de vieille toile sont placés dans une espèce d'auge N; ils sont recouverts d'un morceau de toile mouillée, neuve, et à tissu serré; sur le fond de cette toile on place une couche de la matière avec laquelle on polit, et l'on met par-dessus plusieurs rangées d'aiguilles; on les recouvre de nouvelles matières, sur laquelle on place une autre rangée d'aiguilles.

(1) Dans quelques usines, on recuit les aiguilles en les couvrant de graisse, et les chauffant jusqu'à ce qu'elles s'enflamment. Nous avons discuté cette méthode en parlant du recuit de l'acier.

Après avoir stratifié cinq couches d'aiguilles, entre six couches de matières à polir, on arrose le tout d'huile de Colza ; on forme, avec la toile, un paquet serré *cd*, qu'on lie fortement par les bouts et par le milieu, pour être ensuite envoyé au moulin.

2° Les rouleaux sont placés sur une table : on les recouvre d'un plateau du poids de 40 à 45 kilogrammes : on donne, soit à bras P, soit par le moyen d'une roue hydraulique Q, un mouvement de *va et vient* à ce plateau, qui, par sa pression, procure un mouvement de rotation au rouleau : les aiguilles sont ainsi continuellement roulées sur elles-mêmes et sur la matière à polir ; elles éprouvent, dans cette opération, une forte compression par le poids qui pèse sur le paquet, et par les liens qui les y retiennent ; elles obtiennent ainsi un premier poli.

3° Les rouleaux, reportés chez le fabricant, sont déliés ; les aiguilles sont versées dans une sébile recouverte de sciure de bois, et introduite dans un tonneau S, qu'on tourne avec plus ou moins de vitesse, afin de ressuyer et de dégraisser leur surface ; puis on les fait tomber dans un van de cuivre V, placé au-dessous de l'ouverture du tonneau.

4° Les ouvriers vannent les aiguilles, comme on vanne le blé ; la sciure s'envole, et les aiguilles se séparent de la matière à polir, que l'on jette.

5° Elles sont ensuite versées pêle-mêle dans une boîte, pour y être arrangées parallèlement, par un mouvement *oscillatif* et tremblé.

Cette opération est répétée de cinq à six fois, suivant la nature et la beauté du poli qu'on veut donner aux aiguilles, et selon le temps qu'elles restent au moulin, pour y éprouver l'action de la matière à polir.

1279. On emploie, pour le poli ordinaire, une espèce de schiste micacé : celui dont les Anglais font usage, et qu'ils nomment *rotten-stone*, est un schiste argileux micacé ; celui qu'on emploie à Aix-la-Chapelle et à Nadlebourg, est un schiste quartzeux micacé.

Ce schiste est concassé et divisé avec des cribles, ou des tamis, en grosseurs différentes ; le plus gros est employé dans les premières opérations : on fait usage, dans les autres, des fragments de schiste successivement plus fins.

Pour obtenir le beau poli, nommé *poli anglais*, on emploie, au lieu de schiste micacé, dans les cinq premières opérations, de l'émeri en poudre; celui dont on se sert, à Aix-la-Chapelle, est tiré d'une roche micacée ferrugineuse, mêlée de talc et de quartz : dans la sixième opération, on remplace l'émeri par du quartz pulvérisé; et dans la septième, par des fragments de pierres calcaires. Celle dont on fait usage, à Aix-la-Chapelle, est bleue et compacte.

1280. Après avoir envoyé les aiguilles sept fois au moulin pour les y polir avec des fragments de schiste, d'émeri, de quartz, ou de pierre calcaire, arrosée d'huile de Colza; on les met seules, en paquet, une huitième fois, en les arrosant seulement d'un peu d'huile; elles sont encore remises deux fois en paquet avec du son de froment; les aiguilles qui doivent avoir un poli fin, sont mises une fois de plus en paquet avec du son.

1281. On est dans l'usage, dans plusieurs fabriques, de polir les aiguilles à la potée d'étain, dans la dernière opération qu'elles éprouvent au moulin, et avant de les passer à l'huile seule. O'Relly regarde cette opération, comme tellement nécessaire, qu'il croit très-difficile d'obtenir un beau poli, si les aiguilles ne sont pas passées au moulin, en les stratifiant avec un mélange de potée et de minium.

Parmi les substances employées pour dégraisser les aiguilles, après les avoir passées à l'huile seule, quelques fabricants font usage d'eau de savon.

1282. Ainsi, les aiguilles ordinaires sont envoyées dix fois aux moulins pour y être polies, et chaque fois elles subissent cinq opérations: 1^o confection des rouleaux; 2^o polissage; 3^o dégraissage; 4^o vannage; et 5^o arrangement des aiguilles dans la boîte; ce qui forme en tout cinquante opérations auxquelles les aiguilles ordinaires sont soumises pour être polies, et cinquante-cinq pour les aiguilles fines.

On termine l'opération du polissage, en essuyant les aiguilles, une à une, avec un linge; ce qui forme cinquante-six opérations pour cette série.

Quatrième série. — Triage des aiguilles.

1283. 1° Un ouvrier détourne les aiguilles ; il les arrange de manière à ce que toutes les têtes soient d'un même côté ; il sépare celles qui sont cassées par le milieu.

2° Un second ouvrier les étale, sépare celles qui ont la tête cassée, et les divise en deux classes, relativement à leur poli.

3° Un troisième ouvrier sépare les aiguilles qui ont la pointe cassée ; celles-ci sont portées à la meule, pour leur faire une nouvelle pointe.

4° Les aiguilles sont redressées au marteau et sur un enclume de bois.

5° Elles sont séparées en trois tas, selon leurs longueurs différentes. Ainsi cette quatrième série ne comprend que cinq opérations.

Cinquième série. — Mise en paquet et Affinage.

1284. 1° Un ouvrier coupe en carrés, qui ont trois fois la longueur des aiguilles, le papier dans lequel on doit les envelopper (1).

2° Un enfant plie ce papier au tiers, et forme ainsi le premier pli.

3° Un ouvrier divise les aiguilles par cent, et les place dans le papier. Pour éviter de les compter, il pèse cent aiguilles, et le poids qu'il obtient lui sert d'étalon, pour peser successivement et obtenir de nouvelles centaines.

4° Un ouvrier achève de plier le papier ; il l'arrange ensuite dans une boîte.

5° Le *bleueur* affine toutes les pointes sur une meule T ; il leur donne un nouveau poli, qui se distingue, par une nuance particulière, de celui du corps de l'aiguille.

Cette opération essentielle, qui finit l'aiguille, se fait, dans quelques manufactures, comme celle d'Aix-la-Chapelle, sur des meules quadran-

(1) Ce papier doit être sec et peu hygrométrique, afin de mieux préserver les aiguilles de l'humidité, et conséquemment de la rouille.

gulaires de schiste micacé compact, et quelquefois quartzeux calcaire; Elles ont de 9 à 10 centimètres de longueur sur 2 à 3 d'épaisseur. Dans d'autres usines, comme dans celles de Nadlebourg, près de Neustadt, ces meules sont cylindriques; elles ont 10 à 12 centimètres de longueur sur 3 à 4 de diamètre; elles sont également d'un schiste micacé compact, souvent argileux.

6° Les aiguilles étant remises dans les paquets, une personne écrit dessus, avec de l'encre blanche, le nom du fabricant, et la marque de chaque espèce d'aiguilles.

7° On imprime, sur une des bandes du papier, l'empreinte, ou le cachet du fabricant.

8° Dix paquets sont réunis ensemble pour en former un seul de mille; ils sont enveloppés dans un nouveau papier bleu ou violet, et liés avec du fil blanc ou rouge.

9° Ces paquets sont enveloppés, de nouveau, de papier blanc, sur lequel sont des figures, ou des caractères dorés.

10° Cinquante paquets de mille sont enveloppés, de nouveau, dans un papier blanc, puis d'une ou deux vessies de bœuf bien sèches, et ensuite de papier, ou de toile cirée; enfin, d'une dernière enveloppe de toile grise; ces précautions ont pour objet, de préserver les aiguilles de l'humidité.

11° Lorsqu'on veut les préserver plus complètement de l'humidité, pour les envoyer dans les pays étrangers, on met chaque paquet dans une boîte de fer-blanc, et celles-ci dans des tonneaux goudronnés, qu'on enveloppe encore avec de la paille et de la toile grise.

Cette série comprend onze opérations.

1285. En récapitulant le nombre d'opérations qu'éprouve le travail des aiguilles, on voit : 1° qu'il faut vingt-cinq opérations pour amener le barreau d'acier à l'état de fil, propre à fabriquer les aiguilles; 2° quatorze opérations pour façonner les aiguilles brutes; 3° neuf pour les tremper; 4° cinquante-six pour les polir; 5° cinq pour les trier; 6° onze pour les mettre en paquet. Il faut donc, qu'avant d'être versée dans le commerce, une aiguille ait subit cent vingt opérations.

1286. Les machines à polir sont composées, comme nous l'avons déjà dit, d'un plateau ab , pesant 40 à 45 kilogrammes : ce plateau est fixé, par l'extrémité d'une longue tringle cd , à un point d'appui e , autour duquel elle oscille. Dans quelques usines, cette oscillation s'effectue à bras d'homme P, Q ; dans d'autres, elle s'effectue à l'aide d'une roue hydraulique O, Q .

Celle-ci, h , est fixée dans un arbre f , sur lequel est placée une roue dentée g ; cette roue engrène une lanterne à retour d'équerre m ; une manivelle n , fixée à l'extrémité de la lanterne, communique un mouvement de *va et vient* à une tringle o ; celle-ci s'attache à un levier horizontal p , emmanché dans un second arbre q , et lui procure un mouvement d'oscillation. C'est à l'aide de ce mouvement, et par suite, de celui des plateaux ab , sur les paquets d'aiguilles, qu'on fait rouler ceux-ci.

Comme l'oscillation d'un plateau droit, sur une table plane, occasionne des pressions inégales, M. Mollard, directeur du Muséum des arts et métiers, a fait construire des machines R , dans lesquelles le mouvement de *va et vient* est communiqué à la table tt , sur laquelle sont les rouleaux et les plateaux qui les recouvrent : il résulte de ce seul changement, une pression uniforme, plus avantageuse au poli des aiguilles.

1287. On ne fabrique des aiguilles que dans quelques endroits; en Angleterre, en Allemagne, en France. Les aiguilles se fabriquent en France, dans l'ancien pays de Liège et à Aix-la-Chapelle. On a tenté jusqu'à présent, sans obtenir beaucoup de succès, de fabriquer des aiguilles à l'Aigle, département de l'Eure, et à Rouen, département de la Seine-Inférieure. Il existait même autrefois des fabriques d'aiguilles à Paris, qui ont été également abandonnées. Les raisons qu'on donne, du peu de succès de ces fabrications, sont, que la main-d'œuvre est trop chère dans les endroits où l'on a essayé de former ces divers établissements. Nous présumons qu'il doit exister d'autres causes; car la cherté de la main-d'œuvre n'empêche pas aux manufactures de White-Chapelle, d'avoir un grand succès, et de continuer leur fabrication.

avec un bénéfice honnête ; cependant, White-Chapelle est un des faubourgs de Londres où la main-d'œuvre est beaucoup plus chère qu'à Paris. Nous présumons, d'après cela, que la difficulté qu'on a éprouvée, à établir avec succès des fabriques d'aiguilles dans ces divers lieux, tient à l'inconvénient qui existe toujours lorsqu'il faut faire faire, à des ouvriers nouveaux, l'apprentissage d'un métier qui exige autant de dextérité que celui de la fabrication des aiguilles. Il faut un temps considérable pour monter une semblable manufacture, pour former les premiers ouvriers, et établir un ordre d'apprentissage dans lequel les ouvriers se succèdent naturellement dans leurs divers travaux ; il faut, pendant ce long intervalle, supporter, avec perte, la concurrence des manufactures montées depuis plusieurs siècles, et soutenir, avec résignation, cette concurrence sur le prix, et sur la perfection du travail : on ne peut donc attendre une pareille réussite que d'une tête douée d'une forte conception, et d'une compagnie qui sache sacrifier des fonds pendant un espace plus ou moins long.

DE LA FABRICATION DES LIMES.

1288. De tous les instruments employés pour travailler les métaux, la lime est, sans contredit, un des plus essentiels ; sa découverte à occasionné un très-grand perfectionnement dans les formes qu'on leur donne, et dans la célérité avec laquelle on parvient à les travailler.

1289. Les limes sont formées d'une masse d'acier, ou d'une masse de fer recouverte d'acier ; leurs surfaces sont remplies d'aspérités dures et tranchantes, à l'aide desquelles on peut user, dresser, et donner un commencement de poli aux métaux.

1290. Avant l'invention des limes, on faisait usage de pierres dures et à grains, et particulièrement de grès, pour user, ou dresser les surfaces. Ces pierres étaient fixées, et l'on faisait mouvoir, dessus, les métaux que l'on voulait façonner ; ou bien ces pierres étaient mobiles, et on les mouvait sur les pièces métalliques ; on parvenait ainsi, par le frottement de l'une des pièces sur l'autre, à les user toutes les deux, et à donner

aux surfaces des métaux, les formes que l'on se proposait d'obtenir.

On se sert encore aujourd'hui de pierres, de bois, ou de métal recouvert d'une substance très-dure, pour user, façonner, dresser, ou polir des substances métalliques sur lesquelles la lime aurait peu, ou point d'action; mais on préfère l'usage de la lime pour travailler celles sur lesquelles elle peut avoir de la prise.

1291. On construit deux espèces d'outils, dont les aspérités sont formées par des procédés différents; les unes A (planche 63), portent le nom de *limes*, elles sont employées à travailler les métaux; les autres B, portent le nom de *râpes*; elles sont employées à travailler le bois, ou des substances analogues.

Les limes diffèrent des râpes, en ce que les aspérités des premières sont faites avec des ciseaux qui, creusant dans l'acier des lignes parallèles et croisées, isolent des parallépipèdes aigus qui peuvent ronger les métaux; et que les secondes sont faites avec des poinçons, qui creusent des trous triangulaires, et soulèvent des aspérités de forme pyramidale, à base triangulaire; c'est par l'action aigue du sommet de ces tétraèdres sur des substances molles, que le bois et les autres corps tendres, sont rongés.

On peut diviser le travail des limes et des râpes en trois parties: 1^o préparation de l'acier; 2^o tailles de la lime ou de la râpe; 3^o trempe.

De la Préparation de l'acier.

1292. Quoiqu'il soit bien reconnu que, de toutes les substances, l'acier est celle qui est la plus favorable à la fabrication des limes, il est cependant des manufactures (particulièrement celles qui fabriquent des grosses limes, connues sous le nom de *carlets*), qui les préparent d'abord avec du fer; et qui cimentent ensuite ce métal, pour lui donner la dureté que les limes doivent avoir.

En employant du fer, les fabricants ont l'avantage de travailler leurs grosses limes avec une substance moins chère que l'acier, et qui peut être taillée plus facilement, parce qu'elle est plus molle; mais aussi ils

sont obligés de les tenir beaucoup plus long-temps au feu, pour les cémenter, lorsqu'ils veulent les tremper; et les limes qu'ils obtiennent, et qui ne sont aciérées qu'à la surface, ont les aspérités généralement plus aigres et plus cassantes que si elles eussent été formées de bon acier forgé, taillé et trempé ensuite.

1293. Il existe de grandes variétés parmi les limes; les unes doivent être grosses et fortes, et avoir de grandes tailles; elles sont destinées à ébaucher de gros ouvrages, sur lesquels il faut enlever une épaisseur plus ou moins grande de métal. D'autres doivent être douces, et avoir des entailles fines et rapprochées, et des grains fins; elles sont destinées à polir les surfaces, et à faire disparaître les petites aspérités qui les couvrent. Quelques limes doivent avoir leurs surfaces planes, C, D; elles sont destinées à dresser des plans; d'autres doivent avoir leurs surfaces courbes, E, F, pour pouvoir creuser ou pénétrer dans des sinuosités; plusieurs doivent être cylindriques, coniques, pour commencer, ébaucher et agrandir les trous formés dans les métaux: enfin quelques limes, destinées aux travaux de l'horlogerie, de la bijouterie, des graveurs, doivent être petites et délicates.

On divise les limes, dans le commerce, relativement à leurs grains et à leurs entailles, en trois espèces; *rudes*, *batardes*, et *douces*. On les divise ensuite, relativement à leur forme, en cinq espèces: *carrées*, *plates* C, *triangulaires* D, *demi-rondes* E, et *rondes* F. Ces cinq espèces sont celles qui sont les plus généralement employées. On en fabrique encore qui ont des formes extrêmement variées, ce qui dépend des destinations qu'on leur donne, et des besoins que l'on peut en avoir.

1294. Il faut, par rapport aux dimensions et aux destinations de chaque lime, employer des aciers qui aient des qualités différentes: on peut employer l'acier commun pour la fabrication des grosses limes, de celles qui ne sont pas trempées en paquet: on ne peut employer de l'acier trop dur et trop homogène, pour la fabrication des petites limes, et particulièrement pour celles dont on fait usage dans l'horlogerie. En général, on se sert de l'acier de forge pour les grosses limes; de l'acier

de cémentation pour les limes moyennes, et de l'acier fondu pour les limes fines.

1295. Après avoir fait choix de l'acier qui doit être employé à fabriquer les différentes limes que l'on veut obtenir, on le forge pour lui donner les formes et les dimensions que les limes doivent avoir. Les pièces sont, d'abord, ébauchées grossièrement sur l'enclume, puis elles sont finies dans des matrices : nous n'avons rien à prescrire sur ce travail, dont la difficulté tient à la nature de l'acier que l'on emploie, et à la forme que doivent avoir les limes ou les râpes que l'on veut fabriquer.

En sortant de la forge, les surfaces sont toujours grossières et inégales ; il faut les dresser, les unir, les régulariser : ce second travail se fait sur des meules. En sortant des mains des émouleurs, ces instruments sont livrés aux ouvriers qui doivent les tailler, lorsqu'ils sont en fer ; mais elles doivent, préliminairement, subir une nouvelle opération, si elles sont en acier, afin de rendre le métal plus mou, plus tendre et plus susceptible de recevoir l'impression des ciseaux ou des poinçons.

1296. Réaumur a indiqué diverses méthodes d'adoucir la fonte, le fer et l'acier, qui, toutes, s'accordent à faire cémenter le métal avec des substances qui le décarbonisent à la surface. Ce moyen ne pouvait pas être employé sans inconvénient pour le travail des limes, puisque, d'une part, c'est à la surface, où sont formées les aspérités, que doit être la plus grande dureté ; et que, de l'autre, la dureté conservée au centre, dans les méthodes indiquées par Réaumur, nuirait à la taille, sans augmenter la bonté des limes.

Aussi la méthode que l'on emploie, qui est simple et naturelle, s'éloigne-t-elle de celle de Réaumur ; et elle a l'avantage de ramollir l'acier, sans rien changer à sa constitution ; elle consiste à chauffer les limes qui sont dressées, et à les laisser refroidir avec une excessive lenteur. Ce procédé, qui ramollit réellement l'acier, est absolument l'inverse de celui par lequel on le durcit par la trempe, puisque ce dernier consiste à le refroidir rapidement.

Pour cela, on se contente, dans quelques usines, de mettre les limes

ébauchées, pendant toute la nuit (1), sur une grille, dans un feu de charbon de bois; dans d'autres, on les met dans un petit fourneau de réverbère, qui consiste en une plaque, pour mettre l'acier destiné pour les limes, au-dessus de laquelle il y a une cheminée. On place un petit fourneau à vent de chaque côté, dans lesquels on fait du feu avec du charbon de terre. On chauffe ainsi l'acier, dans ces fourneaux, pendant sept à huit heures, et on le laisse refroidir très-lentement.

1297. Nous croyons inutile d'observer, que cette méthode de ramollir l'acier, pour être plus facilement travaillé à froid, peut être pratiquée avec succès dans beaucoup de circonstances, telle, par exemple, que dans la fabrication de la bijouterie d'acier; et dans un grand nombre d'autres. Cependant nous devons observer, également, qu'elle a le défaut d'oxyder un peu la surface, de la désaciérer, et d'exiger que les limes soient trempées en paquet, pour leur rendre la dureté qu'elles doivent avoir.

De la Taille des limes.

1298. Les limes forgées, polies et ramollies, sont taillées. Les instruments dont on fait usage, pour cela, se réduisent; à un banc sur lequel on pose les limes, à deux étriers de cuir avec lesquels on les retient, en tendant ceux-là par les pieds; à un ciseau ou un pinceau C, pour tailler la lime ou la râpe, et à un marteau pour frapper sur la tête de l'instrument tranchant, et l'enfoncer dans l'acier, ou dans le fer.

1299. On distingue, dans les limes, deux extrémités; celle par laquelle on les tient *a*, et qui est ordinairement garnie d'une queue, pour l'emmancher dans un morceau de bois; et l'extrémité B, qui lui est opposée.

Sur le banc C, est une plaque de plomb P; c'est sur cette plaque molle que se place la lime, afin de ne pas endommager le taillant qui a déjà été fait. Aussitôt qu'il a fixé la lime avec les deux étriers, le tailleur approche son ciseau C, de la queue *a*, fig. F; il lui donne alors la direc-

(1) Voyage métallurgique, tome 1^{er}, pages 228 et 256.

tion et l'inclinaison qu'exigent la nature et l'espèce de taille qu'il veut obtenir; et, d'un coup de marteau, il soulève une petite lame aiguë, ou un petit copeau d'acier.

Il reporte son ciseau derrière cette lame, en l'appuyant contre le copeau soulevé; il frappe un second coup de marteau, et soulève une seconde tranche parallèle à la première. Il continue ainsi tout le long de la surface qui doit être taillée, et il obtient, par ce premier travail, une suite de sillons parallèles T, bordés, chacun, du côté de la pointe, par un copeau aigu que le ciseau a élevé. L'ouvrier reporte son ciseau vers la queue, et forme de nouveaux sillons qui croisent les premiers sous un angle donné; il soulève de même, de chaque sillon, un copeau aigu qui le borde du côté de la pointe; ces copeaux aigus, relevés dans chaque croisière, représentent une suite de lames rhomboïdales implantées obliquement par un de leurs angles, dans la masse de la lime, et ces lames hérissent sa surface d'une suite d'angles aigus et tranchants.

1300. On voit, d'après ces détails, que le nombre, la grandeur, la force, et l'aiguité des aspérités, dépend de la direction et de l'inclinaison que l'on donne au ciseau, de la profondeur dont il pénètre, ou mieux, de la force du coup de marteau, comparée à la mollesse de l'acier; enfin, de l'angle du croisement des deux tailles.

Comme l'ouvrier est le maître de donner aux tailles A, une direction ou une autre, qu'il peut varier l'inclinaison de son ciseau, écarter ou rapprocher les sillons, frapper un coup plus ou moins fort, relever un copeau plus ou moins gros, enfin varier l'angle d'inclinaison des deux tailles, il peut donner à ces limes tous les degrés de grosseur, de finesse, de dureté et de douceur, qui conviennent aux différents usages auxquels on les destine.

Il existe, cependant, une loi d'écartement à laquelle le tailleur de lime est subordonné et dont il ne peut s'écarter, sans altérer la bonté de l'instrument qu'il fabrique; c'est celle qui résulte de l'enfoncement du ciseau, et de la grosseur du copeau relevé: plus le sillon est profond, plus le copeau est gros, et plus il faut écarter les tailles pour que les aspérités puissent résister et ne pas se rompre dans le travail. Aussi se sert-on,

comme d'un point fixe, du copeau relevé, pour appuyer le ciseau et déterminer l'écartement de la taille qui suit : il résulte de là, que les entailles sont d'autant plus écartées que le copeau est plus grand, et qu'elles le sont d'autant moins qu'il est plus petit; il en résulte encore que, dans une lime, les distances entre les tailles ne sont égales qu'autant que la grosseur des copeaux est uniforme; mais aussi que, dans toutes les tailles, égales ou inégales, la distance est toujours proportionnée à la force que doit avoir la base de chaque copeau, pour que celui-ci puisse résister au choc qui tend à le rompre et à le briser en limant.

1301. Ce serait abuser de la patience de nos lecteurs que d'indiquer ici les différentes directions, et les diverses inclinaisons qu'il faut donner aux ciseaux pour tailler chaque espèce de lime. Ces détails appartiennent à un traité *ex professo* sur la taille des limes; et l'art de travailler cet instrument ne doit être considéré, dans cet ouvrage, que comme un accessoire propre à faire distinguer quelques différences que présentent le travail de l'acier, dans chaque art en particulier.

1302. Après avoir taillé les limes sur une face, on les retourne pour les tailler sur une nouvelle, et ici le morceau de plomb devient nécessaire, en ce que les aspérités qui sont formées, pénètrent dans le métal mou, où elles se conservent dans toute leur intégrité, pendant la continuation du travail.

Nous présumons qu'il est inutile d'observer que les plaques de plomb doivent être creuses, ou plates, relativement à la forme des faces des limes qui posent dessus, et cela, afin que la lime puisse y être maintenue d'une manière fixe et invariable.

1303. On employe à la taille des limes, des hommes, des femmes, et mêmes des enfans; et cela relativement à la force qu'exige la grosseur des instruments que l'on veut tailler, et la profondeur du sillon qui distingue chaque lime.

1304. Plusieurs mécaniciens, observant que la taille des limes, à la main, entraînait un travail considérable, et présumant que ce travail, en quelque sorte *machinal*, pourrait être exécuté avec autant de régularité par des mécaniques, ont entrepris de construire des machines, les

quelles, tout en diminuant considérablement la main-d'œuvre, permettent de fabriquer ces instrumens d'une manière plus économique et de les verser dans le commerce à un prix beaucoup inférieur à celui auquel on est obligé de les tenir.

Il est peu de machines sur lesquelles on se soit plus exercé que sur celles qui servent à tailler les limes, et qui aient eu constamment un moins bon succès : on trouve, dans presque toutes les collections des sociétés savantes, et dans un grand nombre d'ouvrages périodiques, des descriptions de machines à tailler les limes ; il est peu de manufactures qui n'en aient fait exécuter, et qui, après en avoir fait l'essai, ne les aient abandonnées.

Jars dit expressément que, dans les fabriques de *Newcastle*, on a essayé (1) plusieurs fois de faire des machines, ou moulins à tailler des limes, sans avoir jamais pu y réussir.

1305. La construction de ces machines paraît cependant extrêmement simple ; on peut les diviser en deux parties : l'une contient le banc sur lequel la lime est fixée, l'autre, un châssis dans lequel sont placés le ciseau et le marteau qui frappe dessus. Le ciseau est fixé à l'extrémité d'un levier ; il y est tenu par une espèce de main qui le maintient solidement dans une direction, et sous une inclinaison donnée ; le marteau est emmanché à l'extrémité d'un levier mobile, un mécanisme le soulève et il retombe sur le ciseau par son propre poids.

D'abord, le ciseau est placé à l'extrémité de la lime, près de la queue ; le marteau tombe dessus, l'enfonce et fait soulever un copeau, le marteau se relève et le ciseau ensuite ; celui-ci se place derrière le copeau, à une distance donnée de la première position ; le marteau tombe, se relève, le ciseau se lève ensuite pour se placer derrière le second copeau, cette suite de mouvement du marteau, et du ciseau, se continue jusqu'à ce que toute la longueur de la lime soit taillée.

Pour que le ciseau puisse se placer derrière le copeau qu'il a soulevé,

(1) Voyage métallurgique, tome 1^{er}, page 229.

il faut, ou que la lime soit fixe, et que le châssis, qui porte le marteau et le ciseau, s'avance, après chaque coup, de la queue vers la pointe de la lime; ou bien que le châssis reste fixe, et que le banc, qui porte la lime, s'avance vers le ciseau.

1306. Ces deux moyens ont été employés séparément dans diverses machines : l'avancement du châssis, ou du banc, s'exécute par le moyen d'une roue d'engrenage, dans laquelle une dent nouvelle s'engrène, immédiatement, à chaque soulèvement du ciseau; on voit que, moins la roue, qui fait mouvoir le châssis, ou le banc, après chaque coup de marteau, contient de dents, plus larges sont les espaces entre les sillons, et que plus elle en contient, au contraire, plus ces distances sont petites, et plus les sillons sont rapprochés.

Sans être très-habile en mécanique, on peut construire ces sortes de machines, et l'on peut, selon la nature des limes, faire varier la direction et l'inclinaison du ciseau, la force du coup de marteau qui détermine la profondeur du sillon et la grosseur du copeau, enfin la distance entre les sillons.

1307. Les limes obtenues, avec ces machines, lorsque celles-ci sont bien construites, ont une sorte de régularité dans leurs tailles, qui leur donne une apparence bien plus agréable que celles qui sont taillées à la main; il est même possible qu'elles séduisent les ouvriers qui ne connaissent pas ces sortes de limes, et qu'à l'apparence ils ne les préfèrent aux autres.

Mais lorsqu'on les emploie, on remarque bientôt que des dents se cassent, que d'autres s'usent inégalement; et l'on est promptement convaincu que cet aspect régulier est loin d'être favorable à la bonté des limes.

1308. Nous avons vu qu'il fallait que, dans chaque lime, la distance entre les sillons fût proportionnelle à la grandeur du copeau soulevé, et que c'était cette grandeur, qui déterminait l'écartement, lorsque les limes étaient travaillées à la main. Lorsqu'elles sont taillées avec les machines, cet écartement est donné d'avance par le nombre de dents contenues dans la roue d'engrenage; et pour le peu que cette distance

ne soit pas proportionnée à l'enfoncement et à la grandeur du copeau, la lime est défectueuse.

De plus, il est difficile que l'acier, dont la lime est formée, soit d'une égale dureté dans toutes ses parties; là où il est mou, le ciseau, qui reçoit des chocs égaux, enfonce davantage, et soulève un plus gros copeau; là où il est plus dur, le copeau est plus petit. Il y a donc nécessairement, dans une lime, des inégalités de grandeur de copeau; ces inégalités, qui sont indifférentes dans la taille à la main, (puisqu'il est le copeau qui détermine la position du ciseau, et la distance entre les sillons) ne le sont plus dans les limes taillées à la machine, parce que, dans celle-ci, la distance entre les sillons est constante; et qu'elle est indépendante de la différence de grosseur des copeaux que l'on obtient nécessairement.

1309. Il n'est donc pas étonnant, d'après ces premières considérations, que des machines d'une exécution si simple, et qui paraissent devoir suppléer si facilement au travail des hommes, qui produisent, un résultat, dont l'apparence est plus agréable, n'aient été essayées par-tout, et abandonnées aussi-tôt, à cause des nombreux défauts qui accompagnent les limes que l'on en obtient, et dont nous n'en avons fait connaître ici que quelques-uns.

On voit par les résultats qu'a présentés, jusqu'à présent, la substitution des machines, à la taille des limes à la main, que l'usage des mécaniques ne peut pas toujours être substitué à celui du travail manuel; et qu'il est des circonstances où ce dernier doit toujours être préféré.

1310. Une des raisons qui nous ont déterminés à décrire le travail des limes, dans cet ouvrage, a été celle de présenter, aux artistes, une circonstance dans laquelle l'usage des machines, quoique simple et facile pour le travail, ne pouvait cependant pas remplacer celui des mains, et de leur faire apprécier, encore une fois, combien il est avantageux, dans ces circonstances, de pouvoir substituer la division du travail manuel à l'usage des machines.

Assez généralement le travail des machines est plus uniforme et plus régulier que celui de la main, mais rarement il est d'un aussi bon

usage; nous pourrions citer ici un grand nombre d'exemples dans lequel on doit préférer, pour l'usage, le résultat du travail des mains, à celui des machines, mais nous nous contenterons de rapporter un des exemples les plus familiers, que chacun à sous les yeux, et que chacun peut apprécier.

Dans un grand nombre de ménages, on emploie deux sortes de bas : les uns fabriqués aux métiers, et que l'on achète chez les marchands; les autres tricotés par les ménagères : les premiers sont plus réguliers, ils ont plus d'éclat, ils séduisent davantage à la vue; mais aussi les autres, qui ont moins d'apparence, moins d'éclat, durent davantage et font beaucoup plus de profit : il semblerait que l'on pourrait appliquer aux ouvrages faits aux métiers, ce proverbe trivial : *plus d'apparence, et moins d'effet.*

1311. Nous sommes loin, cependant, de vouloir déprécier le travail obtenu avec des machines, et de vouloir décourager ceux qui veulent en établir, parce qu'il est des ouvrages dans lesquels l'usage des machines économise tellement la main-d'œuvre, et dont les produits peuvent être obtenus à des prix si inférieurs, qu'ils compensent, et au-delà, la différence dans la bonté. Mais, ce que nous avons désiré faire remarquer, c'est qu'il n'est pas toujours avantageux de substituer le travail des machines à celui des mains, et qu'il faut savoir choisir, entre tous les produits de l'art, ceux où l'emploi des machines peut être plus avantageux.

Ainsi, loin de condamner l'usage des machines, nous pensons qu'il est bon de les employer, et nous osons même en conseiller l'application à la taille de quelques espèces de limes douces.

En effet, les sillons, dans les limes douces, sont très-rapprochés, peu profonds, et les copeaux petits et peu élevés; une légère différence dans la dureté de l'acier n'en produit pas une sensible dans la grandeur du copeau, lorsque les coups de marteau sont faibles et égaux; ainsi, l'uniformité entre la distance des sillons, n'est pas, dans ce cas-ci, une cause de défectuosité assez grande pour ne pas employer des machines avec succès.

Cependant nous ne conseillons l'usage des machines à tailler les petites limes, les limes douces, qu'avec une sorte de discrétion; et nous invitons les artistes qui se proposeront de les employer, de bien comparer les résultats que l'on obtient des limes, taillées de cette manière, avec celles que l'on désigne comme les meilleures, afin de déterminer si la différence qu'ils présentent, est assez peu considérable pour en permettre l'usage.

1312. Nous donnons ici, figure K et figure L, le plan de deux machines à tailler les limes. Dans la première K, qui est imprimée dans les Annales des arts et manufactures, tome 2, page 94, le marteau et le ciseau tiennent ensemble, et chaque coup du taillant du marteau imprime le sillon qui forme le grain. Dans la seconde L, le ciseau et le marteau sont séparés : le premier se soulève, et se place après avoir reçu le choc du marteau.

De la Trempe des limes.

1313. Il est difficile de tremper les limes en les chauffant à feu nu, parce que l'oxidation qu'elles éprouveraient, altérerait, en partie, le taillant de leurs aspérités. Il faut donc, en les chauffant, les préserver, autant que possible, du contact de l'air. On y parvient de deux manières : en trempant en paquet, ou en enveloppant les limes, avant de les chauffer, d'une substance qui empêche l'air d'agir sur leurs surfaces.

1314. Toutes les petites limes se trempent en paquet : on les stratifie, avec un ciment charbonneux, dans des boîtes de tôle; elles sont ainsi exposées à la chaleur d'un fourneau, jusqu'à ce qu'elles aient atteint la couleur rouge-cerise; alors on sort les boîtes; on les ouvre, et on jette les limes et le ciment dans un vase rempli d'eau froide.

On trempe encore, en paquet, ainsi que nous l'avons déjà dit, les limes de fer; celles-ci sont exposées plus long-temps à l'action du feu; elles sont élevées à une température plus haute, pour qu'elles puissent se pénétrer de matière charbonneuse, et s'aciérer à une profondeur de quelques millimètres de la surface.

1315. Mais la méthode la plus généralement employée, c'est d'envelopper les limes d'une substance liquide, de faire sécher cette substance sur la lime, puis de la porter au foyer pour la rougir, enfin, de la plonger dans un vase d'eau froide.

Lorsque les limes sont assez grosses pour être chauffées isolément, environnées d'une substance qui les préserve du contact de l'air, la trempe en est plus soignée, les limes se voilent peu, et elles éprouvent moins de défautuosité.

En effet, si, en chauffant une lime, on s'aperçoit qu'elle se déforme, qu'elle se plie, on peut la retirer; et, en frappant dessus avec un marteau de bois, la dresser, lui redonner sa forme primitive : on peut encore la plonger dans l'eau, dans la situation la plus favorable, pour l'empêcher de se voiler; la position verticale est celle que l'on a trouvée, jusqu'à présent, être la meilleure. Il est inutile d'observer qu'il faut avoir soin, en chauffant, de maintenir la lime couverte de la substance qui la préserve de l'action du vent, et qu'il faut remettre de la composition fraîche par-tout où il s'en détache.

1316. La composition dont on enveloppe les limes varie dans chaque usine. Les auteurs de l'Encyclopédie par ordre de matières (1) conseillent de prendre huit parties de charbon de corne, de cuir, ou de pattes d'oiseaux, une partie de suie et de sel marin; humecter le tout de sang de bœuf, afin de lui donner la consistance d'une bouillie.

Jars et Duhamel disent qu'en Angleterre (2) on trempe les limes dans de la lie de bière, et qu'on les passe, ensuite, à travers une masse de matière, composée d'un mélange de sel et de corne brûlée (3).

1317. Après avoir ainsi enduit les limes, on les range sur une barre de fer placée devant une grille, sur laquelle il y a un feu de charbon :

(1) Arts et Métiers, tome 8, 1^{re} partie, page 52.

(2) Voyage métallurgique, tome 1^{er}, pages 230 et 260.

(3) On pourrait enduire les limes d'une couleur noire à l'huile, assez épaisse pour recouvrir toute sa surface, et empêcher l'action de l'air.

on ne les approche du feu que successivement, et afin que l'humidité des limes puisse s'évaporer lentement, et que la composition puisse adhérer peu-à-peu à leurs surfaces. Lorsque les limes sont sèches, on en porte plusieurs à côté du foyer, là est une petite planche sur laquelle on a mis de la composition pour recouvrir les gerçures et tous les espaces vides qui peuvent se former. Les limes se placent d'abord dans les charbons, mais à une grande distance du vent du soufflet, pour que la matière s'échauffe peu, et prenne de la consistance; ensuite on les porte au grand feu afin de les chauffer assez pour les tremper.

Dès que les limes sont froides, on les retire de la caisse, dans laquelle on les a trempées; on les porte dans une autre caisse pleine d'eau, d'où on les tire, pour les nettoyer avec une brosse et du sable fin. Lorsqu'elles sont bien nettes, on les jette, de nouveau, dans une caisse pleine d'eau, dans laquelle on a délayé de l'argile, d'où on les retire ensuite pour les sécher, et les porter au magasin; là on les nettoie de nouveau, et on les frotte d'huile, pour les préserver de la rouille dans le transport: on les enveloppe ensuite, soit dans du papier sec, soit dans la paille, ce qui dépend de la grosseur et de la nature des limes; les grosses limes sont enveloppées de paille.

1318. Comme il existe de grandes différences entre les limes, on les essaie pour apprécier leur bonté: ces essais se font, en comparant les limes d'une fabrique avec celles d'une autre.

De toutes les manières d'essayer les limes, celle dont on fait généralement usage, consiste à les passer sur des fers et des aciers de différentes duretés, et à observer, dans ces passages: 1^o la manière dont elles mordent, la quantité de fer qu'elles enlèvent, et le temps que l'on emploie pour enlever une épaisseur donnée; 2^o les traces plus ou moins profondes qu'elles laissent de leur passage, ou l'uni et le poli de la surface limée; 3^o l'altération que les limes éprouvent sur les différents aciers, soit dans leurs couleurs, soit dans l'inégale dureté des dents; 4^o enfin, la durée de leur action, et l'instant où elles cessent de mordre.

1319. L'Allemagne et l'Angleterre ont fourni, pendant long-temps, la plus grande partie des limes que l'on emploie en Europe. Les grosses

limes se tiraient principalement de l'Allemagne, et les limes fines de l'Angleterre. Les horlogers, et tous les ouvriers qui font usage de limes douces et fines, préfèrent, à toutes les autres, celles qui sont fabriquées par les Anglais : cependant les limes douces sont fabriquées à Paris, avec une supériorité qui peut soutenir la concurrence avec toutes les fabrications de l'Europe. Le modeste Raoul et sa famille taillent, dans ce moment, à Paris, des limes qui peuvent être comparées aux meilleures limes anglaises.

DE LA FABRICATION DES RESSORTS D'HORLOGERIE.

1320. On appelle *ressorts*, en physique, l'effort que font certains corps pour se rétablir dans leur état naturel, lorsqu'ils ont été contraints d'en sortir par une puissance qui les a comprimés ou dilatés.

1321. On peut employer, dans la confection des ressorts, des substances solides, liquides et gazeuses. Sous cette dernière forme, les ressorts sont les plus parfaits, parce que les gaz sont imminemment élastiques, et qu'ils se rétablissent complètement sous leur premier état, lorsque la force, qui les en avait sorti, cesse d'agir.

L'acier paraît être, de tous les solides, celui qui est le plus propre à former des ressorts, aussi en fait-on un grand usage, et en construit-on, en acier, un grand nombre qui sont employés dans plusieurs circonstances. Parmi toutes les espèces de ressorts qui existent, nous ne nous occuperons que des ressorts dont on fait usage dans l'horlogerie.

1322. Pendant long-temps on n'a employé, pour diviser le temps, que des cadrans solaires, des sabliers, des clepsydres, ou horloge d'eau. Depuis six à huit siècles, on a substitué, à ces moyens défectueux, des horloges mécaniques. Quelques personnes prétendent qu'il existait des horloges à rouages dans le septième siècle : elles citent celles de Boèce, de Cassiodore (1). L'histoire fait mention de l'horloge envoyée, depuis,

(1) Encyclopédie méthodique, *Arts et Métiers*, tome 3, partie 1^{re}, page 271.

à Pepin-le-Bref, en 760, par le pape Paul I^{er}; puis de celle qui a été donnée à Charlemagne, en 807, par le calife Arroun al Raschid; mais c'est principalement dans le quatorzième siècle que les horloges se multiplièrent, et commencèrent à devenir communes.

Les horloges mécaniques sont composées de plusieurs rouages qui s'engrènent les uns dans les autres. Ces rouages sont mus par une force, et régularisés par un mouvement : la force qui fait mouvoir les horloges est, ou un poids, ou un ressort d'acier; celle qui fait mouvoir les montres est un ressort. Quant au régulateur des horloges, c'est, aujourd'hui, un pendule, dont on attribue l'invention à Huyghens, et, pour les montres, un ressort spiral dont on attribue l'invention : les uns à l'abbé de Hautefeuille, d'Orléans (1); les autres, au docteur Hook, et leur exécution à Thompson en 1658 (2).

1323. Quoi qu'il en soit de cette invention, nous observerons ici, qu'il existe, en horlogerie, plusieurs espèces de ressorts; tels sont les grands ressorts qui déterminent le mouvement des rouages des horloges, ceux des sonneries, les ressorts en spiral ou ressorts réglants, qui régularisent le mouvement des montres, les ressorts à cadran qui retiennent les montres dans leurs boîtes; les ressorts du marteau, de la détente, du guide-chaîne, etc., qui font mouvoir le marteau, la détente, la grande chaîne, etc. De tous ces ressorts, nous ne nous occuperons que des trois principaux : 1^o les grands ressorts de pendule; 2^o les grands ressorts de montre; 3^o les ressorts en spiral, ou ressorts réglants, parce que ce sont les seuls qui méritent quelque attention par la nature du travail qu'ils exigent.

Nous diviserons tout ce qui a rapport au travail de ces trois ressorts, en quatre parties : 1^o du choix de l'acier; 2^o de la formation des lames; 3^o de la trempe et du recuit; 4^o du pli des lames et de leur fixation.

(1) Encyclopédie méthodique, *Arts et Métiers*, tome 3, partie 1^{re}, page 263.

(2) *Idem*, page 385.

Du Choix des Aciers.

1324. L'espèce et la nature de l'acier doivent différer en raison des dimensions des ressorts. Lorsqu'ils sont très-petits, il faut que l'acier soit fin et homogène, parce que la plus petite différence dans sa nature en produirait de considérable dans son élasticité, et l'inégalité de cette élasticité rendrait les ressorts défectueux. Lorsqu'ils sont gros, ils deviennent roides, difficiles à plier, et très-cassants, s'ils sont d'acier fin.

Pour leur donner du corps, il faut mélanger du fer ou de l'acier mou avec l'acier dur qui est destiné au ressort, d'où il suit qu'il faut employer, dans cette circonstance, des aciers inégaux, afin d'en former une espèce d'étoffe.

1325. Pour qu'un ressort puisse produire l'effet auquel on le destine, il faut qu'il jouisse de deux propriétés : 1^o de supporter un grand pli sans se rompre ; 2^o de faire des efforts continuels pour reprendre sa forme primitive, et de la reprendre complètement lorsque la puissance qui l'a déformée cesse d'agir. Il faut, pour remplir ces deux conditions, que les ressorts aient à-la-fois de la roideur et de la souplesse.

Lorsque l'acier a peu d'épaisseur, la dureté qu'il acquiert par la trempe altère peu sa flexibilité ; nous voyons, en effet, que le verre qui est très-dur et très-cassant, est susceptible de prendre toutes sortes de plis, lorsqu'il a été tiré en fil extrêmement fin ; mais qu'il se brise aussitôt que l'on veut le plier, lorsqu'il conserve encore un peu d'épaisseur.

Si l'on peut, sans altérer sensiblement sa souplesse, donner, à l'acier mince, des trempes de diverses duretés ; il n'en est pas de même de celui qui a un peu d'épaisseur : plus on le trempe dur, plus il devient cassant, et moins il est susceptible d'être plié.

Ainsi, lorsque l'acier doit être courbé, il faut que le degré de trempe qu'il reçoit, soit en raison inverse de son épaisseur ; mais comme les degrés du refroidissement de la trempe sont fort grands pour de très-petites augmentations d'épaisseur, bientôt, l'acier qui doit être plié n'est plus susceptible d'être trempé, il faut qu'il reste mou.

Mais l'acier mou et non trempé conserve, comme le fer, le pli qu'il reçoit; il n'est plus élastique : d'où il suit qu'en employant de l'acier fin et homogène, il doit avoir des épaisseurs d'autant plus petites que l'acier est plus fin, sans quoi il serait impossible d'en construire des ressorts; c'est pour remédier à cet inconvénient que l'on forme des étoffes, mélangées d'acier fin, très-élastique, et d'acier mou, ou de fer dur, qui ont beaucoup de corps et peu d'élasticité. Nous nous étendrons davantage sur la nature et la propriété de ces étoffes, en parlant de la fabrication des armes blanches.

1326. Il nous suffit d'avoir fait remarquer que chaque espèce de ressort, relativement à ses dimensions, exige l'emploi d'un acier différent; aussi est-on parvenu, par une suite de tâtonnements, à trouver que, pour les très-petits ressorts en spiral, il faut un acier fin et homogène; pour les petits ressorts de montre, de l'acier cimenté, affiné en aplatissant, fondant et forgeant plusieurs barres ensemble, ou mieux, d'excellent acier fin et affiné de Styrie ou de Carinthie; enfin, pour les grands ressorts des horloges, des aciers différents, affinés et forgés ensemble; et que l'on connaît sous le nom d'*étouffe de pont*.

De la Formation des Lames.

1327. Les lames des ressorts des pendules s'étirent en les forgeant à chaud, et elles se finissent en les forgeant à froid.

D'abord on chauffe un morceau d'*étouffe de pont*, et on le forge jusqu'à ce qu'il ait environ 9 pieds de long, 13 lignes de largeur et une demi-ligne d'épaisseur (1); puis on le recuit dans un feu de charbon de bois brûlant naturellement.

Après le recuit, on essaie, en le pliant, si le ressort varie d'épaisseur; ensuite on le forge à froid avec la panne étroite d'un marteau; les coups sont donnés dans le sens de la largeur, parallèlement entre eux, afin de l'élargir et de l'amincir également.

(1) Bertaud, Essai sur l'horlogerie, tome 1^{er}, page 428.

Si cette première malléation ne suffit pas pour amincir l'acier au degré où il doit être, on le recuit de nouveau, et on le forge à froid; on aplatit et l'on efface les coups de marteau, en battant le ressort avec un nouveau marteau à tête un peu arrondie; après quoi on le dresse en le coupant avec des cisailles, et on le met d'égale largeur. S'il se trouvait quelques fentes, il faudrait les emporter avec les cisailles.

Ensuite on attache la lame, avec des tenailles, sur une barre de bois fixée sur l'étau; et, avec une lime neuve, on efface tous les traits, en limant le ressort dans le sens de sa longueur, et de chaque côté; on lui donne, par ce moyen, une épaisseur égale; dans cet état, elle peut avoir deux à trois douzièmes de ligne: on dresse également les côtés.

Il faut que la lame, ainsi préparée, ait une résistance uniforme dans toute sa longueur, jusqu'à un pied environ, à partir de l'un des bouts. Cette extrémité, qui doit servir à former l'œil du ressort, doit, en conséquence, avoir plus d'épaisseur. On éprouve la résistance de la lame, en la pliant, de proche en proche, en forme d'arc, afin de s'assurer que toutes les parties sont également flexibles.

1328. Pour faire des ressorts de montres, l'acier de cémentation, ou l'acier fin de Styrie et de Carinthie, est d'abord forgé en verges rondes de 5 à 6 pieds de longueur, et 2 lignes de diamètre: on fait recuire ces verges dans un feu de bois; et, lorsqu'elles sont refroidies, on les plie en forme de spirale pour en faire tomber l'écaillage (1); puis on tire ces tringles à la filière pour en obtenir des fils plus ou moins gros, relativement à la force que les ressorts doivent avoir (2).

Le fil d'acier est coupé en longueur proportionnée à celle des ressorts; il est ensuite recuit, écaillé et forgé à froid, pour l'aplatir. On le fait recuire, on l'écaille, et on le forge à trois ou quatre fois différentes, jusqu'à ce que la lame ait la largeur et l'épaisseur qui lui conviennent.

(1) Il est essentiel de faire tomber cet oxide qui pourrait s'incorporer avec l'acier, et le rendre défectueux.

(2) Encyclopédie par ordre de matières, *Arts et Métiers*, 3^e partie, tome 1, page 372.

On redresse les lames, et on les met d'épaisseur, en les passant entre deux limes M, rapprochées l'une de l'autre par un châssis qui les serre, avec la main, ou avec une vis : on redresse leurs bords, et on les étire de largeur en les passant dans des fentes, dans des calibres N, au fond desquels est une lime. Dessous ce calibre est une autre lime maintenue à une distance de la première, égale à la largeur que l'on veut donner à la lime.

Dans ces deux opérations, on humecte les limes d'un peu d'huile, afin d'éviter la formation des grains qui a lieu ordinairement lorsque les limes sont sèches.

1329. Pour qu'un seul ouvrier puisse dresser les lames, et les mettre d'épaisseur entre les limes, on fixe le ressort, par ses deux extrémités, dans de petits étaux, et on le tend sur une barre de bois, placée sur un établi O.

1330. Il reste à mettre d'épaisseur et de largeur, les bouts qui ont été préservés de l'action des limes par les tenailles ; ceux-là se dressent à la main, sur un étau, après quoi on ôte les barbes que la lime a laissées aux deux bouts des ressorts ; mais il faut, avant cette opération, sécher les lames avec de la cendre, pour enlever l'huile, et les décrasser.

Quoique les ressorts n'aient pas encore les dimensions qu'ils doivent avoir, comme la suite des opérations qu'ils doivent éprouver exige qu'ils soient trempés, nous ne détaillerons ces opérations qu'après avoir parlé de la trempe.

1331. On fabrique les ressorts des balanciers de deux manières différentes : la première, celle dont les Anglais font usage, consiste à passer l'acier fondu, à la filière, pour en obtenir des fils extrêmement minces, et d'une grosseur égale à celle dont on fait usage dans les clavecins et dans les fortés ; à faire recuire ces fils et à les passer, une ou plusieurs fois, entre les deux rouleaux d'un laminoir, jusqu'à ce qu'ils aient atteint la largeur et l'épaisseur qu'ils doivent avoir (1). On donne le

(1) Encyclopédie par ordre de matières, *Arts et Métiers*, tome 1^{er}, page 387.

nom de *bobines* aux lames ainsi préparées, et on les coupe de longueur proportionnée à chaque ressort. La seconde méthode se réduit à couper, avec des cisailles, en lames très-étroites, des ressorts très-minces, préparés comme ceux de montres, et que l'on a trempés, afin de les couper plus facilement.

De la Trempe.

1332. Il est peu de trempes qui exigent plus de soins et plus de précautions que celle des ressorts d'horloges. Il faut que les lames soient trempées également dans toute leur longueur; la plus petite inégalité occasionnerait des différences d'élasticité préjudiciables : c'est dans cette circonstance que les arts sont parvenus, avec une grande persévérance, à résoudre, d'une manière simple et élégante, un problème qui présentait de grandes difficultés.

1333. Pour tremper uniformément une bande d'acier, il faut remplir deux conditions : 1° qu'elle ait une température égale dans toutes ses parties; 2° que toutes ses parties soient refroidies également, et dans le même temps. On est parvenu à cette double solution, de la manière suivante.

D'abord on roule les lames en cercle P; ces cercles sont posés sur une roue de fer Q, chauffée uniformément, puis placée dans un fourneau de réverbère R; et, comme chaque partie peut avoir une température différente, on tourne continuellement la roue, placée horizontalement, sur un axe vertical et fixe; et, par ce moyen, chaque partie de la lame passe, successivement, dans toutes les tranches de températures égales ou variées, dans lesquelles le cercle, formé par les lames, se trouve. C'est ainsi qu'au bout d'un temps très-court, les lames acquièrent, dans toute leur longueur, une température uniforme : lorsque cette température est arrivée au rouge qu'elle doit atteindre, on retire promptement la roue; et, en la retournant, on jette le cercle, formé par les lames, dans une chaudière pleine d'huile, afin que le refroidissement soit plus lent et plus uniforme.

On chauffe uniformément la roue de fer, en la plaçant seule dans le

fourneau de réverbère, et la tournant continuellement pendant qu'elle s'échauffe; la roue, amenée ainsi à la température du rouge-cérisé, peut être employée pour chauffer plusieurs paquets circulaires de bandes, et cela tant qu'elle conserve assez de chaleur pour favoriser leur échauffement.

1334. Les grands ressorts d'horloges ont 9 pieds de longueur; ils sont tournés en spirales qui ont trois tours S, au moins, de manière à former un cercle de 12 pouces de diamètre, environ; mais, comme il serait difficile de chauffer et de tremper également les lames extérieures, et celles qui sont serrées entre elles, on enveloppe toutes les lames T, avec un fil de fer recuit, qui a une demi-ligne de diamètre; il forme ainsi une espèce d'hélice, dont les bords peuvent être écartés d'un pouce; par cette préparation, les ressorts obtiennent un échauffement plus uniforme.

En effet, la lame intérieure, celle du milieu, ne recevant, si elle touchait les autres, que la chaleur sensible qui lui serait transmise par les lames extérieures, devrait moins s'échauffer que celles-ci qui reçoivent toute la chaleur rayonnante et sensible, répandue dans l'intérieur du fourneau; et, en plongeant ensuite la spirale dans l'huile, le liquide s'infiltrant difficilement à travers les lames, celles du milieu conserveraient plus long-temps leur chaleur, et elles acquerraient une trempe moins dure. Pour déterminer un échauffement et un refroidissement plus uniformes, il faut que les lames soient séparées les unes des autres; qu'il existe un espace vide entre elles, et c'est là l'effet que l'on obtient par le moyen de l'hélice en fil de fer.

1335. Pour tremper les ressorts de montres, on les place les uns à côté des autres, dans l'ordre de leur longueur; on choisit toutes les lames qui occupent les rangs pairs, et on les entoure avec un fil de fer mou, de manière à former une hélice; ensuite on les courbe toutes en cercles, et l'on place ces cercles les uns à côté des autres, de manière à ce qu'ils aient le même centre, et que les lames lisses soient séparées par les lames bridées. Pour qu'il reste un espace vide entre chaque cercle, on place un nombre de lames tel, que la dernière, celle de l'intérieur,

forme un cercle de 4° de diamètre. Il y aurait de l'inconvénient à le faire plus petit; alors on lie tous ces cercles ensemble; on obtient ainsi un paquet P, que l'on peut échauffer sur la roue de fer, pour le tremper ensuite dans l'huile. La chauffe et la trempe des paquets sont les mêmes que celles des grands ressorts d'horloge; c'est-à-dire, qu'ils sont chauffés uniformément dans le fourneau de réverbère R, en tournant la roue Q sur son pivot, et qu'ils sont jetés aussitôt dans une chaudière pleine d'huile.

1336. Les ressorts des balanciers, faits avec de la bobine, à la manière anglaise, sont de suite pliés; ce qui a fait croire à plusieurs personnes que la trempe n'était pas nécessaire à ces sortes de ressorts; cependant, comme on les bleuit après les avoir pliés, on doit considérer cette opération comme une sorte de trempe dans laquelle l'acier acquiert la roideur qui lui est nécessaire pour obtenir l'élasticité, sans laquelle il ne serait pas ressort.

On aperçoit, en effet, que, lorsqu'après avoir exposé ces lames pliées à une température capable de les faire oxider en bleu, on les retire du feu; et on les expose à l'air; qu'elles doivent (à cause de leur extrême finesse) se refroidir instantanément. C'est donc, à proprement parler, une trempe dans l'air que l'on exécute. Mais comme cette opération est semblable ou analogue à celle par laquelle on recuit l'acier trempé, ou mieux, par laquelle on fixe l'acier plié, nous ferons connaître cette espèce de trempe, en parlant de ces deux opérations.

1337. Cette trempe préliminaire que l'on donne à l'acier, sert encore pour lui procurer la roideur qui lui est nécessaire pour supporter la suite d'opérations qu'il doit subir, afin de donner aux lames les dimensions qu'elles doivent avoir. Ces opérations sont au nombre de quatre, savoir: 1° dresser la lame; 2° la faire revenir; 3° la mettre d'épaisseur; et 4° la bleuir.

Dresser une lame, c'est la dérouler, l'étendre, et lui faire perdre la courbure qu'on lui avait fait prendre pour la tremper. Il faut, pour cela, que l'on expose la lame redressée à une chaleur nouvelle, et qu'on la laisse refroidir dans la forme qu'on lui a donnée et que l'on

veut qu'elle conserve, ce que l'on peut appeler *fixer*. Mais il faut toujours, dans cette circonstance, faire supporter, aux lames trempées, une température moindre que celle qu'elles doivent éprouver lorsqu'on les fait revenir.

1338. Il est difficile, même lorsqu'on connaît bien son acier, de lui donner, en une seule opération, le degré de trempe qui lui convient, c'est-à-dire, de dureté et de corps qui lui est nécessaire; aussi les ouvriers sont-ils dans l'habitude de donner d'abord une trempe trop dure, puis de faire *revenir* leur acier, pour l'amener au degré convenable. Ils donnent, à cette opération, différents noms : les taillandiers l'appellent *recuire*; les horlogers, *revenir*; et les Anglais, *tempérer*.

Avant de faire revenir les aciers, on essaie d'abord, à la lime, s'ils ont acquis assez de dureté par la trempe, puis on casse un bout de lame dressée pour examiner son grain à la loupe : plus il est gros, plus la température du *recuit* doit être forte. On juge de cette température par la couleur que prennent, en s'oxidant, les surfaces de l'acier, qui ont d'abord été blanchies. On juge de la couleur, à laquelle il faut faire revenir l'acier, en soumettant des fragments de lames à l'action de la chaleur et de l'air; en cherchant, à chaque nouvelle couleur acquise par l'oxidation, à lui donner le degré de courbure qu'elle doit prendre : lorsqu'elle casse, en la courbant, on lui donne une température plus élevée : on multiplie ces essais jusqu'à ce que l'on ait déterminé par l'expérience, la couleur de l'oxidation à laquelle il faut faire revenir la lame.

Comme on est dans l'usage de bleuir les ressorts pour diminuer la tendance qu'ils ont à se rouiller, il est convenable qu'on leur donne, en les recuisant, une couleur qui dépasse le bleu, tels sont : le bleu-pâle, le vert-d'eau, le gris, et cela afin de ne pas trop ramollir le ressort, en le bleuisant.

1339. *La mise d'épaisseur* des lames comporte plusieurs opérations : d'abord on plane leur surface avec la tête ronde d'un marteau, pour dresser les faces et égaliser l'écrouissement; car lorsqu'il existe des différences, elles font courber les lames et occasionnent des variations dans leur flexibilité; puis, avec des limes, et même de l'émeri, on diminue

les inégalités d'épaisseur, jusqu'à ce que, en courbant chaque partie de la lame, avec un effort constant, elle prenne, ou une courbure uniforme, ou une courbure proportionnelle à celle qu'elle doit avoir dans le barillet, si elle est destinée à former de grands ressorts.

1340. *Le bleuissage* se réduit à exposer les lames blanches à l'action de l'air et de la chaleur, soit dans un fourneau de reverbère, soit sur le feu d'un fourneau, jusqu'à ce que, par l'oxidation, la surface soit parvenue à un bleu indigo très-intense.

Après avoir retiré les grands ressorts d'horloges, de l'huile, dans laquelle on les a trempés, on coupe avec des tenailles le fil de fer qui les entourait; on les nettoie avec de la cendre, et l'on blanchit avec des briques, du grès ou du sable, leur surface concave.

Un fourneau U, rempli de charbons embrasés, est recouvert d'une plaque de fer de 2 lignes d'épaisseur, un peu convexe en dessus: on pose et l'on appuie sur la plaque de fer, la lame trempée *a, a*, de manière que la surface blanchie soit en dehors; elle s'échauffe et se colore. A mesure que la lame acquiert la couleur que le corps de l'acier exige, on la glisse sur la plaque, et chaque partie de la lame y passe successivement jusqu'à ce qu'elle soit entièrement revenue.

1341. Il est utile d'observer que, dans ces sortes de ressorts qui n'exigent ni autant de soin, ni autant de préparation que ceux des montres, les deux opérations de faire redresser et revenir, s'exécutent à-la-fois.

La lame revenue est placée et courbée chaque fois, pour juger de sa flexibilité: lorsque le ressort est aplani et égalisé, on le met de largeur avec une lime; on le coupe de longueur, on arrondit ses bords, on le blanchit, enfin, on l'adoucit avec une lime douce et de l'huile, (les traits de la lime sont conduits dans le sens de la longueur), puis on le polit à l'émeri; soit en le frottant avec un morceau de bois de noyer, soit, ce qui est préférable, en le passant entre deux morceaux de bois de noyer couverts d'émeri, et fortement serrés l'un contre l'autre, V.

Enfin, on *bleuit* le ressort en le plaçant sur la plaque de fer convexe U, posée sur un feu de charbons entretenu dans le fourneau qu'elle recouvre.

1342. Les ressorts de montres éprouvent après la trempe, un travail beaucoup plus considérable, parce qu'ils exigent plus de perfection.

D'abord on les retire de l'huile pour les passer à la cendre chaude et les dégraisser; ensuite on en fait des paquets de 18 à 20 lames X, que l'on fait revenir à la couleur jaune ou orange, pour les *dresser* et les *fixer*.

1343. Afin de fixer les lames dans une position constante, on les recuit en paquets que l'on maintient avec quelques liens de fil de fer *aaa*; on blanchit les bords avec une brique ou avec du grès, pour mieux juger des couleurs qu'elles prennent au feu, et on les fait revenir, soit dans le fourneau de réverbère, soit dans un fourneau de terre chauffée avec du charbon de bois; ce dernier fourneau est recouvert d'une plaque de fer, dont on juge de la chaleur en y faisant des traces blanches avec une lime, et en observant celles que ces traces prennent par l'oxidation.

On défait ces premiers paquets pour en former de nouveaux, afin de pouvoir faire revenir une grande quantité de lames à-la-fois; on réunit, dans ces nouveaux paquets, trois ou quatre douzaines de lames que l'on bride et serre fortement avec du fil de fer doux et recuit; on arrange ces lames par ordre de grandeur comme dans le premier cas, en plaçant les plus courtes au centre, et les plus longues à la surface, et l'on fait supporter à ces paquets, soit dans le fourneau de réverbère, soit dans le fourneau de terre, une température propre à leur donner la couleur que le recuit exige, relativement à la nature de l'acier et à la trempe qu'il a supporté.

En général, l'acier de Styrie exige moins de recuit que celui d'Angleterre.

On dresse et l'on fixe les ressorts, pour pouvoir serrer et comprimer plus fortement les lames lorsqu'on les fait revenir; aussi, lorsqu'elles sortent de cette opération, et qu'elles ont été débridées, sont-elles plus droites et plus plates qu'elles n'auraient pu le devenir avec le marteau.

Cependant, comme elles conservent encore quelques plis, occasionnés par l'inégalité de leur écrouissement, il est nécessaire de les redresser, et comprimer également toutes leurs parties; c'est ce que l'on obtient,

en les planant avec un marteau à tête ronde ; ensuite on les met d'épaisseur, et on les blanchit avec de l'huile et de l'émeri : on nomme cette opération *passer dans les grands plombs*.

1344. Quelques ouvriers font revenir les ressorts une seconde fois ; c'est-à-dire, qu'après les avoir dressés au marteau, ils les mettent en paquet, blanchissent leurs bords, les brident, et les planent avec un marteau à tête moins ronde.

Ce second *revenu*, qui doit être plus fort que le premier, rend les ressorts plus droits et plus plats ; il leur donne une élasticité plus uniforme.

Après un seul, ou après deux *revenus*, (selon le mode que l'on emploie), on dresse les bords des lames, et on les met de largeur avec la lime, puis on les blanchit.

1345. Il est nécessaire que les lames puissent se plier inégalement dans toute leur longueur. Les ressorts ont, dans leur barillet, la forme d'une spirale ; la courbure qui commence sur l'axe étant placée au-dessous de celles qui la recouvrent, il s'ensuit qu'elles doivent avoir un moindre rayon de courbure ; de là, qu'il est essentiel, non-seulement que les parties correspondantes des lames puissent supporter ces différents plis, mais encore que leur flexibilité soit dans un tel rapport, qu'elles aient la même tendance à se débander dans chaque spirale, quel que soit leur rayon de courbure. Ce problème aurait pu être résolu de deux manières : 1° en faisant revenir les lames inégalement, c'est-à-dire, en leur faisant supporter une température inverse du rayon de courbure qu'elles doivent avoir ; 2° en leur donnant une épaisseur inégale et proportionnelle à leur rayon de courbure. C'est cette seconde solution que l'on emploie dans la pratique, et l'on construit maintenant des ressorts en forme de fouet, qui résolvent parfaitement la question.

1346. Pour obtenir cette forme, figure V, on pose, l'un sur l'autre, deux forts madriers de noyer *mm*, ou d'autres bois durs, qui aient de 18 à 24 pouces de longueur, c'est-à-dire, d'une longueur égale à celle des plus grands ressorts. Ces deux plans, recouverts d'émeri, sont comprimés par un poids *p*, placé à l'extrémité d'un levier *l*, qui pèse

dessus; ils sont maintenus parallèlement, l'un à l'autre, par des crochets.

On place, entre les deux madriers, la lame que l'on veut blanchir; et, en la tirant par une de ses extrémités, on oblige chacune de ses parties à se dégager, l'une après l'autre, du frottement et de la pression qu'elles éprouvent. Le bout par lequel on tient la lame dans une tenaille, et par lequel on la tire, se dégage d'abord, et n'éprouve qu'un frottement d'une courte durée; celles qui suivent en éprouvent davantage, et ainsi de proche en proche, jusqu'à l'autre extrémité, qui est obligée de parcourir toute la longueur des madriers, et qui éprouve le frottement le plus considérable. Or, comme plus les parties d'une surface également dure, éprouvent de frottement (en supposant celui-ci uniforme), plus elles doivent s'user, et plus les épaisseurs auxquelles elles correspondent doivent diminuer; il s'ensuit que la lame, dans cette opération, doit diminuer successivement d'épaisseur, depuis l'extrémité qui se dégage la première des madriers, jusqu'à celle qui se dégage la dernière; et que, dans toute sa longueur, cette diminution doit être proportionnée à sa distance de l'extrémité déagée.

Cette solution d'un problème très-difficile en apparence, et qui est cependant très-simple et très-élégante, est due à l'auteur de l'article *Ressort*, publié dans l'Encyclopédie méthodique (1).

1347. Après le passage des lames dans les grands plombs V, on polit les bords, en plaçant les ressorts dans une coulisse faite sur des pierres à l'huile Y; ensuite on polit les faces à la main, avec deux bandes de plomb attachées sur des châssis que l'on serre avec les mains : on met, sur les plombs, de l'émeri fin et de l'huile.

1348. Pour *bleuir*, on essuie les ressorts avec de la cendre; on place de vieilles limes sur un feu de charbon de bois; les lames se mettent sur ces limes, s'y échauffent, et se colorent par l'oxidation. On préfère des limes à tailles rudes, parce que les lames n'étant en contact qu'avec

(1) Arts et Métiers, tome 3, 1^{re} partie, page 371.

des points éloignés de la masse de fer échauffée, on suit mieux la gradation de la coloration.

Les ressorts en spirale, des balanciers, n'étant bleuis qu'après avoir été courbés, nous remettrons à parler du procédé que l'on pratique, après avoir décrit cette opération.

Du Pli des lames, et de la Fixation des plis.

1349. Les lames bleuies éprouvent trois opérations avant d'être placées dans le barillet : 1° on fait les ouvertures du crochet; 2° on les tourne en spirales; 3° on fixe le pli.

1350. Avant de *percer les ouvertures* des crochets Z, et pour faciliter leur percement, on plie les lames; et, d'un coup de lime, on ébauche l'ouverture, que l'on termine ensuite, après avoir redressé le bout plié; mais, comme l'acier trempé pourrait se casser en le pliant, il faut, avant, faire détremper les bouts des lames; ce qui s'exécute en les exposant à une température aussi haute, au moins, que celle qu'elles ont éprouvée lorsqu'elles ont été trempées.

Ce n'est qu'après avoir percé les deux ouvertures, que l'on *courbe les lames*, soit en les roulant sur un arbre avec précaution, pour les empêcher de se rompre, soit en les pliant peu-à-peu, et de proche en proche, avec des pinces.

Enfin, comme la lame pliée a une tendance à redevenir plane, et que l'on peut lui rendre facilement sa première forme en la déroulant, on la *fixe*; c'est-à-dire, qu'on lui donne la propriété de conserver sa forme spirale, et cela, en la chauffant un peu dans cette position; pour lors elle se replie d'elle-même, lorsqu'après avoir été déroulée par une puissance, celle-ci cesse son action.

1351. On chauffe le ressort d'horlogerie à l'un des bouts de la lame pour le faire revenir; on le chauffe graduellement dans la longueur d'un pied environ, puis on chauffe plus fortement dans l'endroit où doit être le trou, de manière à faire rougir le ressort dans l'étendue d'un pouce, à partir de l'extrémité. On plie alors la lame, dans cet endroit,

pour y faire un trou carré. On rougit également l'autre bout pour former le second trou ; mais on le chauffe seulement dans l'endroit où le trou doit être fait.

Alors on place le bout de la lame sur un arbre de 2 pouces de diamètre environ, et l'on y roule le ressort en faisant tourner l'arbre. Pour diminuer les rayons de courbure, et empêcher que la lame ne casse par un passage trop rapide de la forme droite qu'elle avait à la courbure qu'elle doit avoir, on recouvre les spires successives avec du carton, pour les empêcher de se toucher : on pose ensuite le ressort sur un arbre plus petit pour resserrer les spires ; ce que l'on continue jusqu'à ce que l'arbre, sur lequel on roule les lames, n'ait que 6 lignes de diamètre.

Le ressort, ainsi plié successivement, s'éprouve de deux manières : d'abord on le place dans le barillet, puis on le fait tourner jusqu'à ce qu'il soit entièrement tendu : on lâche le ressort, et l'on compte le nombre de tours qu'il fait faire au barillet ; ce nombre doit être de sept et demi ; puis on entoure le barillet d'une corde que l'on charge de poids jusqu'à ce qu'ils fassent équilibre au ressort. L'effort le plus favorable doit varier entre six et sept livres. Après chaque essai, on diminue la longueur ou l'épaisseur du ressort, jusqu'à ce qu'il puisse produire les deux résultats que l'on se propose d'obtenir dans les épreuves.

1352. Pour les grands ressorts de montre, on casse d'abord un des bouts, que l'on rougit, à la flamme d'une chandelle, de la longueur de 2 ou 3 lignes, afin de pouvoir le plier. Cet échauffement doit se faire d'une telle sorte, que la température diminue jusqu'à un pouce de distance, et forme, dans cette longueur, une espèce de recuit.

En grand, on recuit environ vingt-quatre ressorts à-la-fois, et on les chauffe avec du charbon.

On arrondit ensuite le bout à la lime ; on le plie pour former l'œil.

L'opération de courber se fait, sur un arbre, de la même manière que pour les grands ressorts d'horlogerie : d'abord on les roule sur l'arbre le plus fort, en plaçant une feuille de gros parchemin entre les

spires ; après , on lâche la manivelle pour détendre le ressort , et le rouler de nouveau , sans parchemin , sur un arbre plus petit.

Alors on casse l'autre bout du ressort pour faire le second œil , après avoir déroulé quelques pouces , et avoir fait rougir à la chandelle quelques lignes seulement , à partir du bout. Le trou étant fait , on roule , de nouveau , le ressort , en le serrant fortement sur l'axe ; puis on le fixe en le faisant chauffer sur la plaque de fer qui recouvre le fourneau : on peut juger , par la couleur de la tranche de l'œil , qui a été blanchie , de la température que prend le ressort : on est dans l'habitude de chauffer jusqu'à ce que le blanc tende à se colorer , à devenir jaune ; ensuite on le place dans le barillet.

1353. Les ressorts de balanciers exigent moins de travail. Lorsqu'ils ont été coupés de longueur et de largeur , (soit qu'ils aient été faits avec des ressorts de montre , ou avec de la bobine) : on les plie , d'abord , carrément par un bout *a* , fig. II , avec des pinces plates ; puis on continue à les courber *b, c, d* , avec des pinces rondes , jusqu'à ce qu'on leur ait fait prendre le nombre de tours , ou de spires , qu'ils doivent avoir ; alors on les trempe , on les bleuit , et on les fixe en même temps , en les plaçant dans les deux mâchoires d'une tenaille que l'on a fait chauffer , en les y laissant assez de temps pour leur faire prendre la température qui leur est nécessaire.

Pour connaître le degré de chaleur que les tenailles ont acquise , on raie le dessus des mâchoires avec une lime , et l'on observe , sur cette raie , la couleur qu'elles prennent : on retire les tenailles lorsque la raie prend une couleur bleu-pâle.

1354. En chauffant les grands ressorts pour faire les trous , on fait recuire une plus longue étendue de lame d'un bout que de l'autre ; c'est toujours vers l'extrémité qui se fixe à l'axe du barillet que cette plus grande étendue de recuisson a lieu ; elle devient nécessaire pour donner plus de flexibilité à cette partie de la lame , qui doit éprouver une plus grande courbure que les autres.

1355. On peut , si l'on desire de plus grands détails sur la fabrication des ressorts , consulter *l'Art de l'Horlogerie* par Berthoud ; l'article

de *l'Horlogerie* de l'Encyclopédie par ordre de matières, et tous les ouvrages qui traitent de cet objet.

DU TRAVAIL DE L'ACIER MÉLANGÉ OU HÉTÉROGÈNE.

1356. Quoique l'acier hétérogène soit employé dans le plus grand nombre des ouvrages où l'on fait usage d'acier, et cela parce que c'est celui qu'on obtient le plus facilement, qu'il est le plus généralement répandu dans le commerce, et le plus propre à fabriquer les objets qui doivent avoir beaucoup d'élasticité; nous nous contenterons cependant de donner ici la description de deux des arts où il est principalement employé : 1^o *l'art de fabriquer les armes blanches*, 2^o *l'art de fabriquer les faux*; et cela afin d'éviter un trop grand nombre de répétitions inutiles, et de pouvoir enfin terminer cet ouvrage.

DE LA FABRICATION DES ARMES BLANCHES.

1357. La nécessité où les hommes se sont trouvés de se défendre contre les animaux féroces et contre leurs semblables, a fait imaginer l'usage des armes.

D'abord on s'est servi de bâtons, puis de massues : on a aiguisé les premiers pour percer ; on a chargé l'extrémité des secondes pour assommer. Les pointes et les massues ont été formées de différentes substances, parmi lesquelles les métaux ont occupé le premier rang ; et, parmi les métaux, on a donné, à l'acier, une préférence que ses propriétés et ses qualités lui ont méritée.

1358. Nous ne nous proposons pas de traiter de toutes les armes employées par les différentes nations qui peuplent la surface de la terre; nous ne suivrons pas l'histoire des révolutions qu'elles ont éprouvées; comment on est parvenu, et successivement, à les acérer et à les construire entièrement d'acier. Cette histoire, dont l'origine nous est inconnue, ne pourrait être décrite que dans un ouvrage complet sur l'usage et la fabrication des armes.

Celles dans lesquelles l'acier entre, comme substance principale, sont : les haches d'armes, les flèches, les javelots, les piques, les halberdars, les pertuisanes, les baïonnettes, les sabres, les coutelas, les épées, les dagues, les poignards, etc. etc.

1359. Comme nous ne nous proposons, dans cet article, ainsi que dans les arts que nous avons déjà décrits, que de faire connaître des procédés à l'aide desquels on puisse bien distinguer l'acier, soit sous le rapport des propriétés qui le caractérisent, soit sous le rapport du travail qu'il peut supporter, nous ne décrirons, parmi tous les travaux que les armes éprouvent, que la seule fabrication des sabres, et nous la diviserons en cinq parties : 1^o de l'acier qu'on doit y employer ; 2^o du travail des lames ; 3^o de la trempe ; 4^o de l'émouillage ; 5^o des épreuves.

De l'Acier employé à la fabrication des armes blanches.

1360. On fait usage des sabres, de plusieurs manières : les Européens pointent, frappent et coupent avec leurs armes. Les Asiatiques, les Tartares, ne les emploient ordinairement que pour couper. L'acier avec lequel on fabrique ces armes, doit avoir des propriétés dépendantes des usages auxquels on les destine. Les sabres des Européens doivent être forts, élastiques, et capables de supporter de grands chocs sans se rompre, sans se courber, ni se fausser ; ceux des Asiatiques n'exigent qu'un tranchant fin, aigu, qui coupe sans pression ; aussi les sabres de cette nation sont-ils ordinairement d'une grande fragilité, et se brisent-ils souvent au plus léger choc.

Pour fabriquer les sabres européens, il faut une nature et une composition d'acier telles que les lames qu'on obtient soient dures, élastiques, et susceptibles de supporter un tranchant moyen, uni, et qui ait beaucoup de corps ; car, c'est principalement en frappant, comme avec des haches, que l'on coupe avec ces sabres. Pour fabriquer les lames asiatiques, il faut un acier dur, qui puisse prendre un tranchant extrêmement fin, parce que c'est en glissant, comme si l'on se servait d'un rasoir, que ces sabres doivent couper. Mais, pour qu'ils coupent

plus facilement en glissant, il est essentiel que le taillant ait des parties saillantes et rentrantes aigues, c'est-à-dire, qu'elles aient la forme d'une scie extrêmement fine, et dont on ne puisse apercevoir les dents et les inégalités qu'à l'aide d'une forte loupe. —

1361. Les deux espèces d'aciers, nécessaires à la fabrication de ces armes, se rencontrent rarement dans la nature; elles doivent être hétérogènes, et formées d'un mélange, d'une combinaison d'acier de diverses natures, propres à produire un composé, une étoffe qui jouisse des propriétés essentielles à chaque espèce d'armes. Ce composé est nécessaire aux armes européennes, pour leur procurer l'élasticité qu'elles doivent avoir; il est nécessaire aux armes asiatiques, pour leur donner ce taillant, en forme de scie, qui facilite leur tranchant.

Nous avons déjà vu (nos 1292 et 1293), en parlant de l'élasticité des lames d'aciers, avec lesquelles on obtient les grands ressorts des horloges, qu'il était nécessaire qu'elles fussent fabriquées avec une étoffe composée de différents aciers, parce qu'un acier homogène, trempé à un degré de dureté tel qu'il puisse, après avoir été courbé par une puissance, reprendre sa forme primitive aussitôt que la puissance cessait d'agir, se cassait toujours lorsque la lame avait un peu d'épaisseur. Comme les lames de sabres sont beaucoup plus épaisses que celles des grands ressorts des horloges, il est plus essentiel encore de les fabriquer avec une étoffe qui puisse leur procurer les qualités qui les rendent propres aux usages auxquels on les destine.

En soudant ensemble des lames d'acier d'inégale dureté, et même du fer dur, on forme un tout composé de lames minces des différents aciers superposés : en les trempant tous à la même température, l'acier fort prend une trempe dure, tandis que l'acier faible en prend une molle; les lames du premier résistent, et tendent à reprendre leur première forme; elles se comportent comme des lames minces d'acier fin : les lames des seconds cèdent à l'effort, et conserveraient leur position si une force nouvelle ne les obligeait à en sortir. L'acier mou et le fer dur interposé entre chaque lame d'acier mince et dur, les lie de manière que chacune de ces dernières cède à l'effort, comme si

elles étaient séparées en même-temps qu'elles agissent concurremment, comme si elles ne formaient qu'un tout indivisible. Une étoffe, ainsi formée, jouit donc à-la-fois de la propriété élastique des lames très-minces d'acier fort dur, en même-temps qu'elle réunit la force, la résistance et la souplesse d'un acier mou, pour supporter tous les chocs, sans se rompre.

Mais ce mélange des différents aciers, et même d'un fer dur, doit varier selon la grosseur et l'élasticité des lames : on fait entrer, dans l'étoffe des ressorts de voiture, qui ont une grande épaisseur, beaucoup de fer dur : on fait entrer, dans l'étoffe des grands ressorts d'horloges, des aciers plus ou moins durs, mais qui n'ont entre eux qu'une petite différence : tout consiste donc, en formant son étoffe, à choisir les différents aciers qui doivent entrer dans leur composition, et à les proportionner à l'épaisseur de la lame que l'on veut obtenir. En général, plus la lame est mince, plus l'acier doit être homogène ; plus elle est grosse, plus il doit y avoir de différence dans la dureté des aciers qui la composent.

1362. On se sert ordinairement, pour fabriquer les armes blanches, d'acier naturel, obtenu en traitant directement de la fonte de fer dans des forges d'affineries ; les loupes, comme on l'a vu plus haut (nos 697 et 1141), sont composées d'acier extrêmement varié : on y trouve à-la-fois des billots d'acier très-dur et très-fin, à côté de billots de fer dur ou d'acier ferreux. Ces masses d'aciers, si diversifiées, sont, par le mélange des substances qui les composent, les plus propres à former toutes les espèces d'étoffes dont on peut avoir besoin.

1363. On choisit, parmi les différents aciers obtenus d'une loupe, des barres d'acier fin et mou, à-peu-près en égale quantité ; on étire celle-ci en lames de 18 lignes de largeur sur 3 d'épaisseur : on forme, avec ces lames, une trousse composée de deux grandes lames d'acier mou, entre lesquelles on place des barres d'acier dur et mou, parfaitement mêlées : on place ordinairement, au milieu de la trousse, une bande d'acier fin et dur. Cette trousse, ainsi chauffée, forgée et étirée, comme nous l'avons dit précédemment (no 874), forme l'acier à une marque.

Cet acier, replié sur lui-même, chauffé, forgé et étiré, forme l'acier à deux marques; enfin, lorsqu'on le plie de nouveau, pour le chauffer, le forger et l'étirer, on obtient de l'acier à trois marques.

Nous devons le dire ici, c'est du choix des aciers, dans la composition des trousse, que dépend la qualité de l'étoffe (bien entendu que la qualité est toujours dépendante de l'usage auquel on le destine); si elle était trop molle pour la fabrication des sabres, elle pourrait être bonne pour les ressorts de voiture; de même, étant trop dure pour des sabres, elle serait convenable pour de grands ressorts d'horlogerie.

1364. Il existe, dans toutes les fabriques, une opinion sur la bonté des aciers obtenus dans chaque aciérie, assez fortement prononcée pour faire rejeter, sans examen, toute espèce d'acier provenant d'une aciérie différente de celle qui le fournit habituellement. Cette opinion a souvent pour motif un essai fait de ces aciers, quels qu'ils soient. Nous croyons devoir annoncer que tous les aciers obtenus avec de la fonte, susceptible de produire de bons fers, peuvent être employés, avec succès, à la fabrication des armes; tout consiste à choisir, parmi ceux que les loupes produisent, le mélange d'acier dur et mou, le plus propre à former l'étoffe la plus favorable à la fabrication des armes.

Depuis long-temps, on ne faisait usage, à la manufacture impériale de *Klingenthal*, que de l'acier du pays de *Nassau*. Les ouvriers étaient persuadés qu'il était impossible d'obtenir de bonnes armes avec d'autres aciers. L'officier d'artillerie de terre, *Levavasseur*, chargé de la surveillance de cette fabrique, voulant s'assurer du degré de confiance que méritait l'assertion des ouvriers, pria le ministre de la guerre de nommer une commission, pour y faire des expériences, sur la fabrication des armes, avec des aciers de France, et il indiqua les aciers de *la Hutte*, dans les Vosges, comme étant le plus à la proximité de *Klingenthal*.

Nous fûmes nommés, avec l'inspecteur général *Vilantroy*, et l'officier d'artillerie *Levavasseur*, pour suivre ces expériences, que nous variâmes d'un grand nombre de manières, et nous obtînmes un résultat assez semblable avec les deux espèces d'acier.

1365. Il est facile de conclure, de la manière dont l'étoffe est fabriquée, qu'elle est formée de lames d'acier de différente dureté, placées parallèlement les unes aux autres, et dans une direction unique, celle des barres obtenues. On peut s'assurer de la vérité de ce résultat, en blanchissant deux faces adjacentes de la barre, et en posant une goutte d'acier nitrique sur ses faces; on voit ensuite, par la couleur, plus ou moins noire, que prennent les différentes tranches, en raison de leur degré d'aciération, dans quel ordre sont placés les différents aciers, ainsi que l'épaisseur et la direction de chacune de leur lame successive.

Cette direction des lames de l'étoffe, dans le sens de la longueur des barres, n'est pas rigoureusement essentielle. Nous verrons bientôt qu'on peut obtenir des armes parfaitement élastiques, et susceptibles de supporter toutes les épreuves, quoique la direction des lames des substances qui composent l'étoffe soit excessivement variée et contournée.

1366. Les lames les plus estimées des Asiatiques, sont celles qui portent le nom de *damas*, nom d'une ville très-ancienne de l'Asie, célèbre par son antique industrie, et, en particulier, par les étoffes de soie, et les armes qu'on y fabrique. Aujourd'hui, la plus grande partie de ces lames viennent de la Perse : il serait difficile d'assurer si les premières étaient élastiques, comme nos sabres européens. On paraîtrait porté à le croire, par l'élasticité de quelques lames anciennes dont les Asiatiques font un très-grand cas. Mais, ce qui paraît très-positif, c'est que le plus grand nombre des lames fabriquées aujourd'hui se cassent avec beaucoup de facilité.

Ce qui distingue principalement ces lames de celles qu'on fabrique habituellement en Europe, c'est qu'elles sont couvertes de veines noires et blanches très-fines, quelquefois même d'une espèce de sablé noir et blanc, qui disparaît lorsque l'on polit la lame, et qui reparait aussitôt, en passant une légère couche d'acide sur la surface. Ces veines et ce sablé noir et blanc prouvent que l'étoffe, dont ces sabres sont formés, est composée de lames extrêmement minces de fer et d'acier, de divers degrés d'aciération, soudés les uns sur les autres.

Tout fait croire que c'est à ce mélange qu'on doit attribuer la finesse

du taillant qu'obtiennent ces sabres ; car il résulte nécessairement, des divers degrés d'acier qui les forment, que les plus mous étant plus profondément usés par la meule et par le poli, le tranchant de la lame doit former cette série fine dont la dentelure imperceptible est si favorable pour couper, avec facilité, les corps les plus mous.

1367. Nous ignorons les moyens que les Asiatiques emploient pour faire ces sabres si renommés ; mais aussitôt qu'on a pu reconnaître la cause des différentes couleurs qui distinguent l'étoffe de ces armes, des savants français se sont occupés des moyens de les fabriquer. Parmi eux, celui qui a obtenu le plus de réputation, dans la fabrication de ces sortes de lames, c'est le célèbre Clouet, dont nous avons déjà parlé.

Qu'on ne croie pas, cependant, que la fabrication des lames de Damas fut inconnue en France, à l'époque où Clouet (sur l'invitation du général Joubert, alors commandant à Mézières) s'occupa de la solution de cet intéressant problème ; car Perret, coutelier de Paris, indique, dans les notes de son Mémoire sur l'Acier, couronné par la Société des arts de Genève, et imprimé en 1779, le procédé qui était connu, à cette époque, pour obtenir l'étoffe de Damas (1), lequel diffère très-peu de celui de Clouet, qu'on publia en ventose an XII (mars 1804) (2) ; mais, ce qui distingue principalement le travail du métallurgiste français, c'est qu'il a vaincu, par sa persévérance, les difficultés que présente l'exécution des beaux dessins qu'on observe sur les lames des sabres de Perse, et qu'il a résolu, avec beaucoup d'élégance, les divers problèmes qu'ils présentaient.

1368. Pour obtenir cette étoffe, on étire séparément des lames d'acier très-fin, d'acier mou et de fer, auxquelles on donne communément un pied de longueur, un pouce de largeur, et une ligne d'épaisseur. Plus elles sont minces, et plus on peut donner de finesse aux veines blan-

(1) Mémoire sur l'Acier, page 95.

(2) Journal des Mines, tome 15, page 421.

ches et noires qui recouvrent la surface des lames. On forme une trousse A (planche 64), de quinze à dix-sept de ces lames, qu'on ordonne tellement, qu'il y ait toujours une lame d'acier mou, ou une lame de fer, entre deux lames d'acier dur; les deux lames extérieures sont de fer, ou d'acier mou, et celle du milieu, d'acier fin.

Cette trousse est chauffée au rouge-vif, pour être soudée, forgée un peu méplat, et étirée. On recouvre la trousse d'argile, ou de sable fusible, pour faciliter la soudure, en détruisant et en dissolvant l'oxidule; puis on chauffe le barreau au rouge-blanc, on le porte dans un étau B, où on le tord en forme de vis pour contourner les lames qui le composent; on l'aplatit, et on le forge en lame, de 8 à 9 lignes de largeur, sur 3 à 4 d'épaisseur : c'est ainsi qu'on obtient l'étoffe de Damas ordinaire.

Si l'on veut avoir quelques détails sur le procédé à suivre pour obtenir un arrangement de lames propres à produire un dessin donné, on peut consulter l'excellent Mémoire de Clouet, imprimé dans le Journal des Mines (1). Avec cette étoffe, on prépare celle qu'on doit donner aux sabres, en coupant en deux la barre de Damas obtenue, en plaçant une lame de bon acier fin entre les deux parties de la barre, chauffant, soudant et forgeant ces trois morceaux réunis : l'étoffe qu'on obtient de cette manière, jouit du triple avantage de former, avec la lame du milieu, un excellent tranchant; de produire, sur les faces des lames, des dessins variés *c*, formés de veines cotonnées, noires et blanches; et d'avoir une élasticité capable de résister à tous les chocs.

1369. Nous sommes loin de croire que cette étoffe, à laquelle le coutelier Perret a donné le nom de *damas artificiel*, soit la même que celle avec laquelle on fabrique aujourd'hui, en Perse, ces lames si estimées. Perret croit (et nous n'avons aucune raison pour nous réunir à son opinion, ou pour la contredire) que l'acier, dont on fait usage dans ces deux endroits, est de l'acier fondu.

(1) Tome 15, page 421.

C'est par la lame d'acier, soudée entre les deux lames d'étoffe damassée, que les sabres européens coupent; et leur tranchant ne diffère point des tranchants ordinaires; rien ne contribue donc à produire cette dentelure fine qui caractérise ceux des vrais damas. En examinant ceux-ci avec soin, on n'aperçoit aucune différence entre l'étoffe du taillant et celle de la surface; elles forment l'une et l'autre le même dessin prolongé, lorsqu'on passe de l'acier dessus; ce qui fait croire que la lame entière est formée de la même substance.

Cependant, nous ne nous dissimulons pas qu'il doit exister de grandes difficultés pour obtenir un acier fondu, contenant une combinaison intime de fer et d'acier, ou d'acier à divers degrés, susceptible de produire ce sablé noir et blanc qu'on distingue sur un grand nombre de sabres. Avouons donc franchement notre ignorance à cet égard, et osons confesser que nous ne connaissons encore aucun des moyens qu'on emploie pour obtenir les bonnes lames asiatiques.

Quoi qu'il en soit, nous devons prévenir qu'on fabrique, aujourd'hui, de très-belles lames de damas artificiel dans la manufacture de *Klingenthal*. Le directeur de cette manufacture nous en fit présent d'une, qui est d'une très-belle exécution, et qui a même, sur la véritable lame de Damas, une sorte de supériorité dans l'exécution des dessins que produit l'étoffe de la surface.

Du Travail des Lames.

1370. On peut diviser, en sept parties, le travail des lames : 1° étirer la maquette; 2° souder le plion; 3° distribuer la matière dans les lames; 4° former les plans creux; 5° former le tranchant, et donner la courbure; 6° forger la soie; 7° l'examen des lames forgées.

1° On appelle *maquette* une portion de l'étoffe, forgée de manière à lui donner une forme approchante de celle que la lame doit avoir. En général, la longueur et la largeur de la maquette ont les deux tiers de celles de la lame finie, tandis que l'épaisseur est une fois et demie plus grande.

2° *Le plion* est un morceau de fer plié en forme de V, que l'on soude dans le haut de l'arme pour former la soie, c'est-à-dire, une espèce de pyramide, qu'on introduit dans la poignée, et qui sert à la fixer à l'arme. Ce travail se fait en deux chaudes; il est exécuté par le maître et le compagnon qui forgent l'arme.

3° *Distribuer la matière*, c'est chauffer et forger la maquette, afin de distribuer inégalement l'acier, suivant des proportions convenables à l'arme. Il faut, en faisant cette distribution, prévoir ce que les estampages feront perdre et gagner sur chaque partie, afin de ne laisser, dans chacune, que la matière absolument nécessaire. Si, dans cette distribution, la maquette contient trop d'acier, il faut que le forgeron conduise cet excédent vers la pointe, afin de pouvoir l'en séparer, en terminant le biseau.

Cette opération se fait ordinairement en cinq chaudes : dans la première, vers le talon où il y a un peu à réduire, on peut avancer l'ouvrage de 9 pouces; dans les dernières où il y a beaucoup à travailler, on ne peut l'avancer que de 7. On chauffe, chaque fois au demi-blanc, la partie de la maquette, que l'on se propose de travailler.

4° Pour rendre les armes plus légères, on les évide : on nomme ces vides *pans creux*; ils se font avec des *étampes*, entre lesquelles la lame est placée. Ces étampes sont de deux sortes : les unes commencent le pan creux, les autres le terminent; les premières produisent un arrondissement conforme à celui que la lame obtiendra, en la présentant de travers à la meule; les secondes produisent un enfoncement semblable à celui que formerait une meule plus petite, qui ne ferait, sur chaque point de sa longueur, qu'un vide d'un quart. Ce travail s'exécute, ordinairement, en trois séries de deux chauffés, au demi-blanc chacune. Il est des sabres dont quelques séries exigent jusqu'à quatre chauffés.

5° *Le tranchant* se forme, en frappant à plat sur le bord de la face de la lame où il doit exister : celle-ci se pose sur une étampe à chanfriner. C'est le maître seul qui exécute ce travail.

En frappant sur le bord de la lame, pour former ce tranchant, on

amincit et l'on élargit le bord; l'élargissement, devenant plus considérable du côté où se forme le tranchant, que du côté opposé, il s'ensuit que cette opération contribue naturellement à former une *cambrure* concave du côté du dos, comme celles des sabres européens : on aide cette cambrure en frappant, de temps en temps à plat, sur le dos de la lame, et on la contrarie en frappant également sur le tranchant.

Quelquefois on facilite la cambrure à l'aide des étampes, qu'on appuie plus fortement du côté convexe que du côté concave.

6° *Forger la soie*, c'est chauffer, et forger le plion qu'on a soudé sur le talon des lames.

7° Il faut, avant de *tremper* les lames, examiner si elles sont susceptibles d'être terminées : pour cela, le contrôleur regarde, avec soin, si la lame n'a ni doublure, ni travers, ni marque de feu; puis il vérifie les épaisseurs au calibre, et la cambrure au fourneau.

1371. Les instruments, dont on se sert pour fabriquer les armes, sont des enclumes C, D, E, contenant des entailles pour y placer des étampes F, G, ou qui aient elles-mêmes les étampes nécessaires pour façonner l'arme. A côté de l'enclume D, est un dressoir dans lequel on place l'arme pour le dresser : les marteaux H, dont on fait usage, ont différentes formes, afin de pouvoir obtenir facilement les cannelures que les armes présentent. On voit, dans les figures I, K, L, M, les formes des quatre principaux sabres dont on fait usage; savoir : I, sabre de grenadier; K, celui de hussard; L, celui de chasseur; M, celui de carabinier.

De la Trempe.

1372. Sur unâtre percé au fond, afin de pouvoir facilement mouvoir la lame dans le foyer, l'arme est chauffée dans un feu de charbon de bois : on la chauffe à la température qui est propre à la nature de l'acier dont elle est formée; la couleur ordinaire est le rouge-cérise. Avant de mettre les lames au feu, on les redresse à froid, en évitant, soigneusement, qu'elles ne portent à faux.

Comme il est extrêmement difficile d'amener toutes les parties de la

lame à une température uniforme, en la chauffant dans un foyer dont les dimensions sont plus petites que celles de l'arme, on égalise la température, en passant la lame chaude dans un tas d'écaillés de fer mouillé, qu'on amoncelle sur l'âtre de la forge.

Par le passage total ou partiel de la lame, une ou plusieurs fois dans ces écaillés, on l'amène à la température propre à la trempe.

Alors le trempéur plonge, dans une cuve pleine d'eau, et par le dos, les lames qui en ont un, en commençant par la base de la lame, qu'il plonge la première.

1373. Toutes les lames éprouvent, après la trempe, un recuit qui est plus ou moins fort, relativement à la dureté que l'acier a obtenue, laquelle se juge par le *découvrement*. Lorsque l'acier se découvre bien, on recuit la lame jusqu'au bleu; s'il se découvrirait mal, on ne le recuirait qu'au jaune-paille; si la lame se découvrirait beaucoup, même en la trempant à un rouge-sombre, il faudrait la recuire jusqu'au grisâtre.

En général, c'est par la manière dont l'acier se découvre qu'on juge de sa dureté, dans les fabriques d'armes blanches; et lorsqu'il n'est pas assez découvert, on le trempe de nouveau, en élevant les lames à une plus haute température.

De l'Aiguiserie,

1374. Ce travail, tout simple qu'il paraît, se divise cependant en douze opérations: six pour *aiguiser*; cinq pour *polir*, et une pour *brunir*.

1° On aiguisé à la grande meule, en travers; on y blanchit la lame sur les deux faces.

2° On aiguisé en travers le *chanfrein* et le biseau; ce n'est qu'une continuation de la première opération, qui s'exécute en inclinant un peu l'arme.

3° On aiguisé le dos en travers, et on le blanchit.

4° On aiguisé le tranchant en long: cette opération, qui se fait sur une meule cannelée, a pour objet de donner, au tranchant, la courbure qui lui est propre,

5° On aiguise les pans creux, ce qui se fait en deux fois; d'abord, en longueur sur des meules qui creusent les pans; puis, sur de très-petites meules.

6° On ajuste le tranchant, et l'on égalise le dos; c'est la dernière opération de l'aiguiseur; elle se fait sur une grande meule.

Lorsque l'aiguiseur a marqué, de son poinçon, l'arme qu'il a passée à la meule, on la porte chez le trempneur pour y être redressée, après quoi elle revient au polissage.

7° On polit les pans creux: pour cela, on fait usage de roue de bois blanc, que l'on couvre d'émeri délayé dans de l'huile. Ces roues ont de 18 à 30 pouces de diamètre, selon la courbure des pans que l'on veut polir: on passe, sur ces polissoirs, l'arme en long, en commençant par la pointe, afin de ménager l'émeri, quoiqu'il soit plus avantageux de polir dans tous les sens.

8° On polit de plat le biseau et le chanfrein; ce qui s'exécute en passant l'arme en long sur des polissoirs de 36 pouces de diamètre sur un pouce d'épaisseur.

8° On polit le dos: on fait usage, pour ce poli, des polissoirs précédents, sur lesquels l'arme est placée en long, et bien parallèlement à la meule.

10° Enfin, on polit en travers les pans creux et les faces: ce poli se donne, près de la base, dans une étendue de 2 pouces de longueur environ.

11° On répète les quatre opérations précédentes avec de l'émeri plus fin; puis on essuie les lames avec des cendres pour les dégraisser.

12° *Brunir les lames*, c'est répéter, à sec, les quatre opérations du poli, en se servant du même polissoir frotté avec du charbon et des agates.

1375. Les usines N, dans lesquelles ces opérations s'exécutent, sont ordinairement composées d'une ou deux grosses meules de grès *a, a, a, a*, mues par l'eau. L'arbre de la roue hydraulique met également en mouvement toutes les autres meules de pierre ou de bois de différents diamètres, qui servent à aiguiser et à polir.

Examen des Lames.

1376. Le contrôleur fait subir aux lames quatre sortes d'épreuves : 1^o celle de la forme ; 2^o du pli ; 3^o du billot ; 4^o des dimensions.

1^o *Le contrôle de la forme* consiste à présenter au fourneau les lames courbées : ce contrôle ne se fait que pour les armes des troupes, qui doivent toutes avoir les mêmes courbures, parce que les fourreaux sont fabriqués séparément, et sans la présence des lames.

2^o *Plier les lames*, c'est les piquer à terre, sur une planche, en les tenant un peu inclinées, et les poussant sans précipitation : on examine si le pli commence bien avec la pointe, et s'il gagne successivement sans discontinuer ; on courbe la lame jusqu'à ce que la flèche de courbure soit de 9 à 10 pouces.

Après avoir plié la lame d'un côté, on la plie également de l'autre : si elle est bonne, elle doit, dans cet essai, redevenir parfaitement droite, et ne se point briser.

Pour exécuter cette épreuve, il faut beaucoup d'habitude, parce qu'on doit régler la portée du mouvement, sa vitesse et son uniformité ; il faut donc que ce soit un homme exercé qui en soit chargé.

Cette épreuve a pour objet de faire connaître l'égalité qui existe dans l'élasticité des lames.

3^o *Le billot*, sur lequel on fouette les armes, est de bois de chêne très-uni ; il a 30 pouces de haut, il est bien arrondi ; son diamètre a 18 pouces à sa base et 12 à son sommet.

On frappe la lame sur le fort du plat vers le milieu ; elle doit avoir une inclinaison de 45 degrés (ancienne division), au moment où elle touche le bois ; il faut, pour les lames longues, que le coup soit tel, qu'elles entourent le billot, et que le bout le touche. Pour frapper ces fortes lames, on emploie toutes ses forces.

Si la lame a quelques défauts inaperçus, on les découvre par cette épreuve ; elle laisse apercevoir les fentes ou doublures qu'on aurait voulu cacher ; elle fait casser les armes si l'acier est trop dur ; elle les fait plier s'il est trop mou.

4^o Enfin, on observe, avec *des calibres*, si les armes ont, dans tous les points, l'épaisseur et la largeur qu'elles doivent avoir.

1377. Nous croyons inutile d'entrer dans de plus grands détails sur la fabrication des armes. Si l'on desire la mieux connaître, on peut consulter un petit ouvrage, rédigé par Vandermonde, et publié par le Comité de Salut public, en l'an II (1794). Cet ouvrage a pour titre : *Procédé de la fabrication des armes blanches* ; il contient la description du travail qui s'exécute au *Klingenthal*.

DE LA FABRICATION DES FAUX.

1378. La faux est un instrument d'acier avec lequel on coupe l'herbe ; elle paraît être d'une très-haute antiquité. Les historiens hébreux, grecs, latins, parlent des faux, soit comme instruments à couper l'herbe, soit comme armes offensives. Josué, au livre des Juges ; Xénophon, dans sa *Cyropédie* ; Diodore, Tite-Live, Quinte-Curce, parlent des charriots armés de faux qui portaient le désordre et la mort dans les armées. Les anciens Dieux des Grecs, Saturne, le Temps, sont représentés armés d'une faux ; soit que le premier ait enseigné aux hommes l'art de couper, avec la faux, les blés et les herbes des prairies (1), comme le croient quelques historiens, soit qu'il présidât seulement à l'agriculture (2) et aux saisons, comme le croient plusieurs autres. Quoi qu'il en soit, il nous est impossible de remonter à l'origine de cet instrument, dont l'invention paraît avoir suivi celle de la découverte de la fabrication de l'acier.

1379. Comme les faux sont destinées à couper à-la-fois de grandes masses de blé ou d'herbe, il faut qu'elles aient un taillant très-fin. Ce taillant, exposé au choc des pierres que la faux rencontre en rasant le sol, et à l'action des terres qu'elles coupent quelquefois, s'é mousse fa-

(1) Noël, Dictionnaire de la Fable, tome 1^{er}, page 545.

(2) *Idem*, tome 2, page 519.

cilement, et le faucheur doit pouvoir l'aiguiser promptement dans des instants très-rapprochés. L'éloignement des lieux habités, où sont ordinairement les prairies et les champs dans lesquels on fait usage de la faux, la perte du temps que l'on éprouverait, si l'on était obligé de remettre cet instrument à un remouleur, pour refaire le tranchant chaque fois qu'il en est besoin, a fait imaginer un moyen aussi simple qu'ingénieux, pour l'aiguiser et le rendre propre à couper.

Il consiste à fabriquer une étoffe, laquelle, tout en lui donnant, par la trempe, la dureté qui la rend propre à prendre un tranchant fin et dur, lui conserve assez de mollesse pour pouvoir être étendue et amincie à froid par l'action du marteau.

De cette composition d'étoffe il résulte qu'au lieu de meule, il suffit que les faucheurs portent avec eux un marteau pour battre et amincir le tranchant de leurs lames, et une enclume, très-légère, qu'ils enfoncent dans la terre et sur laquelle pose la partie du tranchant qui doit être battue; il leur faut, en outre, une pierre pour aiguiser les bords assez amincis, afin que, par un simple frottement, ils puissent y former un tranchant extrêmement fin.

Un nouvel avantage provenant de cette manière de former le taillant, c'est que le bord martelé, est nécessairement ondulé par les petites inégalités d'extension que produisent les chocs multipliés du marteau : cette ondulation, après le passage de la pierre, occasionne une sorte de dentelure qui rapproche le taillant de la faux de la forme des scies; ce qui le rend plus propre et plus commode pour couper en glissant, ainsi que le fait cet instrument dans son mouvement.

Nous observerons encore, qu'en martelant le bord du tranchant, on le recuit, et l'on augmente, en quelque sorte, sa dureté.

1380. Cette propriété particulière et caractéristique que doit avoir l'étoffe avec laquelle on fabrique les lames des faux, nous a paru assez distincte pour nous déterminer à décrire cet art, que nous avons été à même d'étudier dans le voyage, que nous avons fait en Styrie et en Carinthie, en 1783, particulièrement dans l'usine de Merzuschlag.

1381. Pendant long-temps, les Allemands ont été les seuls, en Europe,

qui aient pratiqué l'art de fabriquer les faux avec une sorte de succès ; ils y avaient acquis une telle renommée, que les faux d'Allemagne étaient les seules demandées par les marchands et par les cultivateurs : aujourd'hui on fabrique également de bonnes faux en Suède, en France, en Angleterre, et dans beaucoup d'autres pays.

1382. Nous diviserons ce que nous avons à dire, sur le travail des faux, en trois parties : dans la première, nous examinerons quelles substances sont employées, et comment on prépare l'étoffe ; dans la seconde, le travail qu'exige la forme que l'on donne aux faux ; et dans la troisième, la trempe et le recuit que l'acier éprouve.

Préparation de l'Étoffe.

1383. Les faux sont composées de deux substances bien distinctes : celle qui forme le dos et la crosse, et celle qui forme la lame.

Dans la plupart des fabriques de faux, celles de France, de Suède, du pays de Berg, de l'Angleterre, etc., on forme le dos et le talon de fer doux ; dans celles de Styrie et de Carinthie, le dos et la crosse des faux sont faits avec une étoffe obtenue d'un mélange d'acier mou et ferreux.

Quant à l'étoffe dont le taillant se compose, elle est formée, dans toutes les usines, de l'acier le plus fin. En Europe, sur le continent, on fait usage d'acier de forge pour fabriquer l'étoffe ; en Angleterre, on y emploie de l'acier de cémentation, parce que c'est celui que l'on obtient le plus facilement avec du fer d'excellente qualité (1).

1384. On fait, dans plusieurs fabriques de faux, comme dans celle du pays de Berg, des mystères sur la composition des troussees qui doivent former l'étoffe des lames ; les affineurs s'enferment dans leurs cabinets, pour arranger, pour ordonner leur acier, avant de livrer la trousse au chauffeur.

(1) M. Jøger Schmidt emploie, dans la fabrique de faux de Saint-Pierre d'Albigny (Mont-Blanc), de l'acier cimenté.

Tout cet arrangement mystérieux consiste à mélanger intimement les aciers qui ont des grains différents, de manière que les aciers fins soient parfaitement entremêlés avec les aciers grossiers, pour que l'on puisse obtenir une étoffe uniforme, et autant identique qu'il est possible.

Le travail de la préparation de l'étoffe des faux est, en tout, semblable à celui de la préparation des étoffes dont on se sert pour les grands ressorts d'horloge, et pour les lames de sabre. La trousse O est formée de quinze à dix-sept lames, de 16 à 18 lignes de largeur sur 30 lignes d'épaisseur. Ces troussees sont chauffées, en les couvrant d'argile ou de sable fusible; puis elles sont forgées et soudées en barres: on les plie, on les chauffe de nouveau; on les soude, et on les forge pour faire de l'acier à deux marques; on les plie une seconde fois, on les chauffe, on les soude, et on les forge pour faire de l'acier à trois marques. C'est de cet acier, ainsi préparé, que sont faites les lames des faux.

1385. En Styrie et en Carinthie, on coupe un morceau de chacune des deux étoffes qui doivent former la *maquette*: ces deux *bidons*, de 4 à 8 pouces de longueur, et du poids de 16 à 17 onces, se placent l'un sur l'autre, de manière que la tranche des barres qui ont formé les étoffes, se corresponde, et puisse s'unir par sa soudure. On ébauche ainsi une maquette de 2 pieds 4 pouces de longueur, ayant 11 lignes de largeur près de la crosse, 7 à 8 au milieu et 5 au petit bout; de façon que l'acier ferreux se trouve sur le dos, et l'acier fin dans les lames. Cette ébauche se fait, en deux chaudes, avec un martinet, pesant 150 à 160 livres.

En France, en Suède, en Angleterre, dans le pays de Berg, etc., où la maquette se compose de fer et d'acier, on emploie deux méthodes pour unir ces substances.

Dans les usines de Suède, on fend, par le milieu, le morceau de fer qui doit former le dos et la crosse de la faux: on introduit, dans cette fente, le morceau d'étoffe, et l'on prépare la maquette: en France, on élargit le bidon d'étoffe d'acier; on le place entre deux morceaux de

fer destinés à former le dos et la crosse; on soude ces trois substances, et l'on forge la maquette.

1386. Il est convenable, pour la bonté et la perfection de la faux, que l'étoffe d'acier soit toujours soudée, de manière que les bandes des différents aciers qui la composent soient placées parallèlement à la face de la lame; le taillant obtient, par ce moyen, une dureté constante, pendant toute la durée de l'instrument.

1387. On prépare l'étoffe, on forge la maquette, et l'on fabrique la faux, ordinairement, dans la même usine; cependant il est des endroits où l'étoffe, et quelquefois même la maquette, se prépare dans des forges particulières, telles sont, par exemple, quelques manufactures d'Angleterre, comme celles de Sheffield, dans lesquelles la maquette, toute préparée, et propre à fabriquer les faux, est vendue et livrée à ceux qui s'occupent de ce genre de fabrication.

Travail des Faux.

1388. Ce travail s'exécute de deux manières : sur le continent, il se fait généralement avec des martinets et des marteaux à bras; dans quelques manufactures d'Angleterre on façonne les maquettes avec des cylindres, et l'on termine la faux avec des martinets et des marteaux à main.

1389. Tous les outils, employés en Styrie et en Carinthie, consistent en plusieurs martinets dont les poids varient de 30 à 60 livres; des enclumes droites T, U, obliques V, ou rondes X, enfin des marteaux à main. La vitesse de ces martinets est, dans quelques circonstances, de plus de trois cents coups par minutes.

Quelques forgerons font usage, en Suède, d'enclumes à côté desquelles sont des barres de fer qui servent de régulateur; la faux, placée sur les barres, peut être approchée, reculée et inclinée par l'action d'une pédale qui leur donne le mouvement convenable.

En Angleterre, on se sert de laminoirs qui ont une cannelure propre à conserver le dos des lames, et dans lesquelles on obtient les maquettes ébauchées.

1390. Les maquettes subissent, en Styrie, six opérations, pour être transformées en faux (1).

1° Après lui avoir fait éprouver une chaude suante, un ouvrier courbe la maquette Y; fend le bout de la crosse, et forme un piton de 6 lignes d'élévation, auquel on donne le nom de *poreau* ou de *talon*.

2° A l'aide d'un martinet de 60 livres, l'ouvrier parvient, en quatre chaudes différentes, à former un renfort, et à amincir la lame; ces martinets frappent cent cinquante à deux cents coups par minute.

3° Un ouvrier, avec un marteau à main, redresse la lame en partie.

4° On expose la faux, à deux fois différentes, après l'avoir dégourdie, à l'action d'un marteau de 30 livres, pour aviver les arêtes, planer et amincir la lame II. Ce martinet bat deux cent cinquante à trois cents coups par minute.

5° Avec un poinçon on imprime, sur la crosse, la marque du fabricant; puis on lui fait décrire l'angle qu'elle doit avoir avec la lame, pour s'en servir commodément. La crosse de la faux est chauffée pour chacune de ces opérations.

6° L'extrémité de la lame est coupée avec des cisailles fixées dans un billot, afin de la dresser et emporter les matières superflues.

1391. Dans quelques usines, on forme le renfort, et l'on amincit la lame en deux chaudes, au lieu de quatre, que l'on a indiqué dans la deuxième opération.

Quelques forgerons de Suède forgent les lames en cinq chaudes; savoir: deux sur une enclume ronde X, et trois sur une enclume plate U, et cela, en s'aidant du régulateur; puis ils terminent le talon en une seule chaude.

En Angleterre, on chauffe les maquettes, et on les étire dans un lami-noir creusé d'une cannelure quadrangulaire, pour relever le dos; il ne reste plus qu'à planer les lames, à forger les talons, et à étirer les pointes; ce qui s'exécute avec des martinets et des marteaux à main.

(1) Journal des Mines, tome 13, page 194.

1392. S'il se forme, dans ce travail, quelques gerçures, l'ouvrier, aussitôt qu'il le découvre, étiré, avec la panne du marteau, les bords des gerçures, de manière à les faire croiser; alors il les mouille d'un peu d'eau, et les saupoudre d'un peu de borax pulvérisé: il faut chauffer; le borax dissout l'oxide, et l'on peut, à l'aide du marteau, souder commodément les deux lames.

De la Trempe et du Recuit.

1393. Les faux se trempent dans de la graisse ou dans de l'eau: le premier moyen est employé en Styrie et en Carinthie; le second, en France, en Suède, en Angleterre, et dans le plus grand nombre de fabriques de faux.

1394. En Styrie et en Carinthie, on fond partie égale de graisse de bœuf, de veau et de mouton; on verse le tout dans un baquet doublé de cuivre rouge, et on l'emplit de ce liquide. La faux est chauffée au rouge-blanc dans un feu de charbon de bois (1), alors le trempeur la plonge obliquement dans la graisse, en commençant par le renfort, et tenant le tranchant en haut.

Dans quelques fabriques, comme celle de *Moll*, l'ouvrier applique un petit coup sur le renfort de la faux, afin de lui donner une petite courbure qui se redresse par la trempe; dans celle de *Merzuschlag*, on frappe, avec la faux, sur la surface de l'eau, afin de la dresser et de détruire la courbure que cet instrument a prise en le trempant; dans d'autres fabriques, on le redresse après l'avoir recuit et l'avoir bruni.

1395. En France, et dans les autres pays où l'on trempe les faux dans de l'eau, on fait chauffer cet instrument: la couleur qu'on lui donne dépend de la nature et de la finesse de l'acier. C'est ordinaire-

(1) Dans quelques endroits, on forme une espèce de four, dont les parois sont percées, afin que la flamme du combustible puisse pénétrer dans l'intérieur. Ces fourneaux, plus longs que les faux, les chauffent uniformément.

ment au rouge approchant du blanc que l'on élève la température; on les plonge dans l'eau, après avoir tourné le dos en bas.

1396. Suivant le degré de finesse de l'étoffe, et la dureté qu'elle a prise à la trempe, il est nécessaire de lui donner un recuit différent; mais, pour bien reconnaître le degré du recuit, il faut blanchir les lames avec du grès, de la pierre-ponce, ou avec des grattoirs: ces trois moyens sont employés séparément dans chaque usine. Alors on passe, à la volée, la lame sur la flamme d'un feu de bois, jusqu'à ce qu'elle ait atteint la couleur du recuit, qui est ordinairement le bleu.

1397. La faux, après avoir été légèrement chauffée, est portée sous un petit martinet dont il est difficile d'apprécier la vitesse, tant elle est grande; elle y est dressée et amincie uniformément. Souvent le taillant se forme sous ce petit martinet; souvent aussi il est formé avec des marteaux à main, sur un tas d'acier incliné, fixé dans un billot; enfin, l'opération se termine en formant le biseau du tranchant sur une meule.

Nous ignorons si l'on recuit et si l'on brunit les faux en Angleterre, parce qu'elles sont recouvertes d'un vernis noir de goudron, lorsqu'on les porte dans les magasins; mais ce qui nous fait croire qu'elles n'éprouvent pas ce recuit, qui contribue à rendre les lames malléables et susceptibles d'être aiguisées par le marteau, c'est que, lorsque l'on veut les dresser ou les aplanir au marteau, le fil se casse à l'instant, aussi est-on obligé d'aiguiser les faux à la meule ou à la pierre, et de leur donner le poli avec une planche recouverte d'émeri.

Le travail des faux exige que les ouvriers, que l'on y emploie, aient une grande habitude de ce travail; il est peut-être peu d'arts qui soient plus faciles à décrire; mais il en est peu aussi qui soient plus difficiles à exécuter. Ce n'est donc pas avec des descriptions détaillées et multipliées qu'il faut espérer de monter une fabrique de faux, mais bien avec des ouvriers instruits, et qui aient fait un long apprentissage.

Ce n'est pas que nous ne soyons persuadés qu'un homme habile, qui aurait des connaissances étendues, une grande intelligence, et des ca-

pitaux à sa disposition, ne puisse établir, par-tout, une fabrique de faux ; mais cet établissement coûterait beaucoup plus cher que si l'on eût fait venir, à grands frais, des ouvriers pour le monter ; car on serait obligé de faire à-la-fois l'apprentissage du directeur et celui des ouvriers qu'il emploierait, apprentissage qui consommerait beaucoup de matière et de combustible, et qui emploierait beaucoup de travail pour ne produire qu'un résultat médiocre.

1399. Si l'on veut avoir de plus grands détails sur la fabrication des faux, on peut consulter les descriptions qui en ont été données dans le Journal des Mines (1), et dans les Annales des Arts et Manufactures (2).

(1) Tome 13, page 194.

(2) Tome 11, page 10, et tome 12, pages 113 et suivantes.

FIN DU QUATRIÈME ET DERNIER VOLUME.

EXPLICATION DES FIGURES

CONTENUES

DANS LE QUATRIÈME VOLUME.

EXPLICATION DE LA PLANCHE LIX.

NUMÉRO 140, page 22. Caisses pour cémenter de petits objets.

A, caisse de tôle dont se servent les arquebusiers, les épingliers, etc.

B, B', caisses de terre fermées avec un couvercle. Ces caisses ont été proposées par Réaumur.

C, caisse de terre fermée avec un couvercle que l'on glisse dans une rainure.

D, caisse de fonte de fer, fermée avec une plaque de fonte que l'on recouvre de sable.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

a, couvercle de terre placé sur la caisse B.

cd, couvercle de terre que l'on glisse dans la rainure de la caisse C.

f, rebord en fonte formé dans la partie supérieure de la caisse D. Ce rebord est destiné à supporter le couvercle de fonte sur lequel on place le sable qui s'oppose à l'entrée de l'air.

N° 141, page 23. Caisses en terre, ou en roche réfractaire.

Figure D, plan d'une caisse carrée.

Figure E, coupe verticale de la même caisse.

Figure F, coupe verticale d'un fourneau de Réaumur.

Figure G, plan de deux fourneaux de Réaumur, dont l'un contient trois caisses, et l'autre cinq.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

a, a, a, a, rainures dans lesquelles se placent les plaques de terre qui séparent les caisses dans les fourneaux de Réaumur.

b, b, b, plaques de terre qui séparent les caisses.

c, c, c, c, plaques de terre, ou de roche réfractaire, servant à former les quatre faces latérales de la caisse D.

- d, d*, plaques en terre, ou en pierres réfractaires, avec lesquelles on forme les faces latérales de la caisse F.
- f*, fond de la caisse.
- g, g*, rainures creusées dans le fond de la caisse, pour y placer les quatre plaques latérales.
- N^o 1042, page 26. Différentes espèces de briques dont on se sert pour construire des caisses de cémentation.
- H, briques plates pour former les faces et le fond.
- I, briques courbées à angles droits pour former les arêtes des faces.
- K, briques composées de la réunion de trois plans rectangulaires, pour former les angles solides des caisses.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

- ab*, plan de chaque espèce de brique.
- a*, angle rentrant, creusé dans l'épaisseur des briques, pour les ajuster plus solidement.
- b*, angle saillant, formé sur l'épaisseur des briques, pour remplir les angles rentrants, et donner de la solidité à l'ensemble.
- c*, projection verticale des briques.
- N^{os} 1044, 1045, 1046, 1047, 1048 et 1050, pages 27, 28, 29, 30 et 31. Plans, coupes, élévations et détails de différents fourneaux de cémentation.
- Figure L, coupe verticale d'un fourneau de cémentation ordinaire.
- Figure M, projection verticale oblique du même fourneau.
- Figure N, plan d'un semblable fourneau à une seule caisse.
- Figure O, plan d'un fourneau semblable, dans lequel on a réuni deux caisses.
- Figure P, Plan et coupe verticale d'un fourneau à charbon de bois, avec une cheminée à trois ouvertures.
- P', coupe d'un autre fourneau.
- Figure Q, coupe verticale d'un fourneau à charbon de bois. La fumée ne sort que par une seule ouverture.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

- a*, cendrier.
- b*, grille du foyer.
- c*, caisse de cémentation.

d, voûte qui couvre le fourneau.

f, g, h, i, muraillement extérieur.

k, espace vide entre la caisse et les parois intérieures, pour que la flamme circule autour de cette première.

l, ouvertures par lesquelles la fumée sort.

m, petits massifs qui lient les caisses aux parois intérieures.

n, o, u, v, parois intérieures construites en pierres réfractaires.

q, ouvertures pour jeter le charbon dans les fourneaux P, Q.

r, ouvertures par lesquelles l'air nécessaire à la combustion, entre dans les fourneaux à charbon de bois.

s, ouverture pour entrer dans la caisse par la partie supérieure des fourneaux, afin de charger celle-là.

Figure R, fourneaux à deux caisses avec des cheminées latérales.

Figure S, plan et coupe verticale d'un petit fourneau de Réaumur, ayant une grande caisse au milieu, et deux petites caisses vers les extrémités.

Figure T, plan d'un fourneau de Réaumur, ayant trois grandes caisses dans le milieu, et deux petites aux extrémités.

Figure U, plan et coupe verticale d'un petit fourneau S.

Figure U', coupe verticale faite dans le sens de la largeur.

Figure U'', projection verticale oblique d'un petit fourneau S.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

a, b, c, d, grandes caisses de cémentation

a, c, longueur des caisses.

a, b, largeur.

b, d, e, f et *g, g*, séparation des caisses.

h, h, ouvertures par lesquelles le foyer communique aux séparations qui existent entre les caisses.

k, foyer.

l, l, m, chapeau de terre qui sert à fermer hermétiquement les caisses.

n, n, ouverture pour charger le creuset.

o, p, petits creusets situés aux extrémités des fourneaux.

q, ouverture pour charger le combustible.

r, carcasse en fer avec laquelle on attache le chapeau qui recouvre les petits fourneaux.

t, chapeau qui recouvre les fourneaux.

z, z, z, ouverture pour placer les éprouvettes.

Figure V, foyer à charbon de houille.

Figure X, foyer à bois.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

a, ouverture pour charger la houille.

b, grille de fer à houille.

c, conduit d'air.

d, d, d, arceaux en pierres qui supportent les caisses.

f, fond des caisses.

g, g, espaces qui séparent les caisses des parois intérieures des fourneaux.

p, p, ouvertures par lesquelles on jette le bois dans le foyer.

EXPLICATION DE LA PLANCHE LX.

N^{os} 1046, 1047 et 1050, pages 28, 29, 30 et 31. Plan et coupe verticale de trois fourneaux de cémentation. .

Figure A, plan et coupe verticale d'un fourneau de cémentation à deux creusets, de Scheffield, décrit par M. Cottier.

Figure B, plan et coupe verticale du même fourneau dans une autre direction.

Figure C, plan et coupe verticale d'un fourneau de cémentation, chauffé avec du bois, imaginé par l'inspecteur général Duhamel père.

Figure D, plan et coupe verticale d'un fourneau de cémentation, qui était en usage à Newcastle, à l'époque où Jars et Duhamel visitèrent les usines d'Angleterre.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

a, a, a, tour, ou dôme qui environne les fourneaux.

b, b, b, muraillement extérieur des fourneaux.

c, c, c, creusets.

d, d, parois intérieures des fourneaux.

f, f, foyers.

g, g, arceaux et masses qui supportent et écartent les creusets des parois.

h, h, ouvertures des cheminées latérales.

k, k, cheminées latérales.

- l, l*, ouvertures des cheminées supérieures.
m, m, voûte du fourneau au-dessus des creusets.
n, voûte de la tour dans le fourneau de Scheffield.
o, o, ouvertures des tours pour entrer dans les fourneaux de Scheffield.
p, p, ouvertures des foyers.
q, ouverture pour entrer dans le creuset.
r, r, brasques placées entre les parois et le muraillement des fourneaux, pour empêcher l'infiltration de la chaleur.
- N° 1052, *note de la page 34*. Figure propre à indiquer la loi de pénétration du carbone.
- abcd*, barreau de fer cimenté, divisé par tranches d'égale épaisseur.
e, centre du barreau.
- N° 1055, *pages 35 et 36*. Plan et coupe des caisses remplies de fer et de ciment.
- Figure F*, plan d'une caisse de cimentation, contenant la seconde couche de barreaux de fer, placés dans le ciment.
- Figure G*, plan d'une caisse de cimentation, contenant la première couche de barres de fer, placées dans le ciment.
- Figure H*, coupe verticale de la caisse de cimentation dans le sens de sa longueur.
- Figure I*, coupe verticale de la caisse de cimentation dans le sens de sa largeur.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

- a, a*, première couche de barres de fer, placées dans le ciment.
b, b, seconde couche.
c, e, g, i, barres placées dans le sens de la longueur de la caisse.
d, f, h, barres placées dans le sens de la largeur de la caisse.
m, chapeau de terre pour couvrir les caisses à la manière de Réaumur.
n, n, couche de sable placée sur le ciment pour les recouvrir également.
- N° 1058, *pages 39 et 40*. Fracture de barreaux, après divers degrés de cimentation.
- Figure K*, fracture d'un barreau dont la cimentation, commencée, ne laisse apercevoir qu'un cordon assez étroit.
- Figure L*, fracture d'un barreau dont la cimentation plus avancée laisse apercevoir un cordon plus large.
- Figure M*, fracture d'un barreau dont la cimentation, plus avancée en-

core, laisse apercevoir un cordon beaucoup plus large. Dans ce barreau, la cémentation approche du centre.

EXPLICATION DE LA PLANCHE LXI.

N^o 1050, page 31. Plan et coupe de plusieurs fourneaux à cémenter le fer, décrits par Jars et Duhamel.

A, plan d'un fourneau anglais, pris au-dessous des creusets.

B, coupe du fourneau dans le sens de sa longueur.

C, plan du fourneau au-dessus des creusets.

D, coupe dans le sens de sa largeur.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

a, grilles du fourneau.

b, arceaux qui supportent les creusets, les séparent, et les écartent des parois.

c, ouvertures des cheminées.

d, d, ouvertures pour refroidir les fourneaux.

e, e, creusets.

f, voûte du fourneau.

g, tuyaux des cheminées.

h, ouverture de la seconde voûte pour la sortie de la fumée.

E, plan d'un fourneau d'essai, à un creuset, pris au cendrier. Ce fourneau peut cémenter trois quintaux de fer.

F, coupe dans le sens de la largeur.

G, coupe dans le sens de la longueur.

H, plan pris au-dessus du creuset.

I, plan d'un semblable fourneau, pris au-dessous des creusets.

K, coupe dans le sens de la largeur. Ici, les cheminées sont placées par le côté, pour ne pas charger la voûte.

L, plan du fourneau au-dessus du creuset.

M, coupe dans le sens de la longueur.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

a, cendrier.

b, foyer. Celui-ci est placé par le devant; le combustible se met par-dessus; et l'air, entrant par la partie supérieure, chasse la flamme dans le creuset.

- c, c, c*, arceaux qui supportent le creuset, et l'éloigne des parois.
d, creuset.
e, voûte du fourneau.
fff, ouvertures placées sur la voûte, et qui communiquent à la cheminée.
g, cheminée.
h, tuyau oblique qui fait communiquer les ouvertures de la voûte à la cheminée placée sur le côté.
- On peut, pour avoir plus de détails, consulter les planches 7 et 8 du premier volume des Voyages métallurgiques de Jars et Duhamel.

EXPLICATION DE LA PLANCHE LXII.

- N° 1120, page 93. Plan et coupe verticale de trois fourneaux à fondre l'acier.
Figure A, plan et coupe verticale du fourneau Lavoisier.
Figure B, plan et coupe d'un fourneau imaginé par Clouet, pour fondre l'acier.
Figure C, plan et coupe verticale d'un fourneau de fondeur de cuivre, dans lequel on peut fondre l'acier.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

- a*, intérieur des fourneaux.
b, cendriers.
c, creusets placés sur un *fromage*, ou support de terre.
d, foyer.
e, cheminée.
- N° 1123, page 94. Plan et coupe verticale d'un fourneau de réverbère, analogue aux fourneaux de verrerie, et dans lequel on fond de l'acier.
Figure D, plan et coupe d'un fourneau à quatre creusets.
Figure E, plan et coupe du même fourneau.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

- a*, intérieur du fourneau.
b, cendrier.
c, c, creusets.
d, d, banc de terre pour placer les creusets au-dessus du foyer.
e, arceaux qui dirigent la flamme autour des pots.

f, foyer.

g, g, ouvertures latérales par lesquelles la flamme sort.

h, cheminée pratiquée au milieu de la voûte.

i, ouverture pour jeter le combustible sur le foyer.

k, massif du fourneau.

l, l, ouvreaux par lesquels on peut charger les creusets, et brasser la matière qu'ils contiennent.

N° 1152, page 111, *Fig. E'*. Trousse formée de barres d'acier méplattes, préparée pour être chauffée et forgée.

N° 1190, page 141. Dessins représentant les fentes qui se forment dans l'acier, lorsqu'on le trempe.

Figure P, fentes qui se forment dans l'acier de forge.

Figure Q, fentes qui se forment dans l'acier fondu.

N° 1203, page 48, *Figure U*. Machine de rotation propre à tremper dans l'air.

a, b, différentes distances auxquelles on place l'acier chaud, pour lui donner des trempes plus ou moins fortes.

N° 1218 et 1219, pages 158 et 159. Moyens employés par Réaumur, pour juger les différents grains de l'acier trempé.

Figure F, plan et projection verticale d'un morceau de fer et d'acier, entaillé par le milieu, pour être plus facilement cassé après la trempe.

G, le même morceau cassé, et présentant les différents grains d'acier qui se sont formés par la trempe.

H, morceau d'acier, forgé en taillant, pour juger les différents grains d'acier après la trempe.

I, même morceau dont on a cassé le taillant après la trempe, et sur lequel on aperçoit les différents grains d'acier qui s'y sont formés.

Figure L, représentation plus détaillée des différents grains que l'on remarque après la trempe.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

a, première espèce : *grains gros, blancs et brillants*, formés au point qui a été le plus chauffé.

b, seconde espèce : *grains moyens mélangés*, les uns blancs et brillants, les autres blancs et bruns.

c, troisième espèce : *grains fins, ternes et gris*.

d, quatrième espèce : *grains moyens, ternes et mal terminés*, formés dans la partie qui éprouve le moins de chaleur.

N° 1226, pages 164 et 165. Machines propres à déterminer le corps de l'acier.

Figure M, instrument pour courber le fil d'acier par le moyen d'une vis.

Figure N, manière d'essayer le corps de l'acier avec des poids.

Figure O, cône de bois sur lequel on roule l'acier, pour déterminer le corps qu'il peut avoir.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

a, a, verge d'acier trempé.

b, étai, dans les mâchoires duquel on fixe une extrémité de la verge d'acier.

c, vis pour courber la verge d'acier jusqu'à ce qu'elle se rompe.

d, d, échelle qui indique le degré de courbure que l'acier a pris avant de se rompre.

e, plateau de balance qui reçoit les poids qui font courber la verge d'acier jusqu'à ce qu'elle se rompe.

g, axe de la manivelle du cône, sur lequel on roule les lames d'acier jusqu'à ce qu'elles se rompent.

N° 1235, pages 169 et 170, *Figure R*. Balancier avec lequel on estampe, ou l'on découpe des pièces de fer ou d'acier.

N° 1262, pages 182 et 183. Plan, coupe verticale, et détails de deux machines employées pour polir l'acier.

Figure S, plan et coupe verticale d'un banc à roues horizontales, pour dégrossir et polir les surfaces planes.

a, roue métallique sur laquelle on dégrossit et polit les plans, à l'aide de l'émeri, du tripoli, du rouge d'Angleterre, etc.

b, axe de la roue.

c, petite roue horizontale, emmanchée dans l'axe, et qui lui communique son mouvement.

d, autre roue qui communique à la première, par le moyen d'une courroie, et qui lui transmet le mouvement qu'elle a.

e, axe de la roue *d*.

f, manivelle pour faire mouvoir la roue *d*, et, par suite, la roue métallique sur laquelle on dégrossit et polit les plans.

Figure T, plan et coupe verticale d'une machine à roues verticales, propre à dégrossir et à polir les objets creux et plans.

a, roue principale, mise en mouvement par des hommes, ou par tous autres moteurs.

b, axe et manivelle de la roue.

c, c, c, courroies qui établissent une communication de mouvement entre la roue principale *a*, et des roues *d, d*, placées sur des axes particuliers.

d, d, petites roues mises en mouvement par les courroies *c, c*, qui passent sur la roue principale *a*.

e, e, axes des roues *d, d*.

f, f, f, différentes petites roues fixées sur les axes *e, e*. Ces roues peuvent être en bois, en pierres, ou en métal; elles servent à dégrossir les pièces; quelques-unes forment des brosses circulaires.

g, g, bancs sur lesquels sont fixés les axes *e, e*, qui supportent les roues dont on se sert pour dégrossir et polir les pièces d'acier.

h, plan d'une roue à brosse.

i, coupe de la même roue.

k, plan d'une grande roue de bois ou de métal pour dégrossir.

i, coupe de la même roue.

E X P L I C A T I O N D E L A P L A N C H E L X I I I .

N^o 1275, pages 190, 191 et 192. Plan, coupe verticale et détails de quelques instruments et machines employés pour le façonnage de l'aiguille brute.

Figure A, botte de fil de fer, ou d'acier, employé pour fabriquer des aiguilles.

Figure B, mesure en bois, de la longueur de deux aiguilles, dans laquelle on place les paquets de fil de fer ou d'acier, pour les couper de la longueur convenable.

Figure C, manière dont on redresse les fils, coupés de longueur convenable.

a, b, règle de fer, découpée, pour rouler des paquets de fil sur une plaque de fonte, et les redresser en les roulant.

c, d, rondelles de fer qui ceignent et maintiennent les paquets de fil.

Figure D, meules sur lesquelles on dégrossit les pointes des aiguilles.

a, grande roue mue par des hommes, ou par toute autre moyen.

b, courroie qui communique le mouvement de la grande roue à l'axe des meules.

c, c, meules de grès pour dégrossir les pointes des aiguilles.

d, d, morceau de cuir qui recouvre le pouce des ouvriers qui dégrossissent les pointes.

Figure E, établi sur lequel sont placés différents tas, pour faire le trou des aiguilles.

a, tas d'acier servant à aplatir la tête des aiguilles.

b, tas à percer les têtes.

d, tas à dresser.

e, limes à canneler.

g, limes pour arrondir les têtes des aiguilles.

m, maillet.

Figure F, plan, coupe et élévation verticale des fourneaux à recuire les aiguilles, afin de les amollir, pour les travailler plus facilement.

a, cendrier.

b, foyer.

c, barreaux de fer pour placer les boîtes qui contiennent les aiguilles.

d, cheminée.

e, massif du fourneau.

G, poinçons pour percer les trous des têtes.

H, tenailles avec lesquelles on tient les aiguilles, lorsque l'on veut canneler et arrondir les têtes.

I, plaque de cuivre, à rebord, pour couper les aiguilles de longueur.

N° 1277, pages 191 et 192. Instruments employés à la trempe des aiguilles.

Figure K, fourneau à recuire les aiguilles après la trempe.

a, cendrier.

b, foyer.

c, c, plaque de fer ou de fonte, sur laquelle on place les aiguilles pour les faire revenir.

d, cheminée.

Figure L, rouleau d'aiguille que l'on roule sur une planche pour enlever la couche d'oxidule.

a, b, extrémités du rouleau fortement liées par des cordes.

c, d, plaque, ou barreau de fer, avec lequel on roule le paquet d'aiguilles.

M, marteau à dresser.

Figure X, fourneau à chauffer les aiguilles pour les tremper en paquet.

a, cendrier.

b, foyer.

c, barreaux sur lesquels on place les caisses d'aiguilles que l'on chauffe.

d, cheminée.

e, e, massif du fourneau.

N^{os} 1278 et 1286, pages 193, 194 et 198. Instruments servant à polir les aiguilles.

Figure N, préparation des paquets à polir.

a, a, espèce d'auge sur laquelle on place le morceau de toile servant à former les rouleaux.

b, b, morceau de toile recouvert d'aiguilles et de matière à polir, pour former les rouleaux.

c, d, rouleaux préparés et ficelle prêts à être envoyés au polissage.

Figure O, machine à polir, qui était employée à Aix-la-Chapelle en 1783.

Figure P, machine à polir mue par des hommes.

Figure Q, machine à polir mue par l'eau.

Figure R, machine à polir imaginée par M. Molard. La table sur laquelle les rouleaux sont placés est mise en mouvement par un moteur quelconque.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

ab, plateau supérieur mobile, pesant environ 40 à 50 kilogrammes.

cd, tige verticale des plateaux supérieurs.

e, levier qui fait mouvoir la machine *fig. P*.

f, arbres de la roue hydraulique qui font mouvoir les machines P, Q.

g, roues dentées fixées sur l'arbre *f*.

h, roue hydraulique.

i, i, i, rouleaux d'aiguilles à polir.

k, k, k, leviers qui soulèvent les plateaux supérieurs de la machine de M. Molard.

m, lanterne qui s'engrène dans la roue dentée *g*.

n, manivelle de la lanterne *m*.

o, tige qui communique à la manivelle *n*, et qui en reçoit un mouvement de *va et vient*.

p, levier qui articule sur la tige *o*, et qui en reçoit un mouvement d'oscillation.

q, arbre sur lequel le levier *p* est fixé, et qui oscille avec lui.

r, second levier oscillant fixé sur l'arbre *q*, et qui fait mouvoir les plateaux supérieurs *ab*.

t, *t*, table inférieure, mobile, de la machine *fig. R*, de M. Molard.

N° 1284, page 196, *Figure T*. Plan et élévation d'une meule servant à finir et à bleuir les pointes des aiguilles.

a, roue principale mue par des hommes, ou de toute autre manière.

b, manivelle de la roue.

c, courroie qui communique le mouvement de la roue à l'axe des meules.

d, petite roue fixée sur l'axe des meules, et que le mouvement des courroies fait tourner.

e, meule de schiste micacée.

EXPLICATION DE LA PLANCHE LXIV.

N°s 1291 et 1293, pages 200 et 201. Formes des limes et des râpes.

A, limes.

B, râpes.

C, lime carrée.

D, lime triangulaire.

E, lime demi-ronde.

F, lime ronde.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

a, queue de la lime.

b, bout.

N°s 1298 et 1299, pages 203 et 204. De la taille des limes à la main.

Figure F, projection verticale d'un banc à tailler les limes.

Figure G, projection horizontale du même banc.

H, projection verticale d'une lime que l'on taille.

I, projection horizontale de la même lime.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

a, queue de la lime.

b, bout.

C ou *c*, ciseau avec lequel on taille.

d, *d*, étrier qui fixe la lime sur le banc.

G, banc.

P, plomb, placé sous la lime, pour empêcher que ses aspérités ne se rompent en la taillant.

N^o 1312, page 210. Plan, coupe et élévation de deux machines à tailler les limes.

Figure K, plan, coupe et élévation d'une machine à tailler les limes, publiée dans les Annales des Arts et Manufactures, tome 2, page 94.

K', coupe dans le sens de la largeur.

Figure L, autre machine.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

a, lime.

b, ciseau.

c, marteau.

d, roues d'engrenage qui font mouvoir le marteau, le ciseau et la lime.

e, crémaillère qui fait avancer la lime.

N^o 1328, page 218, Fig. M, M' et N. Assemblage de limes placées dans un châssis de bois, pour donner aux ressorts l'épaisseur qu'ils doivent avoir.

N^o 1329, page 218, O. Châssis dans lequel on tend des ressorts, pour les dresser et les mettre d'épaisseur.

a, ressort.

b, étau qui le fixe.

d, d, châssis de bois.

m, assemblage de limes pour égaliser les ressorts et les mettre d'épaisseur.

N^{os} 1333, 1334 et 1335, pages 219 et 220. Disposition des ressorts d'horloge et de montre, pour être chauffés et trempés.

P, paquet de ressort roulé en cercle pour être chauffé et trempé.

Q, roue de fer dans laquelle on place le paquet de ressort pour le chauffer uniformément.

Q', roue dans laquelle le paquet de ressort est placé.

Figure R, fourneau de réverbère pour chauffer la roue et le paquet de ressort.

S, ressort d'horloge, tourné en spirale, pour être placé dans la roue où il doit être chauffé.

T, ressort entouré d'un fil de fer en hélice, pour séparer les lames pressés les unes contre les autres, et conserver des espaces qui facilitent l'échauffement et le refroidissement.

T', paquet de ressort de montre disposé pour être roulé en cercle.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

a, axe sur lequel la roue tourne.

b, manche de fer qui supporte la roue, et qui sert à la placer dans le fourneau et à la retirer.

c, cheminée du fourneau.

d, ouverture pour entrer les ressorts.

e, chaudière contenant l'huile dans laquelle on trempe.

N^{os} 1340 et 1341, page 223. Fourneau à bleuir les ressorts.

Figure U, coupe verticale du fourneau avec le ressort *ab* que l'on bleuit.

U', plan du fourneau.

U'', projection verticale.

ab, ressort à bleuir.

cd, plaque de tôle dont le feu est recouvert.

N^o 1342, page 224. X. Disposition des ressorts de montre pour être fixés.

a, a, a, liens de fil de fer qui retiennent le paquet.

b, b, b, fil de fer en hélice qui entoure le paquet.

N^{os} 1341, 1346 et 1347, pages 223, 225 et 226. Projection horizontale et verticale d'une machine nommée *les grands plombs*.

Figure V, plan de la machine.

V', projection verticale.

V'', coupe dans une autre direction.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

ab, table.

l, levier.

mm, madriers entre lesquels on passe les ressorts.

p, poids qui comprime les madriers.

N^o 1350, page 227, Z. Percement des ouvertures des ressorts.

N^o 1352, page 228. Machine à rouler les ressorts.

Δ , plan de la machine.

Δ' , projection verticale.

Δ'' , coupe dans un autre sens.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

a, axe de la machine.

b, manivelle.

c, roue dentée, placée près d'un ressort *f* qui l'arrête.

d, axe de la bobine sur laquelle on roule le ressort.

f, ressort qui arrête et fixe l'arbre de la machine.

N° 1353, page 229, Figure II. Courbure du ressort des balanciers.

a, premier plie.

b, première courbure.

c, seconde courbure.

d, dernière courbure.

EXPLICATION DE LA PLANCHE L'XV.

N° 1368, page 237. Représentation du travail de l'étoffe de Damas.

Figure A, préparation de la trousse pour la mettre au feu.

a b, tenaille avec laquelle on tient la trousse.

c d, trousse composée de lames d'acier fondu et d'acier ferreux.

e, lien de fer qui retient fortement la trousse.

Figure B, trousse tordue après avoir été soudée, afin de contourner les veines noires et blanches d'acier et de fer.

a b, tenaille qui tient la trousse.

c d, étau qui serre fortement le bout de la trousse pendant qu'elle est rouge.

e, contour formé en tournant les tenailles.

B', étampe pour façonner la trousse contournée, et former de nouveaux contours.

B'', étampe aigue.

B''', divers dessins d'une lame damassée.

a, contours blanc et noir dans lesquels les veines ont une largeur à-peu-près égale.

b, contour dans lequel les places blanches ont plus de surface.

c, sablée blanc et noir.

B^{iv}, manière d'obtenir des bandes contournées en creusant dans une trousse de lames parallèles.

N° 1371, page 240. Instrument dont on se sert pour fabriquer les sabres ainsi que les formes des quatre principaux sabres.

Figure C, enclume disposée pour recevoir diverses étampes.

a, a, rainures dans lesquelles les étampes se placent.

Figure D, enclume qui sert aux trempes pour redresser les armes, soit avant, soit après la trempe.

aa, cannelures de différentes grandeurs, propres à se mouler sur les formes des différentes lames.

b, b, dressoir à deux entailles.

Figure E, coussinet sur lequel on place les armes pour y imprimer la marque du poinçon.

a, entaille pour la baïonnette.

b, entaille pour les sabres de dragon ou de cavalerie.

c, pour les sabres de hussard ou de chasseur.

d, pour le coude de la baïonnette.

F et *G*, forme de quelques étampes.

Figure H, diverses formes de marteaux.

Figure I, sabre de grenadier.

Figure K, sabre de hussard.

Figure L, sabre de chasseur.

Figure M, sabre de carabinier.

a, coupe des sabres près de la poignée.

b, coupe des sabres dans leur milieu.

c, coupe des sabres près de la pointe.

N° 1375, page 242, *Figure N*. Plan et coupe d'une aiguiserie:

N', plans.

N'', coupe.

aa, grande meule de grès.

b, roue hydraulique qui procure le mouvement.

c, c, arbre de la roue hydraulique.

d, d, d, engrenage pour communiquer le mouvement aux grandes meules de grès.

e, e, courroies ou cordes qui communiquent le mouvement à toutes les petites roues à polir et à brunir.

N° 1384, page 247. Préparation, soudage et étirage des trousses pour la fabrication des faux.

O, trousses disposées pour être chauffées.

P, trousses soudées par les deux bouts.

Q, morceau de fer dur destiné à former le dos de la faux. Il est fendu pour recevoir le *bidon* d'acier qui doit former le corps et le tranchant de l'instrument.

R, bidons de fer et d'acier pour former le dos et le tranchant des faux.

N° 1389. Diverses enclumes pour forger les faux.

Figure T, enclume à pannes droites, employées en Styrie.

Figure U, enclume à pannes droites avec le régulateur de Kolling.

b, enclume.

c, stock ou billot.

d, d, régulateurs placés des deux côtés de l'enclume.

e, e, coulisses dans lesquelles passent les queues des régulateurs.

f, chaîne pour écarter les régulateurs.

g, pédales qui les font mouvoir.

Figure V, enclumes obliques.

N° 1390, page 249. Formes que prennent les faux à diverses époques de leur travail.

Figure S, faux ébauchée.

Figure Y, maquette courbée, et *pilon* ou *poreau* formé.

Figure Z, lame élargie par la pointe.

Figure II, faux terminée.

DÉTAILS GÉNÉRAUX.

a, crosse.

b, *poreau* ou *pilon*.

c, pointe.

N° 1391, page 249, *Figure X*. Enclume à régulateur de Klockmann.

a, marteau.

b, enclume bombée.

c, stock ou billot.

d, régulateur.

e, ressort qui l'écarte.

f, chaîne pour rapprocher le régulateur.

g, pédale.

FIN DE L'EXPLICATION DES PLANCHES DU QUATRIÈME VOLUME.

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR ORDRE DE MATIÈRES,

*Avec la définition des noms techniques employés dans le travail du fer,
et leur synonymie allemande (1).*

A.

ABAT-JOUR. Coupes verticales des maratres d'un haut fourneau.

ABDOMEN d'un fourneau. *Ofenschmeer-Bauch*. Partie supérieure de la maratre, de la tympe d'un haut fourneau, entre la tympe et le gueusat.

ACCIDENTS qui arrivent dans le fondage, *Zufäller (in schmelzen)*. Par quoi ils sont produits, B. 236. — La fusion des parois. — Correction qu'on y apporte, 237. — Engorgement intérieur. — Correction. — Descente de la charge, 238. — Trop prompt, — trop lente, — inégale. — Correction. — Difficulté de déboucher la coulée. — Correction, 239. — Gonflement du laitier. — Correction. — Engorgement

(1) Nous avons long-temps hésité à placer dans cette table, par ordre de matières, les noms allemands à côté des noms français; nous avons perdu l'habitude de parler cette langue si utile aux mineurs, depuis le retour du voyage que nous avons fait, par ordre du Gouvernement, en 1782 et 1783, dans les mines et usines d'une grande partie de l'Allemagne. Mais l'avantage que cette nomenclature pourra procurer aux personnes qui voudront étudier le travail du fer dans les excellents et nombreux ouvrages écrits dans cette *langue classique*, nous a déterminés à faire le sacrifice de notre amour-propre. Afin de faire connaître les dénominations les plus en usage, nous avons mis à contribution tous les ouvrages écrits dans les deux langues, que nous avons pu nous procurer, et nous nous sommes particulièrement aidés des conseils et des avis de nos deux collègues Schreiber et Héron de Villefosse. Le premier, né en Saxe, a joui du précieux avantage [d'étudier l'art de traiter les minerais dans la célèbre école de Freyberg; le second a administré, pendant plusieurs années, les mines nombreuses et variées du Hartz et de la Westphalie. Si donc ces dénominations ont quelque exactitude, c'est à ces deux savants mineurs que l'on en sera redevable.

Quelques soins que nous ayons mis à cette synonymie, nous voyons avec peine qu'elle est encore restée incomplète; quelques noms allemands manquent, parce que nous n'étions pas sûrs de leur exactitude; d'autres pourront paraître inconnus dans plusieurs pays: mais tel est le sort des expressions dont on se sert dans les arts mécaniques, qu'elles ont souvent autant de variations qu'il existe de pays différents. Si les savants, entre les mains desquels cet ouvrage arrivera, veulent bien nous aider de leurs avis, de leurs lumières, nous nous empresserons de compléter et de rectifier ces dénominations en les publiant; et nous nous plairons alors à faire connaître les personnes qui auront bien voulu nous aider de leur conseil.

- du creuset. — Causes qui le produisent, 240. — Correction. — Fusion du creuset. — Correction, 241.
- ACÉRAIN, *Stahlartig*, qui tient à l'acier, de la nature de l'acier.
- ACÉRER, *Stählen, Versthälen*, souder de l'acier avec du fer que l'on veut rendre tranchant.
- ACIDES, *Säueren*, n'agissent pas sur le fer pur. — Leur affinité pour les oxides, d'après Bergmann et Lavoisier, A. 38. — Leur usage pour essayer le fer, 68. — Sont employés pour décaper la tôle. — Quel devrait être le meilleur, C. 282. — Le plus généralement employé est celui de grains. — Acide dont on propose l'usage, 283. — Division de ceux que l'on emploie, 284. — Comment ils agissent, 286.
- carbonique, *Kohlensäuer*, existe dans les fers spathiques, A. 96. — Dans les oxides terreux en fragments agglutinés, 112. — Dans les oxides terreux en fragments séparés, 114. — Est vaporisé dans le grillage, 159. — Sa proportion dans l'air atmosphérique, B. 48. — Est produit par la combustion du charbon dans les hauts fourneaux, 52. — Ses composants, C. 25.
- muriatique, *Salzsäuer*, employé pour décaper la tôle, C. 285.
- nitrique, *Salpetersäuer*. Taches qu'il laisse sur le fer doux et dur, A. 64. — Sur le fer cassant, 65. — Est employé pour essayer le fer.
- sulfurique, *Schwefelsäuer*. Est employé pour décaper la tôle, C. 285.
- ACIDIFÈRES (minéraux), *Säurigerz, Säure haltende Erze*, qui contiennent de l'acide, A. 82.
- ACIER, *Stahl*, paraît être la première espèce de fer que l'on ait obtenu, A. 17 — 39. — Graphite qu'il contient, 40. — Substances qui le composent, 41. — Hydrogène dégagé de sa dissolution, 42. — Ampoule qui se forme en le cémentant, 43. — Cause de sa différence avec la fonte et le fer, 44. — Sa densité moyenne; — son extension par la chaleur, 46; — ses caractères, — sa couleur, — ses usages, — sa cassure, 69; — sa résistance. — Difficulté de le forger. — Sa coloration par la chaleur. — Taches noires des acides, 70. — Son magnétisme, — sa trempe, — sa densité, 71. — Proportion de carbone qu'il retient, 73. — Ne contient pas de manganèse. — Ses divisions, 74. — Se pâme en le chauffant. — Pourquoi? C. 34. — Ce que c'est. — Son histoire. — Sa situation dans la loupe catalane, 120. — Comment on l'obtient en grande proportion, 121. — Obtenu des *Stuckoffen*, par la liquation, 143, D. 1. — Décrit par les anciens. — Procédé des Japonais, 2. — Opinion de Thumberg, de Becher. — Procédé de Vanaccio, 3. — Procédé décrit par Agricola, 4. — Discussion sur ces procédés. — Analogie et différence avec la méthode de Vanaccio, 5. — Examen des anciens procédés. — Opinion d'Aristote; — des académiciens français, 6. — Procédés moderne et nouveau. — Acier obtenu avec du fer forgé, 8. (*Voyez Cémentation.*) — Obtenu avec de la fonte, 44. (*Voy. Acier de forge.*) — Sa situation dans les loupes, 67. — Ne contient pas de manganèse, 71. — Acier fondu, 81. — En fonte pâteuse, — soudable, — dure, 97. — Sa séparation du fer, 109. — De sa

trempe, 128 (*voyez Trempe*). — Se voile, 140. — Ses distinctions (*voyez Distinctions*). — Ses usages (*voyez Usages*). — Ses essais (*voyez Essais*), 153. — Ses qualités, 157. — Préparation qu'il peut éprouver, 167. — Son emploi dans la bijouterie (*voyez Bijouterie d'acier*), 168. — Dans la fabrication des limes (*voyez Limes*), 200. — Dans les ressorts (*voyez Ressorts*), 213. — Pour fabriquer des armes (*voyez Armes blanches*), 231. — Choix. — Travail, 233. — Acier à deux et à trois marques. — Opinion sur sa bonté, 235.

ACIER abules, *Blasen-Stahl*, A. 79. (*voyez Acier cémenté.*)

— brunck, *Brunck-Stahl*, A. 79.

— brut, *Roher-Stahl*. (*Voyez Acier de forge.*) — A plusieurs marques, D. 111.

— cémenté, *Cement-Stahl*. — Ce que c'est, 477. — Ses caractères; — sa division; — comment on reconnaît sa bonté; — ses propriétés; — son grain à la trempe, 78. — S'obtient avec du fer, qui ne contient pas de manganèse, D. 79. — Ses usages, 55. (*Voyez Cémentation.*)

— cémenté deux fois, *doppelter Cement-Stahl*. A. 79.

— d'Allemagne, *Deutscher-Stahl*, 4-80. — En quoi il diffère de celui de France, D. 112. — Cause de sa réputation, 116. — Obtenu en Angleterre avec de l'acier poule, 117. — Comparé à celui des Anglais, 118.

— de Cologne, *Koellnischer-Stahl*. A. 80.

— de Damas, *Damasner-Stahl*. (*voyez Damas.*)

— de forge, *Roher-Stahl*. — Ce que c'est. — Il se fond facilement; — ses caractères; sa rose; — se détériore, — se forge en trousse, A. 75. — Comment doit être le meilleur. — Son aciération, 76.

— de forge obtenu avec de la fonte, *aus roheisen erhaltener-Stahl*. — Procédés anciens; — nouveaux, D. 44. — Choix des fontes (*voyez Fonte*), 45. — Instruments dont on fait usage (*voyez Instruments*), 49. — Procédés employés. (*Voyez Affinage sur acier avec de la fonte*), 50. — Procédés défectueux (*voyez Affinage défectueux*), 64. — Conclusion, 66. — Combustibles employés, 68. — Action du manganèse (*voyez Manganèse*), 69. — Raffiné une fois, — plusieurs fois, 119. — Ses fentes en le trempant, 141. — Ses usages, 155.

— de forge obtenu des minerais de fer, *aus Eisenstein erhaltener-Stahl*. — Procédés anciens; — nouveaux. — Mélange de fer et d'acier obtenu, 99. — Méthode à la catalane (*voyez Affinage sur acier par la méthode à la catalane*), 100. — Méthode allemande (*voyez Affinage sur acier par la méthode allemande*), 103.

— de France, *Französischer-Stahl*, A. 80. — Comment on peut l'obtenir semblable à l'acier d'Allemagne, D. 114. — Avantage qui en résulterait, 115.

— de fusion, *Roher-Stahl*. (*voyez Acier de forge.*)

— de Rives, *in Rives gefertigter-Stahl*. — *Rives-Stahl*, A. 80 (*voyez Affinage sur acier à Rives*).

— de Solingen, *Solinger-Stahl*, A. 80.

- ACIER de Styrie, *Steyermärkischer-Stahl*, A. 80. (voyez Affinage pour acier sur fonte en Styrie.)
- de Vanaccio, *Vanaccinischer-Stahl*, D. 3.
- des Pyrénées, *Wolf-Stahl*. A. 80. (voyez Affinage pour acier sur minerais par la méthode à la catalane).
- du Nivernais, *Nivernischer-Stahl*, A. 80. (voyez Affinage pour acier sur fonte dans la Nièvre).
- du pays de Foix, *Stahlarten von Foix*, A. 80 (voyez Acier des Pyrénées).
- dur, *Harter-Stahl*, employé à fondre les cylindres des écocheurs, D. 97. — Son usage, 154.
- en bottes, *Büchsel-Stahl*, A. 79.
- en fonte pâteuse, *Leichtartiger-Stahl*, D. 97.
- ferreux, *Eisenhaltiger-Stahl*, A. 80.
- forgé, *Geschmiedener-Stahl*. (voyez Forgeage d'acier.)
- fondu, *Geschmolzener-Stahl*, A. 73. — Ce que c'est, 77. — Ses caractères, — sa division, — ses essais, ses propriétés, — son grain à la trempe, 78, — sa différence avec les autres aciers, — son histoire. — Tentative des Anglais pour l'obtenir, D. 81. — Fabriqué avec de l'acier, 82 (voyez Acier fondu obtenu avec de l'acier). — Fabriqué avec du fer forgé, 88 (voyez Acier obtenu avec du fer forgé). — Fabriqué avec de la fonte (voyez Acier obtenu avec de la fonte). — Acier en fonte pâteuse, — soudable, — dure, 97. — Fonte d'acier, 98. — C'est le plus difficile à forger, 119. — Sa différence avec l'acier de forge, 120. — Il est homogène, 121. — Ses molécules ont peu d'adhésion avant d'être forgé, 122. — Température propre à le forger, 133. — Ses fentes en le trempant, 141. — Ses usages, 155.
- fondu anglais, *Englischer Guss-Stahl*. — Procédé ancien. — Substance employée, — fourneau, — creuset, — combustible, — mise en feu, — durée de l'opération, — coulée, — cinglage, D. 83.
- fondu brut, *roher geschmolzener-Stahl*, A. 78.
- fondu de Clouet, *Clouets Gerb-Stahl*, obtenu avec du fer. — Coopération de Chalut. — Procédé employé, D. 88. — Différentes manières de l'obtenir. — Discussion, 89. — Expériences principales. — Essais. — Brevet d'invention de Mushet, 90. — Fourneau de Clouet, 93.
- fondu de Mushet, *Mushets Gerb-Stahl*. — Exposé de son procédé. — Substances à employer. — Différence avec le procédé de Clouet. — Proportion de charbon, D. 91. — Il veut l'obtenir des minerais. — Acier sans addition de charbon. — Impossibilité, 91.
- fondu de Poncelet, *Poncelets geschmolzener-Stahl*, D. 83.
- fondu dur, *geschmolzener harter-Stahl*, A. 73 (voyez Acier dur).
- fondu mou, *weicher geschmolzener-Stahl*, A. 73.
- fondu obtenu avec de l'acier cémenté, *gerechten Brenn-Stahl*. — Auteurs qui en

- ont parlé, D. 82. — Procédé décrit par Jars et Duhamel; — des frères Poncelet, 83. — Température de sa fusion. — Fourneaux employés, 84. — Durée de la fusion. — Creusets employés. — Flux, 85. — Expérience de Clouet et Chalut. — Coulée de la fonte, 86. — Remplacement du flux par la houille. — Analogie et différence de leurs effets, 87. — Les flux sont-ils nécessaires? 88.
- ACIER** fondu obtenu avec de la fonte, *aus Gusseisen erhaltener-Stahl*, par Clouet, — par Vandenbroeck. — Mélanges nécessaires, D. 3. *Premier procédé*. — Creuset; — fourneau, 94. — Charge; — fusion; — coulée. — *Deuxième procédé*: fourneaux; — charge; — fusion; — travail; — affinage, 95. — Addition de fer ou d'acier. — Analogie avec les aciers communs. — Doutes élevés sur ce procédé, 96. — Fonte pateuse, 97.
- fondu obtenu avec du fer, *aus Eisen erhaltener-Stahl*. (*Voyez* Acier fondu de Clouet).
- hétérogène, *ungleichartiger-Stahl*, qui est composé de différents aciers mélangés, et qui contient même quelques parties terreuses, D. 153. — Son usage, 154; — à quoi on l'emploie, 230.
- homogène, *gleichartiger-Stahl*, A. 80. — Qui est uniforme dans toutes ses parties, D. 153. — Son usage, 154; — comment on le distingue, 157; — son emploi, 168.
- hongrois, *ungarischer-Stahl*, A. 80.
- huntzmann, *huntzmanns-Stahl*, A. 78.
- japonais, *japanischer-Stahl*; D. 2.
- marchal, *martials-Stahl*, A. 78, D. 90.
- naturel, *natürlicher-Stahl*. (*Voyez* Acier de forge).
- obtenu des minerais de fer, *aus Eisenstein erhaltener-Stahl*. (*Voyez* Acier de forge).
- Poncelet, *Poncelet-Stahl*, égal en bonté aux aciers anglais. — Ses variétés, A. 78.
- poule, *Blasen-Stahl*. Comment il se produit, A. 76. — Ses propriétés, 77. (*Voyez* Acier cimenté.)
- sauvage, *Zuheisen Stahl*. Pour les fileries, C. 312. — Comment on l'emploie, 314. — Ses propriétés, 316; — son analyse.
- soudable, *zum schweissen begömer-Stahl*. — *Löthbarer-Stahl*, qui se soude facilement, D. 97.
- suisse, *schweizer-Stahl*, A. 79.
- ACIÉRATION**, *Stählung*, l'action d'aciérer, A. 76. — Se conserve plus ou moins. — Pourquoi? D. 15. — Son inégalité dans les loupes, 67.
- ACIÉRIE**, *Stahlhütte* (fabrique d'acier). — Quelles sont les plus célèbres. — Minerais que l'on y traite, D. 69. — Celles où l'on obtient de l'acier avec des minerais qui ne contiennent pas de manganèse, 70.
- ACTION**, *Wirkung*. — Vertu; — puissance; — opération.
- chimique, *chimische Wirkung*. — Réunion des causes qui déterminent la séparation ou la combinaison des substances qui forment un composé, A. 120. — Ne

- sépare pas complètement les combinaisons, C. 159. — Provenant des différences dans le travail de l'acier, D. 103.
- ACTION** du fer, *Wirkung des Eisens*. Sur les combustibles, A. 26; — sur les métaux, 30; — sur l'oxygène, 35. — Oxydé sur les acides.
- du manganèse dans l'aciération, *Wirkung des Braunsteins auf das Roheisen*. (Voyez Manganèse).
- galvanique, *galvanische Wirkung*, C. 160.
- physique, *physische Wirkung*, C. 160.
- ACTINOTE**, *Strahlstein*, A. 93-120. — Gangue qu'elle forme, B. 148.
- ADOUCCIR** le fer fondu (art d'), *das roheisen weich zu machen*. Le rendre doux, mou et facile à travailler — Précaution en le chauffant, B. 319. — Deux méthodes. — Avantages et inconvénient. — Changement de *tissure*, 320. — Distinction des fontes que l'on doit adoucir. — Opérations qu'elles doivent subir. — Précaution, 321.
- ADOUCCISSEMENT** de l'acier, *Stahl weich zu machen*. Rendre l'acier plus mou, plus facile à travailler. (Voyez Cémentation rétrograde). — Avant de l'étamper. — Précaution, 170. — Avant de fabriquer les limes. — Refroidissement lent, 202.
- AERODENSIGRADE**, *Windmesser*. Machine pour mesurer la densité de l'air, A. 93.
- AETITE**, *eisen Mere*. Geode de fer, A. 93.
- AFFINAGE**, *Frischen; Verfeinerung*. Purification du fer pour en retirer les terres, l'oxygène et le carbone en excès qu'il contient (voyez Affinage du fer). — Instruments employés, C. 4-14. — De la vieille ferraille, 16; — de la fonte de fer, 24. — Au charbon de bois, à une seule opération, 36; — à deux opérations, 50; — à trois opérations, 58. — Avec de la houille, 75. — Des minerais de fer, 102; — dans des bas fourneaux, 109; — des moyens fourneaux avec du bois, 134; — avec du charbon de bois, 139. — Comparaison entre toutes les méthodes d'affinage (voyez Comparaison).
- d'aiguille, Les bleuir, polir leurs pointes sur une meule, D. 196.
- de la vieille ferraille, *Frischen des alten Eisenwerks*. La travailler pour en obtenir du fer en barre, C. 16. — Historique. — Mélange de fonte et de ferraille, 18. — Procédé général, — pratiqué dans les environs de Rome, 19. — Matières que l'on y raffine. — Fusion du régule et de la ferraille. — Action des scories. — Formation de la loupe, 20. — Dépenses et produits. — Usine où l'on suit le même procédé. — Procédé de Ramus. — Substances employées. — Des creusets et de leurs dimensions. — Arrangement de la ferraille, du carcas et de la fonte. — Fourneaux employés, 21. — Consommation et produit. — Méthode de M. Lenormant. — Arrangement de la ferraille. — Inconvénient de cette méthode. — Perfectionnement qu'elle peut éprouver, — Méthode de Rotherhiten; — de M. Müller. — Consommation et produit, 23.
- du fer forgé, *Eisen-Verfeinerung, Eisen fein-brannen*. — Nouvelles opérations que le fer forgé éprouve pour le rendre plus pur. — Quand il doit avoir lieu; — comment on l'exécute, C. 239. — Formation des trousses; — chaude qu'on leur donne; — comment on les soude. — Précaution, 240.

AFFINAGE pour acier, *Stahl-frischen.*

— pour acier avec de la fonte, *Stahl-gar-machen, auf roheisen zu Stahl-frischen.*

Travail que la fonte de fer éprouve pour en obtenir de l'acier ; — en quoi il diffère de celui pour le fer. — Méthodes employées, D. 50. — Des fontes qui y sont propres. — Préparations qu'elles éprouvent. — Des creusets d'affinerie, 51 ; — des fontes contenant le carbone nécessaire, 52 ; — ne contenant pas assez de carbone, 56 ; — contenant du carbone en excès, 58. — Réunion des trois méthodes, 62. — Procédé défectueux, 64.

— pour acier, à Kleinboden, *Kleinboden Stahl-frischen.* — Des creusets ; — de la tuyère. — *Première opération.* — Préparation du creuset ; — mise en feu ; — fusion ; — enlèvement des gâteaux, D. 53. — *Deuxième opération.* — Affinage ; — cinglage, 54.

— pour acier, à Rives, *Stahl-frischen zu Rives.* — Creusets ; — tuyères ; — préparation ; — mise en feu ; — travail, D. 62. — Fusion de la gueuse. — Addition de quartz. — Affinage ; — cinglage. — Observations, 63.

— pour acier, à Rosenbach, *Stahl-frischen zu Rosenbach.* — Creusets ; — tuyère ; — préparation. — *Première opération.* — Mise en feu ; — fusion des blettes ; — enlèvement des Boden. — *Deuxième opération.* — Préparation du creuset ; — mise en feu ; — travail ; — affinage des Boden, D. 61. — Addition de quartz, 62.

— pour acier, à St.-Gall, *Stahl-frischen zu St.-Gall.* — Creuset ; — tuyère ; — préparation ; — mise en feu ; — fusion ; — loupe ; — addition de scories, D. 60.

— pour acier avec de la fonte blanche, *mit weiser roheisen Stahl zu frischen.* (Voyez Affinage sur acier avec de la fonte carburée, par Deffaut.)

— pour acier avec de la fonte carburée, par Deffaut, *aus zu wenig-gekohltem Roheisen Stahl zu frischen.* — Procédé. — Exemple en Carinthie, D. 56. — Modification dans diverses usines, 57.

— pour acier avec de la fonte carburée avec excès, *aus zuviel-gekohltem roheisen Stahl zu frischen.* — Comment on détruit le carbone. — Addition de ferraille, 59. — Exemple dans le Tyrol, D. 59 ; — à St.-Gall, 60 ; — à Rosenbach, 61.

— pour acier avec de la fonte carburée suffisamment, *aus gehörig-gekohltem roheisen Stahl zu frischen.* — Procédé ; — tuyère ; — direction ; — inclinaison, D. 52. — Déclinaison. — Exemple d'affinage à Kleinboden, 53 ; — dans la Nièvre, 54 ; — dans la Styrie, 55.

— pour acier avec de la fonte, dans la Carinthie, *Stahl-frischen in Kärnten.* — Creuset ; — tuyère ; — préparation ; — mise en feu, D. 56. — Travail ; — fusion ; — scories ; — quartz ou sable ajouté ; — mélange de fonte, 57.

— pour acier, dans la Nièvre, *Stahl-frischen in Nivernois.* — Creuset ; — tuyère ; — préparation du creuset ; — mise en feu ; — travail ; — affinage ; — écoulement des scories ; — cinglage, D. 54. — Emploi du quartz, 55.

— pour acier, dans la Styrie, *Stahl-frischen in Steyermark.* — Creuset ; — tuyère ; —

- préparation ; — mise en feu ; — fusion ; — affinage ; — scories ; — floss ou loupe ; — modification, D. 55.
- AFFINAGE pour acier, dans le Tyrol, *Stahl-frischen in Tirol*.** — Creuset ; — tuyère ; — préparation ; — enlèvement de gâteaux ; — affinage ; — travail de la fonte ; — addition de ferraille, D. 59.
- pour acier, avec des stuck, *Stahl-frischen mit Stuk Eisen*, avec de grosses masses de fer qui se forment dans des moyens fourneaux ; — fourneaux employés ; — préparation, D. 105. — Placement des stuck ; — mise en feu ; — écoulement des scories ; — affinage ; — sortie de la loupe ; — sa division ; — cinglage ; — explication, 106. — Fer et acier obtenus, 107.
- pour acier, avec de la fonte, méthode défectueuse, *Fehlerhaftes Stahl-frischen*. — Exemple de Styrie, par M. Rambourg, D. 64 ; — de Carinthie, par MM. Daugenoux et Windel, 65.
- pour acier, en Carinthie, méthode défectueuse, *Fehlerhaftes Stahl-frischen in Kärnten*. Préparation ; — fusion ; — laitier ; — brassage ; — travail ; — addition de ferraille, D. 65. — De quartz ; — de fonte ; — affinage ; — cinglage ; — défectuosité de ce travail, 66.
- pour acier, en Styrie, méthode défectueuse, *Fehlerhaftes Stahl-frischen in Steyermarck*. — Creusets ; — tuyère ; — préparation ; — eau argilée ; — mise en feu ; — fusion ; — écoulement des scories ; — bouillonnement ; — affinage ; — cinglage ; — défectuosité du procédé, D. 64. — En quoi il diffère de celui qui précède. — Observations de Duhamel père, 65.
- pour acier, par les trois méthodes réunies, *durch Vereinigung der drey erwähnten Stahl-frischen*. — Exemple de la méthode pratiquée à Rives, 62 et 63.
- pour acier avec des minerais, *zu Stahl-frischen mit Eisenstein* (voyez Acier obtenu avec des minerais de fer).
- pour acier, par la méthode à la catalane, *Catalanisches Stahl-frischen*. Elle est décrite dans l'affinage du fer ; — en quoi elle en diffère, D. 100. — Préparation ; — mise en feu ; — fusion ; — affinage ; — observations ; — inclinaison de la tuyère, 101. — Quantité de vent ; — densité des charbons ; — temps employé ; — greillade, 102. — Ecoulement des scories, 103.
- pour acier, par la méthode allemande, *Deutsches Stahl-frischen*. En quoi elle consiste. — Des stuck, D. 100 ; — comment on les obtient, 104 ; — leur traitement, 105.
- pour fer sur la fonte avec du charbon de bois, *Eisen-frischen*. Traitement que la fonte de fer éprouve, pour en obtenir du fer doux et malléable. — Ce que l'on se propose en affinant la fonte, C. 25. — Les procédés dépendent des proportions de carbone qu'elles contiennent, 26. — Examen de ce qui se passe dans l'affinage, 27 ; — expliqué par le carbone contenu, 30 ; — par sa combinaison avec l'oxygène, 31. — Propagation de l'affinage, 32 ; — affinage par échauffement, 33 ; — par liquation, 35.

- Procédé en une seule opération, 36. — Des signes à l'aide desquels on juge s'il est terminé, 48; — à deux opérations, 50; — à trois opérations, 58. — Différences et similitudes que présentent ces affinages; — à une, deux ou trois opérations, 71. — Affinage français et allemands comparés, 72; — allemands et styriens; — styrien et mazéage, 74.
- AFFINAGE** de la fonte à deux fusions, *Eisen-frischen mit zweymaligen Schemelzern*. — Quelles fontes doivent être ainsi traitées, C. 50-71. — On emploie trois méthodes, 51, — allemande. — Première et seconde opération, 52. — De Laurwig, 53. — De Styrie, 54. — Consommation de fer et de charbon, 58.
- de la fonte à Kamenskoï, *frischen zu Kamenskoï*, C. 131.
- de la fonte à Kouitun, *frischen zu Kouitun*, C. 140. — Opération. — Nature de la fonte obtenue, 141.
- de la fonte à la Bergamasque, *Bergamasquerart zu frischen*; dans quel pays il se pratique. — Forme du Foyer, C. 65. — Placement de la fonte. — Sortie de la Mazelle; — sa fusion. — Formation du mazeau; — sa sortie; — son affinage. — Consommation de charbon, 66; — c'est le plus cher de tous les affinages, 67; — sa comparaison avec les autres, 71.
- de la fonte à la française, *Französisches-frischen*, C. 44. — Lieu où cette méthode est pratiquée. — Poids des loupes. — Consommation de charbon, 45. — Comparaison avec la méthode allemande, 72.
- de la fonte à Laurwig, *Laurwiges-frischen*; première opération; — deuxième opération; — lopins que l'on retire, C. 53.
- de la fonte à l'allemande, *Deutsches-frischen*, à trois opérations. — Première opération, — du creuset, C. 59; — placement de la fonte; — fusion du régule; — travail, 60; — effervescence; — nez de la tuyère; — aspersion d'eau; — écoulement des scories; — cessation du vent, 61. — Deuxième opération; — disposition de la masse; — arrangement du charbon, 62; — travail; — écoulement des scories; — cessation du vent, 63. — Troisième opération; — analogie et différence avec la seconde; — consommation de charbon, 64; — comparaison avec la méthode française, 72; — avec la méthode styrienne, 74.
- de la fonte à la wallonne, *Wallonisches-frischen*, C. 44. — Voyez à la française.
- de la fonte à trois fusions, *dreyfachen-frischen*; — en quoi il diffère de celui à deux fusions. — Fontes que l'on y affine, C. 58; — à l'allemande, 59; — à la bergamasque, 65. — Le mazéage, 67; — quelle fonte on doit y employer.
- de la fonte à une fusion, *einmaliges-frischen*, *Eisen-frischen*; fonte que l'on peut affiner, C. 36. — Placement de la fonte, — en gueuse, — en saumon, — en plaques, — en grains, 37. — Écoulement des scories. — Travail de la fonte; — action des charbons. — De l'oxygène; — de l'eau, 38. — Fourneaux employés, 39. — Traitement de la fonte truitée, 40. — Du fer osmund; — du fer en grains, 41. — Méthode osmunde suédoise; — par attachement 42. — Consommation de

- charbon et de fer. — Traitement de la fonte grise, 43. — Méthode française; — wallonne, 44; — par bouillonnement. — Traitement de la fonte blanche, 45.
- AFFINAGE** pour fer avec du charbon de bois sur fonte blanche, *Frischen des weissen roheisen, mitt grellen Roheisen-frischen*; disposition du creuset; — de la tuyère. — Des plaques, C. 45. — Élévation de la tuyère. — Opération; — sable pour dissoudre l'oxide. — Opinion de Grignon, 46. — Arrosement; — diffère de celui de la fonte grise. — Séparation de l'oxide surabondant. — Scories ajoutées. — Consommation de charbon et de fonte, 47. — On peut les affiner par cémentation, 51. — Ne doivent être traitées qu'en une seule opération, 71.
- pour fer avec de la fonte en grains, *Dreschen mit gekörntem Roheisen*, C. 41.
- pour fer avec de la fonte grise, *frischen des grauen Roheisen*; disposition des creusets; — inclinaison de la tuyère; — position des plaques. — Opération, C. 43; — Usage des battitures. — Durcissement de la loupe. — Appréciation du degré d'affinage; — à la française ou à la wallonne, 44; — par bouillonnement, 45. — Choix des méthodes d'affinage, 51.
- pour fer avec de la fonte truitée, *Frischen des halbgrauen Roheisen*; proportion des fourneaux, C. 39. — Préparation des creusets; — addition de scories; — combinaison du charbon et de l'oxigène; — formation de la loupe, C. 40. — Courant d'eau froide sous le creuset; — son usage, 41.
- pour fer avec des blettes, *Frischen der Roheisenblätter*, C. 54. (*Voyez AFFINAGE pour fer sur fonte avec du charbon de bois en Styrie.*)
- pour fer sur fonte, avec du charbon de bois dans le Nivernais, *Nivernisches-frischen*. (*Voyez MAZÉAGE.*)
- de la fonte dans le royaume de Siam, *Siamischer-frischen*; minerais que l'on y traite; — machines soufflantes employées. — Opération, C. 132.
- de la fonte en Styrie, *Steyernmärkisches Eisen-frischen*, C. 54. — Résultat du grillage des blettes; — consommation de charbon, 55. — Macération substituée au grillage; — consommation de charbon, 56. — Deuxième opération; — fonte et affinage; — emploi de l'oxidule de fer; — des verres terreux; — consommation de charbon et de fonte, 57; — comparé aux affinages allemands, 74; — c'est le plus économique, 75.
- de la fonte en Syrie, *Eisen-frischen in Syrien*.
- de la fonte par attachement, *an hauss-frischen*, C. 42.
- de la fonte par bouillonnement, *Kochfrischen*. (*Voyez à la française.*)
- de la fonte par cémentation, *Eisen-frischen durch cementirens*, C. 50; — appliqué aux fontes blanches, 51.
- de la fonte par les Hottentots, *Eisen-frischen der Hottentoten*, C. 132.
- de la fonte, méthode d'Osmund, *Osmundfrischen*, d'après Swedemborg, C. 41.
- de la fonte Osmund marchoise, *Märkischer Osmundfrischen*, C. 42.
- pour le fer, sur fonte, avec de la houille, *Frischen des Roheisen mit Steinkohlen*;

- traitement de la fonte avec de la houille pour en obtenir du fer forgé ; — ses difficultés, C. 75 ; — expériences sur cet objet, 76 ; — premiers essais par les Anglais ; — pourquoi, 77. — Méthodes déduites des observations de Réaumur, 78 ; — de M. Sabathier. — Expérience de Lampadius, 79 ; — pourquoi elle n'a pas eu de succès, 80. — Tentatives faites sur les fontes surcarburées ; — pourquoi. — Traitement anglais dans des creusets, 81. — Traitement sans creuset, 83. — Perfectionnement dans les procédés, 85. — Opération 86. — Observations. — Nouveaux détails, 92. — Brevet d'invention de M. Dufaud, 96 ; — son procédé, 98.
- AFFINAGE** de la fonte avec de la houille, dans des creusets, *Englisches-frischen im Tiegel*, C. 81 ; — pratiqué au Creusot, — décrit par Tiemann, 82. — Analogie et différence entre les procédés français et anglais, 99.
- de la fonte avec de la houille, dans des fourneaux de réverbère, *Englisches-frischen im Reverberirofen* ; opération ; — chargement de la fonte ; — fusion et travail ; — oxidation du fer, C. 83. — Usage des registres. — Fermentation de la fonte ; — formation de la loupe ; — opinion sur cet affinage, 84. — Le fer s'oxide ; — preuve. — Perfectionnement, 85 ; — dans la forme du fourneau ; — dans une première fusion. — Détail du nouveau procédé. — *Fineries*. — Placement et fusion de la fonte, 86. — Inclinaison de la tuyère ; — écoulement du métal ; — refroidissement par l'eau. — *Fine metal*, 87. — Consommation de charbon. — Deuxième opération ; — dimension des fourneaux ; — placement du *fine métal*, 88. — Mise en feu ; — fusion ; — travail ; — déchet, 89. — Écoulement des scories. — Formation et chauffe des loupes, 90. — Consommation de houille ; — fer obtenu. — Modification au procédé de Bra-deley. — Consommation de houille et de fonte, 91. — On peut affiner en une seule opération, 101.
- de la fonte avec de la houille, méthode de M. Dufaud, *Dufaudisches-Eisenfrischen* ; fourneaux employés. — Opération ; — 1^o *mazéage*, C. 98 ; 2^o *affinage* ; — 3^o *chauffage* des pièces. — Consommation de fer et de charbon. — Comparaison entre ce procédé et celui des Anglais, 99. — Les maîtres de forge de France peuvent employer ce procédé ; — Comment, 100. — Quel procédé on peut lui substituer, 101.
- de la fonte avec de la Houille, méthode de M. Sabathier, *Art des herrn Sabathiers eisen zu frischen* ; traitement de la fonte dans trois fourneaux. — Procès-verbal des expériences faites en commun avec M. Dufaud, C. 96. — Opinion sur ces opérations, 97.
- pour fer, sur fonte, avec de la houille et du charbon de bois, *frischen der Roh-eisens mit Stein-und Holzkohlen* ; traitement de la fonte avec un mélange de houille ou de charbon de bois, pour en obtenir du fer forgé, C. 76. — Son rapport avec la méthode catalane, 126.
- pour fer, sur minerais, *auf Eisenstein zu Eisen frischen ; eisenerz auf Eisen zu frischen*, traitement des minerais de fer pour en obtenir du fer forgé par une seule opération. — Ce que l'on se propose, C. 102. — Peut se faire dans des affineries, 105 ; — dans

- des fourneaux de réverbère; — tenté par Buch et Wildmann, — par Mushet, 106. — par MM. Frèrejean, — M. Blumenstein, 107. — Possibilité de réussite; — procédés qui ont été employés avec succès, 108; — dans les bas fourneaux. — Méthode Corse, 110. — Méthode catalane; — au charbon de bois, 115; — au charbon de houille, 125; — dans des moyens fourneaux. — Méthode d'Agricola, 129; — de Sibérie, 131; — Siamoise, — Syriène, — des Hottentots, 132. — Avec du bois, 134. — De la Dalécarlie, 135; — avec du charbon de bois, 139. — A Kouitoun, 140. — Dans les *Stuckofen*, 141. — Comparaison entre les consommations et les produits dans les différentes méthodes, 145.
- AFFINAGE** des minerais de fer avec du bois, *Eisenerz mit Holz Eisen zu frischn*; opinions de différents métallurgistes, C. 134. — Lieux où l'on traite ainsi les minerais. — Fourneaux employés, 135. — Préparation; — opération; — produits. — Non succès du même travail avec du charbon, 136. — Préparation des minerais. — Nature du fer obtenu. — Comparaison des traitements avec le bois et le charbon, 137. — Mélange du charbon avec du bois, 138. — Pays dans lequel on emploie le bois en nature, 139.
- des minerais de fer avec du bois, en Dalécarlie, *Dalecarlienisches Eisen-frischn*. (Voyez **AFFINAGE** des minerais avec du bois.)
- pour fer, sur des minerais, avec du charbon de bois, *Aus Eisenstein mit Holzkohlen Eisen zu frischn*, C. 109.
- des minerais de fer dans des bas fourneaux, *Eisen-frischn in Niederigöfen*; nombre d'opérations. — Division des méthodes, C. 109.
- des minerais de fer, méthode catalane, *Catalanisches Eisen-frischn*, bonne pour traiter des minerais riches. — Elle ne consume que quatre parties de charbon pour une de fer, A. 15. — Appliquée avec désavantage aux minerais maigres, 16. — Appliquée aux oxides mamelonnés bruns, 105. — En quoi elle consiste; — ses différences avec la méthode corse, C. 115. — Fourneaux employés. — Grillages préliminaires, 116. — Arrangement des minerais, 117; — mise en feu; — avancement de la masse vers la tuyère, 118. — Usage de la greillade; — écoulement des scories; — formation de la loupe. — Conduite du feu, 119. — Des laitiers. — Situation respective du fer et de l'acier dans la loupe. — Opinion sur la fusion du fer, 120. — Différences entre les quantités de fer et d'acier obtenues. — Cause, 121. — Inclinaison de la tuyère. — Consommation de charbon et de minerais, 122. — Comparée au travail de Styrie. — Perte de fer; — pourquoi. — Expérience sur les minerais terreux, 123. — Fer entraîné par les scories, 124. — Désavantage de cette méthode sur les minerais terreux, 125.
- des minerais de fer, méthode corse, *Corsianisches Eisen-frischn*; fourneaux employés. — Minerais traités. — Opérations. — Grillage préliminaire, C. 110. — Première opération; — arrangement du charbon, — du minerai grillé; — du minerai cru. — Mise en feu, 111; — effet de la chaleur, 112. — Réduction. —

Comparaison avec la méthode de Mushet, 113. — Deuxième opération ; — préparation du bassin ; — disposition des charbons et des minerais ; — formation des loupes ; — fer obtenu, 114. — Consommation de charbon et de minerais. — Traitement des minerais arénacés ; — ses rapports avec la méthode catalane, 115.

AFFINAGE des minerais de fer, dans des moyens fourneaux, *Eisen-frischen in Oefen vor mittlerer Höhe*, fourneaux employés du temps d'Agricola ; — leur dimension, C. 129. — Procédés employés à Kamenskoi en Sibérie, 131 ; — en Siam ; — en Syrie ; — chez les Hottentots, 132. — Rapports entre ces méthodes, 133 ; — en Dalécarlie et en Angermanie, 135. — Avec du charbon de bois, 139 ; — en Sibérie, 140 ; — en Styrie et en Carinthie, 141.

— des minerais de fer dans des Stuckofen, *Eisen-frischen im Stuckofen* ; dans quel pays cette méthode est pratiquée, C. 141. — Mise en feu des fourneaux. — Écoulement des scories. — Sortie de la fonte, 142. — Poids des masses. — Nature de la fonte. — Consommation de charbon, 143. — Usine où l'on travaille des minerais terreux par cette méthode, 144. — Consommation de charbon et de fer, 145.

— pour fer, sur minerais avec de la houille, *Eisensteine mit Steinkohlen zu Eisen zu frischen* ; traitement des minerais de fer avec de la houille, pour en obtenir du fer forgé ; — tentatives, C. 125. — Méthode proposée par Muthuon, 126. — Expérience de Mushet ; — de MM. Blumenstein et Frèrejean, 127. — Où conduisent les résultats de Mushet. — Influence des minerais sur cette méthode. — Conclusion, 128.

AFFINERIE, *Frischhütte*. — Usine où l'on affine le fer. — Charbon qui leur est propre, B. 12. — Celui de bois tendre est préférable, 22 ; — ce que c'est, C. 9. — Leurs usages, 39-110.

AFFINEURS, *Frisch-Meister* ; ouvriers qui affinent le fer.

AFFINITÉ. *Verwandschaft*, tendance qu'ont différentes substances à se combiner ensemble ; — du fer pour le soufre, A. 27 ; — pour le phosphore, 29 ; — pour les métaux, 30 ; — d'après Thomson, 33 ; — d'après Bergmann, 34, — des acides pour l'oxidule d'après Bergmann ; — d'après Lavoisier, 38.

ÂGE DES BOIS, *Holz-Alter* ; — son influence, B. 13.

AGENTS CHIMIQUES, *Chemische Wirkungsmittel*. — Tout corps qui agit chimiquement sur d'autres ; — qui facilitent leur séparation ou leur combinaison, A. 130. — C. 159. — de fusion, *Schmelzmittel*. Corps qui facilitent ou déterminent la fusion des autres, A. 138.

— de séparation, *Scheidungsmitel*. Corps qui facilitent la séparation des autres, C. 3.

AGREYEUR, Ouvriers qui étirent le fil de fer à l'aide d'un levier et de grosses tenailles, C. 319.

AIDE fondeur, *Schurknecht*. Ses fonctions, B. 177.

AIGRE (fer) *Sprodes-Eisen*. Fer cassant à froid et brisant à chaud, A. 67.

AIGUILLE, *Nadel*. Leur fabrication, D. 185. — Est un exemple de la division du travail, 186. — Prix de la main-d'œuvre. — Historique, 187. — Ce que c'est ; — combien de sortes on en distingue ; — desquelles on parlera ; — fabriques visitées par l'Auteur,

188. — Ouvrages à consulter ; — substances employées ; — nombre d'opérations préliminaires ; — essais des fils de fer et d'acier , 189. — *Première série* de travail. — Division des fils , 190. — Redressement ; — dégrossi des pointes ; coupe de longueur ; — aplatissement de la tête ; — recuit ; — commencement du trou ; — achèvement ; — cannelure , 191. — Marque ; — redressement. — *Deuxième série*. — Pesée ; — triage ; trempe en paquet , 192. — Désoxydation ; — recuit ; — redressement. — *Troisième série*. — Polissage ; — formation des rouleaux , 193. — Matière employée. — Poli ; — dégraissage ; — vanage ; — matière à polir , 194. — *Quatrième série*. — Séparation ; — redressage. — *Cinquième série*. — Mise en paquet ; — pli du papier ; — compte des aiguilles ; — bleuissement , 196. — Marque ; — enveloppe ; — emballage ; — nombre total des opérations , 197. — Machine à polir ; — de divers endroits ; — de M. Molard ; — lieux où l'on fabrique les aiguilles , 198.

AIGUISERIE, *Schleiferey*. Usine pour rendre plus aiguës les pointes ou les tranchants des corps ; — pour les armes — contenant des meules de grès mues par l'eau, sur lesquelles sont aiguisées les armes, D. 241.

AILE (roue à) (*voyez* Roue à aile), B. 111.

AIMANT, *Magnetstein*. Oxyde ou carbure de fer, qui a la propriété d'attirer le fer et l'acier.

AIR, *Luft*. Son état influe sur la combustion, B. 43. — Trempe dans l'air, D. 146. — Comment l'acier s'y refroidit ; — exécuté à Damas, 147. — Nouveau moyen, 148.

— atmosphérique, *atmosphärische Luft*. Son état influe sur la combustion des charbons, B. 11. — Comment il produit de la chaleur, B. 43. — Sa composition, 44. — Sa densité, 45. — Quantité nécessaire pour brûler le charbon, et produire 100 parties de fonte, 46-47. — Consommé en plus grande quantité dans les fourneaux qui brûlent de la houille, 50. — Quantité employée comparée au charbon brûlé, 51. — Influence de sa vitesse sur la production de l'acide carbonique ou de l'oxyde de carbone, 53. — Sa vitesse doit être inverse de la dureté des charbons, 54. — La quantité lancée dans le fourneau doit dépendre de celle du charbon que l'on veut brûler, et de la hauteur des fourneaux, 56. — Il est toujours combiné avec de l'eau ; — comment on l'en sépare, 57-58. — Inspiré, aspiré, et expiré par les soufflets, 64-67. — Irrégularité du jet de celui qui est lancé par les soufflets accouplés, 79. — Variation de sa pression dans les régulateurs, 80. — Humidité abandonnée par cette variation, 81. — Sa vitesse variée dans les régulateurs, 84. — Quantité produite par chaque machine soufflante ; — déterminée par le volume qu'elles expirent, 85. — D'après Bouchu, 86 ; — d'après Grignon, 87. — Volume lancé par les soufflets quadrangulaires, — de Guerigni, 87. — Par les cylindres, — du Creusot, 88. — Quantité lancée déterminée par la vitesse de sa sortie, 91. — Par la pression qu'il éprouve ; — détermination de la pression ; — application ; — table de transformation de vitesse en pression, *et vice versa*, 95. — Formules qui font déterminer les quantités d'air ; — application, 97. — Différence entre ces résultats et ceux que l'on a publiés, 98. — Addition à la formule ; — lois de la dilatation de l'air par la chaleur, 99. — Influence de l'humidité ; —

application à l'air des trompes, 100; — à celui des régulateurs, 103. — Sa résistance dans les tuyaux de conduit. — Expérience de Wilkinson, 104; — de Charbaut, 105. — Conclusion, 106. — L'air des trompes est toujours humide, 128. — Il consomme plus de charbon que l'air sec, 130. — L'air est plus humide l'été que l'hiver, 133. — La quantité d'air lancée dans un fourneau influe sur la durée de la descente du minéral, 220. — Il faut augmenter sa quantité lorsque le fourneau s'engorge, 238; — la diminuer pour *mettre hors*, 246; — en lancer dans le fourneau pour le refroidir, 247.

AIR humide, *Feuchte-Luft*, consomme plus de charbon que l'air sec, B. 129-130. — Expérience d'un maître de forge anglais. — Engorgement du fourneau, 131. — Les hauts fourneaux vont mal dans les temps humides. — La valeur de la fonte diminue, 132. — Lancée par les caisses à eau, 135; — par les régulateurs, 136. — Observations de M. Roebuch, 136 et 137.

AIRE, *Fussboden*, *Bodenfuss*, sol, place que l'on a unie.

— ou rustine, *Rukstein*. Fond vertical du creuset, côté opposé au-devant à la tympe, C. 10.

— des enclumes, *Ambosbohne*. Partie supérieure sur laquelle se place le fer que l'on forge, C. 184.

— des fourneaux, *Ofenboden*. Massif uni au fond des fourneaux.

— des fourneaux de réverbères, *Reverberisboden*, *Sohle des Reverberisofen*. Sol ou surface plane sur laquelle se placent et coulent les substances que l'on veut griller ou fondre, B. 306.

— des marteaux, *Hammerbohne*. Surface plane qui frappe les corps soumis à leur action, C. 184.

ALÈSÈMENT, *Bohrarbeit*, *das ausbohren*. L'action d'aléser des cylindres, — des canons, B. 322.

ALÉSER, *Bolren*, — *aus bohren*, égaliser et unir les faces des cylindres ou des canons que l'on a percés, C. 322.

ALÉSOIR, *Bohrmaschine*, — *aus bohrmaschine*. Instrument, espèce de foret pour aléser, 322 et 324.

ALKALI, *Laugensalz*, sel que l'on tire ordinairement des cendres, et dont la saveur est âcre et brûlante. Précipitation de l'oxyde de fer (par les), A. 39.

ALISIER, *Elsbeerbaum*. Poids d'un décimètre cube, B. 3; — poids d'un mètre cube de charbon, 5.

ALLEMANDE (affinage à l'), *Deutsches frischen* (voyez Affinage).

ALLEMANDRIE, *Deutscher-Drathug*. Usine dans laquelle on prépare le forgis pour les fileries de fil de fer, C. 310.

ALLEMANDS, *Deutsch*. Perfectionnent le travail du fer en Suède, A. 13.

ALUMINE, *Alaunerde*. Terre retirée de l'alun. — Sa proportion dans les minerais de fer, A. 116; — infusible seul, B. 155; — infusible avec une seconde terre, 156; —

- fusible avec deux autres terres, la silice comprise, 157; — fusible avec trois autres terres, 158.
- ALUN**, *Alaun*. Son emploi pour décaper, C. 286.
- ALLURE** des fourneaux, *Gang des Ofens*. Leur manière d'aller; — comment on la reconnaît, B. 227; — signes qui la distinguent; — par la fonte, 288; — par les laitiers, 229; — par la tuyère, 231; — par la flamme, 234; — par le bruissement, 235.
- AMAS** de minerais, *Butzenwerck*. Tas de minerais dispersé à peu de profondeur, A. 118.
- AMBOUTIR**, *Treibeln*. Courber les platines de fer pour commencer à leur donner la forme creuse qu'elles doivent avoir; — différentes manières, C. 304. — Température; — eau argilée employée; — platines mères et filles; — leur arrangement, 305; — nombre de chaudes, 306.
- AME** des soufflets, *Windfang*. Soupape qui se lève pour permettre l'entrée de l'air dans leur intérieur, B. 64.
- AMÉLIORATION**, *Verbesserung*, du travail du fer en Styrie, A. 9; — en Angleterre, 11; — en Suède, 12; — par les Allemands, 13; — par les Français, 14; — en Russie, 15.
- AMMONIAC**, *Ammoniack*. Alkali volatil. — Combinaison d'azot et d'hydrogène. — Son gaz rend le fer cassant, C. 153.
- AMORPHE**, *Ungstatt*. Forme vague et indéfinissable. — Fer métalloïde, A. 93.
- AMPHIBOLE**, *Hornbleind*.
- AMPOULE**, *Blassig*, de l'acier cémenté. — Petites bulles creuses qui se forment à la surface de l'acier cémenté, D. 41; — leur formation, 42.
- ANALYSE**, *Zerlegung*. Décomposition, réduction d'un tout à ses principes élémentaires. — chimique, *chimische-Zerlegung*. Art de séparer, des corps, des substances plus simples qu'eux. — Du carbure de fer, A. 26. — De la fonte du fer et de l'acier, 41. — Du fer, 58, — de l'acier, 72. — Des mines de fer oxydulé, 90. — Du fer spathique 96. — Des oxydes mamelonnées, 101. — Des oxydes de fer compacte, 106. — Des oxydes de fer terreux en gros morceaux, 108. — Des mines limoneuses, 110. — Des fers oxydulés terreux en fragments agglutinés, 113. — En fragments séparés, 114. — De plusieurs hydrates, 117. — Des bois, B. 3. — Des tourbes, 24. — Des houilles, 29-31-32. — Des gangues, 153. — Des laitiers, 175. — Des fers brisants, C. 158. — Difficulté de séparer les substances, 159. — Actions physique et galvanique préférées, 160. — Des aciers sauvages, 313.
- mathématique, *mathematische-auflösung*. Méthode de résolution des problèmes par l'arithmétique, l'algèbre ou la géométrie. — Appliquée aux machines soufflantes, B. 85; — au soulèvement des marteaux, C. 199. — Application, 200.
- ANCIENNETÉ**, *Alterthum*, du travail du fer, A. 1. — D'après les Hébreux, — les Egyptiens, — les Grecs, — les Goths, 2; — les Assyriens, — les Carthaginois, — les Lacédémoniens, — les Athéniens, — les Romains, — les Germains, — les Gaulois, — les Celtibériens, etc. 3.

- ANCRE**, *Anker*. Instrument qui accroche, qui retient. — De fer qui retient les massifs des hauts fourneaux, A. 184-245.
- ANÉMOMÈTRE** à eau, *Windmesser*. Instrument pour mesurer la densité de l'air, B. 93.
- ANGERMANNIE** (fourneaux d'), *Angermanischer-ofen*. Leur forme, — leurs dimensions, — leurs constructions, C. 5.
- ANGLETERRE** (rouge d'), *Englisches-Roth*.
- ANIMAUX**, *Thiere*, pour mouvoir les machines soufflantes, A. 234. — Usage de leur force musculaire, B. 107. — Hommes, 108. — Chevaux, 109. — Chiens, 110.
- ANNEAUX** de fer, *Ringe*, qui retiennent les massifs des hauts fourneaux, A. 184.
- ANTHRACITE** (*voyez* Houille sèche). Espèce de houille que l'on croyait ne pouvoir servir à la combustion.
- ANTIMOINE**, *Spiesglas*. Sa combinaison avec le fer, A. 31. — Rend le fer cassant à froid, C. 163.
- ANTIQUITÉ** du fer, *des Eisen Alterthum*, A. 2.
- ANSES**, *Handgriff*, de marmite, B. 270. — De chaudière, 272. — De bombes, 285.
- APPRENTIF**, *Lehrjung*.
- APPENTIS**, *Schopen*. Toit appliqué contre un mur. — Des hauts fourneaux. — Ce que c'est. — Ils sont dangereux, A. 183.
- APPUI** de fourchette, Bandes de fer qui supportent les fourchettes des équipages de fonderies, C. 247.
- ARBÉLAGE**, Lame de fer aplatie sous le marteau et destinée à la fabrication des tôles, C. 270.
- ARBUE**, *Thonfluss*. Herbue, terre argileuse délayée dans l'eau, C. 270.
- ARBRE** de bocard, *Pochwerkswelle*. Grosse pièce de bois cylindrique qui soulève, en tournant, les pilons des bocards.
- des ordons, *Hammerwelle*. Arbre cylindrique qui fait soulever les marteaux.
- des roues, *Radwelle*. Arbre cylindrique que les roues font tourner.
- ARCANE**, *Geheim-Mittel*. Combinaison métallique ajoutée au bain d'étain dans l'étamage, C. 288. — Usage. — Composition, 292. — Varie dans chaque usine, 293.
- ARCEAUX**, *Bogen*. Petits arcs de pierre des fourneaux de cémentation, D. 27.
- ARENACÉ** (minéral), *Sanderz*, qui est sableux. — Fer métalloïde arénacé, A. 93.
- ARGILE**, *Thon*. Mélange d'alumine et de silice; terre qui a du liant, qui se travaille et se durcit facilement, A. 124. — Employée à faire les moules, B. 264. — Fusible. — Son usage, D. 57.
- crue, *Roherton*, pour fabriquer les creusets, D. 24.
- cuite, *Gebrannterthon*, que l'on a fait durcir au feu, pour fabriquer les creusets, D. 24.
- ARGILÉE** (eau), *Leimwasser*. Eau qui contient de l'argile, C. 273.
- ARGILEUSE** (Gangue), *Thonigegangart*. Argile mélangée avec les minerais, B. 148. — Terre, 169.

- ARMES blanches**, *Klingen Gewehr*, *Blanckes Gewehr*. — Leur fabrication. — Historique, D. 230. — Aciers employés, 231. — Etoffe, 232. — Choix d'acier. — Trousse. — Travail, 233. — Sabres de Damas, 236. — Travail des lames. — Etirer la maquette, 238. — Sonder le plion; — distribuer la matière; — former le pan creux, — le tranchant, 239. — Donner la courbure. — Forger la soie. — Instruments employés. — Chauffe, 240. — Trempe; — recuit; — aiguiser à la meule, — le chanfrein, — le dos, — le tranchant, 241. — Marque. — *Polissage*. — Du chanfrein, — des pans creux, — du dos. — *Brunir*, 242. — Examen des lames. — Par la forme, — le pli, — le billot, 243. — Le calibre. — Ouvrages à consulter, 244.
- ARSENIC**, *Arsenick*. Sa combinaison avec le fer, A. 30. — Existe dans des minerais de fer, 130. — S'évapore dans le grillage, 169. — Rend le fer brisant, C. 154-162-163. — Cassant à froid, 163.
- ARSENICAL** (fer), *Arsenickalisches Eisen*, A. 84.
- ASBEST**, *Asbest*, A. 93-120. — (Gangue d'), B. 148.
- ASIATIQUE** (sabre), *Asiatischer Säbel* (voyez Sabre).
- ASPIRATION** des soufflets, *aufgehendes Gebläs*, *Wind an ziehen*. Action par laquelle l'air entre dans les soufflets. — Comment elle se fait, B. 64-67.
- ATMOSPHÈRE** (voyez Air atmosphérique).
- ATTACHES** des ordons, *Hammer-säulen*. Gros poteaux qui supportent l'ordon, C. 191.
- ATTACHEMENT** (affinage par) (voyez Affinage par attachement.)
- AUBE** des roues, *Schaufeln in Mühlrädern*. Bout de planche attachée aux angles droits sur les biais ou les bracons des roues, et qui reçoit l'impulsion de l'eau qui les fait mouvoir, B. 111.
- AUGE** d'affinerie, *Frichschmudetrog*. Petit bassin de bois plein d'eau placé près des feux d'affinerie, C. 15.
- des bocards, *Pochtrog*, *Pochkasten*. Bassin de bois dans lequel on place les substances que l'on veut piler, A. 176-177.
- des roues, *Mühlrasdsschaufeln*. Bout de planche sciée sur le cercle des roues hydrauliques, et qui forment de petits bassins propres à contenir l'eau qui y coule, afin de faire tourner les roues par la pesanteur qu'elle exerce, B. 111.
- AULNE** (bois d'), *Erlenbaum*. Poids du décimètre cube, B. 3. — Poids d'un mètre cube de charbon, 5.
- AVALER**, *Roheisen unruhren*, *das Umarbeiten des Roheisens*. Brasser la fonte, la ramener devant la tuyère, C. 38.
- AVIVAGE**, *Blanck machen*, *Abhellen des weises Blechs*. Du fer-blanc. — Couleurs occasionnées par la température. — Comment on les détruit, C. 296.
- AXE**, *Axe*. Ligne qui passe par le milieu d'un espace, dans lequel il se produit une action. — Des fourneaux adossés. — Leur position, A. 236. — Des fourneaux ordinaires. — Comment on la détermine, 242.
- des bombes, *Bombe-Ax*, *die Axe der Bomben*, B. 284.

AZOT (gaz) *Stichstoff*. Sa proportion dans l'air atmosphérique, B. 45.

AZURÉE (couleur), *Blaulich; Himmelblau*. Fer, A. 84.

B.

BACHE de scories, *Schlackere-trog*. Auge de bois ou de fonte de fer, remplie d'eau pour refroidir les scories.

BACILLAIRE, *Stänglich*, en baguette, oxide terreux argileux, A. 110.

BAJQUE des soufflets, *Seitenwand der Blasbälge*. Parties des côtés des caisses supérieures qui se prolongent jusqu'à la moitié de la longueur de la têtère, pour y être assujéties par une charnière qui est le centre de leur oscillation.

BALANCE, *Wage*, nécessaire dans les essais de minéral, A. 132, D. 32.

BALANCIER (Ressort de montre), *die Unruhe der Uhr*. (voyez Ressorts.)

BALAYURES de fonderie, *Hüttenaster*.

BANC à tailler les limes, *Feilenhauerbank*. Petit établi sur lequel la lime est placée, et retenu par des étriers de cuir, D. 203.

— de forgeron, *Eisenschmidsbank*. Planche suspendue sur laquelle le forgeron s'assied lorsqu'il forge de petits fers au martinet, C. 236.

— de tréfilerie, *Drahtzicherbank*. Etabli sur lequel on étire le fil de fer avec de grosses tenailles. — Pièces qui les composent, C. 320.

BANDELETTE, *Schwaches Bandeisen*. Fer martiné en bandes, C. 233.

BANNE de charbon, *Kohlenkarn*. Voiture à deux roues pour transporter le charbon. — Combien elle en transporte, B. 6-7-15.

BAQUET, *Pfalzen eine*. — *Handzober*; — *Eimer*, pour laver les minerais, A. 149; — d'affinerie, C. 15.

BARIL de tôle, *Blechfass*. Petit tonneau pour emballer la tôle. — Leur marque, C. 262.

BARREAUX de fer, *Eisenstäbe*. (voyez Barres.)

BARRES crénelées, *Krantzstangel*. — *Kreuzstäb*. — *Zuhueisenstäbe*.

— de fer, *Eisenschienen*, pour contenir les marbres des hauts fourneaux, A. 245;

— pour lier le massif des hauts fourneaux. — Leur disposition, 245. — Comment on

les forge, C. 214. — Leur arrangement dans les caisses de cémentation, D. 32. —

Grosseur la plus favorable, 34. — Leur croisement. — Leur distance des parois,

36. — Leurs sorties des caisses. — Ampoules qui les recouvrent, 41. — Triage, 42.

— Augmentation de poids, — de longueur, 43.

— de fonte, *Roheisenschienen*. Leur disposition pour contenir les marbres des hauts fourneaux, A. 244.

— de fer rouverain, *Bollereisen*. — *Rothbrüchigt Eisen*.

— d'acier en faisceau, *Bürde*.

BARYTE, *Schwererde*. Terre pesante trouvée dans les minerais, A. 130.

BASALTE, *Basalt*, A. 120.

- BASCULE** des soufflets, *Bläsbag*, — *Brumenschwangel*, — *Blasbalgswengel*. Espèce de lévier.
- BAS FOURNEAUX**, *Niedriger-ofen*. Fourneaux dont la hauteur varie entre un et quatre pieds, A. 180. On y traite facilement les mines sèches, B. 141, — difficilement les minerais terreux. — Expériences de Diétrich, 142. — Ouvert. — Ce que c'est, C. 8. Noms qu'on leur donne. — Forme des creusets. — Dimensions. — Constructions. — Massif, 9. — Cheminées. — Creusets. — Canaux d'évaporation. — Pierres et plaques de fonds. — Noms des côtés, 10. — Plaques ou taques. — Leur position. — Fourneaux de la Navarre espagnole. — Tuyère, 11. — Son emplacement. — Ses effets, 12.
- BASE** des cuves des hauts fourneaux, *Grund des Schachts*. — *Boden des Schachts*. Section horizontale, faite dans le bas du vide des fourneaux. Elles sont rectangulaires, — octogonales, — circulaires, — ellipsoïdales. — Lieux où ces fourneaux existent, A. 192.
- des hauts fourneaux, *Grund des hohen ofens*. — Rapport avec leurs hauteurs. — Elles sont plus larges que la plate-forme, A. 185.
- BASSIN** à laver les minerais, *Wäschtrog*. — *Waschtrog*. Trou creusé dans la terre pour laver les minerais. — Simple, — boisé, A. 151.
- d'affinage, *Frischherd*. Foyer où on liquéfie la fonte pour la raffiner.
- BATAILLE**, *Gicht-Mantel*. Murs élevés autour de la plate-forme des hauts fourneaux. — Verticale, — inclinée, A. 183.
- BATTERIES**, *Blechhammer*. Usines où l'on amincit le fer, — où l'on fait la tôle. — Leur division. — Des tôleries, C. 261. — Des casseries, 300.
- BATTES** de moulerie en sable. Instrument de bois qui sert à battre, à comprimer le sable, B. 277.
- BATTITURES**, *Hammerschlag*. Oxidule de fer qui tombe lorsque l'on martelle le fer. — Leur usage dans l'affinage de la fonte grise, C. 44. — S'ajoutent à la fonte dans les affineries, 95. — Leur usage dans la fabrication de l'acier, D. 67.
- BEC** de soufflet, *Balgrqh*. — *Die Däise*. Tuyau ou canon de fer qui transmet le vent dans le fourneau.
- BÉCASSE**, *Sazmaass*. — *Storch*. Instrument avec lequel on mesure la descente de la charge dans les hauts fourneaux, A. 205, B. 243.
- BÈCHE**, *Spaten*. Outil dont les fondeurs se servent pour remuer la terre, B. 181.
- BERGAMASQUE**. (voyez Affinage à la bergamasque.)
- BÊTE**, *Sau*. Cochon, masse de fer qui se dépose dans les fourneaux.
- BIDON** de faux. Petite barre de fer et d'acier que l'on soude pour former les maquettes des faux, D. 247.
- BIGORNE**, *Bigorn-Hornambos*. Enclume à deux bouts, et qui finit en pointe, C. 306.
- BIJOUTERIE** d'acier, *Feinestahlwaaren*. Ce que c'est. — *Travail brut*, D. 168. — Objets coulés en fonte d'acier. — Substances employées. — Inconvénient. — Dégrossissement aux marteaux, — au laminoir, — aux étampes, D. 169, — au découpoir. — Préparation

- pour les étampes. — Amollissement de l'acier. — Machines pour dégrossir, 170. — Objets préparés au découpoir. — Étampe. — *Dégrossi*. — Instruments employés. — Objets préparés, 171. — Brillant d'acier, 172. — Pièces simples, — composées, — couvertes de brillants, — enchâssées dans du cuivre, 173. — *Trempe*, — avant ou après le poli, 174. — Avantages et inconvénients. — Manière de tremper, 175, — en paquets. — Dans quelles circonstances. — Avantage. — Poli, 176. — Difficulté de l'obtenir beau. — Substance employée. — Emeri, 177. — Rouge d'Angleterre. — Comment on l'obtient, 178. — Qualité qu'il doit avoir, 180. — Machine à polir, 182. — Poli à la main, — aux brosses, — aux meules de plomb, — à la peau de buffle, 183. — Manufactures françaises. — Le poli français est aussi beau que le poli anglais, 184.
- BILLOT** d'enclume, *Amboss-Stock*. Grosse pièce de bois placée verticalement pour soutenir l'enclume, C. 185.
- BISMUTH**, *Wismuth*. Sa combinaison avec le fer, A. 31. — Il rend le fer cassant. C. 162-163.
- BLANCHISSEUSES** de fer-blanc..... Femmes qui récurent les feuilles de tôle pour les décaper.
- BLETTES**, *Blätter*. Gâteaux, feuilles de fer mince, levées dessus la fonte, à mesure qu'elles se solidifient. — Leur forme, B. 206. — Leur moule, 207. — Leur coulée, 209. — Séparation des scories. — Séparation des feuilles, 210. — Leur *grillage*. — Fourneaux. — Arrangement. — Opération, C. 54. — Effets qui ont lieu. — Triage. — Consommation de charbon, 55. — Affinage, 57. — Leur travail sur acier, D. 61-62.
- BLEUEURS** d'aiguilles..... Ouvriers qui donnent le dernier poli aux pointes des aiguilles, C. 196.
- BLEUIR**, *Blau-Machen*. Oxider en bleu. — Des ressorts d'horloge, D. 223-226.
- BLOCS**, *Block*, — *Block*, A. 91, de pierre, pour casser les minerais, 176.
- BLUETTES** de fer, *Eisenfuncken*. Ecailles qui jaillissent du fer quand on le forge à chaud.
- BLUTOIR**, *Mählbeutel*. Tamis circulaire dont on se sert pour passer des substances pulvérulentes, D. 32.
- BOBINE**, *Spule*. Cylindre de bois sur lequel on enveloppe les fils de fer, ou des lames d'acier; — employé pour tirer le fil de fer, C. 317. — Leur situation. — Forces qui les meuvent, 323, D. 219.
- BOCARD**, *Pockwerk*. Machine pour briser et pulvériser les scories et les minerais. — Description. — Pilon, A. 176. — Mentonnets. — Auge. — Caisses. — Grillages fixe et tournant, 177, — pour piler le charbon, D. 32.
- à crasses, *Schlackenpochwerk*, pour séparer le fer des laitiers.
- tournant, *Umlausendes Pochwerk*. Où il existe. — Description. — Grillage. — Arbre. — Pilon, 177. — Engrenage. — Mouvement, A. 178.

- BOCARDAGE**, *das Pochen*. Action de bocarder.
- BOCQUEURS**, *Pocher*. Ouvriers qui bocardent, A. 177.
- BODEN**, *Boden*. — *Starke-Platte*. Gâteau de fonte épais, qu'on lève pour le travail de l'acier. — Leur travail sur acier, D. 61-62.
- BOGUE**, *Büchner Hammelhem*, C. 186. (*voyez* Hurasse.)
- BOIS**, *Holz*, en nature, employé au traitement des minerais de fer, A. 10. — Au grillage, 163-164, B. 1. — Employé à fondre; — seul; — mélangé avec du charbon, 2. — Pesanteur spécifique; — composition, 3, — dure; — tendre, 6. — Leur charbon, 5; - 12. — Influence de l'âge. — Bois pelard. — Carbonisation, 13. — Son emploi comparé à celui de la houille, 41-42. — Lieu où on l'emploie en nature pour traiter les minerais de fer, C. 133-134-135. — Préparation qu'il doit subir, 136. — bitumineux, *Bituminösesholz*, B. 30. — blanc, *Weichesholz*, B. 8. — pelard, *Abgeschältesholz*, d'où l'on a enlevé l'écorce avant de le couper. — Son charbon, B. 13.
- BOMBE**, *Bombe*. Globe de fonte employé dans l'artillerie. — Son moulage, B. 284.
- BONDE** de bocard, *Pochwerks-Spund*. Morceau de bois qui sert à boucher l'ouverture par laquelle le minéral sort, A. 177.
- BORAX**, *Borax*. Sel fusible employé comme flux; — entre dans la composition de flux de Schlutter, A. 139. — Son action sur les terres, B. 155.
- BOTTÉLAGE**, *in Ballen schlagen*, du fer martiné, C. 242.
- BOUC** (soufflet de peau de), *Bochsfellblasebalg*. Soufflets dont se servent les fondeurs ambulants. — Leur description, B. 65.
- BOUCHAGE**, *Stopfgestübe*. Matière pour boucher la coulée.
- BOUCHE** du canon, *Mündung der Kanone*, B. 279. — de fourneau, *Ofenloch*. — de soufflets, *Düsenloch*. Extrémité de la buse. — de la tuyère, *Formloch*. Extrémité de la tuyère par laquelle l'air sort, B. 182.
- BOUQUER** le feu, *Schuren*, le soigner.
- BOUILLONNEMENT**, *Aufwallen*. (*voyez* Affinage par bouillonnement.) — des escoris, *Aufwallen der Schlacken*. Effervescence qui a lieu par la sortie de l'air qui se dégage. — Dans l'affinage, D. 64. — de la fonte, *Aufwallen des Roheisens*, dans le fourneau de réverbère, C. 79.
- BOULEAU** (bois de), *Birkenholz*. Poids d'un décimètre cube, B. 3. — Poids du mètre cube de charbon, 5.
- BOULET** de canon, *Kanon enkugel*. Moule dans lequel on les coule, B. 263.
- BOULON** des soufflets, *Kügelnagel am Gebläsen*. — *Haltnagel am Blasbalg*. Axe sur lequel le volant oscille, B. 114.
- BOURBEUSES** (mines), *Sumper*.
- BOUTON** de cuivre, *Kupferknopf*, dans lesquels on enchâsse de l'acier poli, D. 174.

- BRASBOUTANT**, *Wiederwage*; — *Stützarm*. Pièce de bois assemblée obliquement sur une autre qui est verticale. — Pièce des bois inclinés qui soutiennent les attaches des ordons, C. 192.
- BRAS** des roues, Pièces assemblées au centre de l'arbre, et qui supportent l'anneau de la roue.
- BRASQUE**, *Kohlengestübe*. Mélange de terre argileuse et de poussière de charbon, A. 133. — Des forges à acier, D. 51-52.
- BRASSAGE**, *Prägerlohn*, — *Umwirken des Roheisens*. Travail de la fonte avec des ringards ou des perches, D. 56-65.
- BREVET** d'invention, *Erfindungs-Patent*, accordé à M. Duffaut pour affiner la fonte avec de la houille, C. 96. — Son utilité, 101.
- BRIDE** de champ, *Zügel am Walzwerk*. Lien de fer posé de champ, qui retient deux des montants d'un équipage de laminoirs, C. 245.
- BRIDE** plate, *Breiter Zügel*. Lien de fer placé au-dessous des brides de champ, C. 245.
- BRILLANT** d'acier, *Stahlglanz*. Petit polyèdre poli. — Leur préparation. — Soudure de leur tige, D. 172. — Ebauche des polyèdres; — leur poli, 173.
— de fer-blanc, *weiser Blechglanz*. Comment on l'obtient, C. 297.
- BRILLANTER**, *Glang machen*, — *Glanz geben*, donne du brillant au fer-blanc, C. 298.
- BRIQUES**, *Ziegel*. Masses de terre moulées qui sont ordinairement durcies par la cuisson.
— d'argile, *Thonziegel*, employées à la construction des embrasures, A. 245. — Des parois des hauts fourneaux, 255.
— des creusets, *Tugelischziegel*, — *Wandziegel*, employées aux caisses de cémentation. — Leur fabrication, D. 25. — Leur forme générale, — particulière, 26.
— de laitier, *Schlackenstein*, — *Schlackenziegel*, servent à construire les parois des hauts fourneaux. A. 255. — Comment on les fait. — On les emploie à bâtir les maisons, 256.
- BRONZE**, *Erz*, — *Airain*, — *Glockenspeise*, — *Glockenmetall*. La manière de le mouler a été transportée à la fonte de fer, B. 277.
- BROSSE**, *Bürste*. Instrument pour la moulure, B. 278.
- BROUETTE**, *Laufkarn*, pour charger le minéral et le charbon, B. 179-C. 15.
- BRUISSEMENT**, *Rauschen*. Bruit produit dans le haut fourneau pendant le fondage; — sert à juger l'allure du fourneau, B. 235.
- BRUNIR**, *Braun machen*, — *die Bräune geben*. Polir à un très-haut degré les armes, D. 242.
- BUCHE**, *Buche*. Etabli sur lequel on tire le gros fil de fer dans les tréfileries. — Levier qui les meut. — Camme. — Ressorts, C. 319. — Des agreyeurs, 319, — mues par des hommes, 321.
- BURE** des hauts fourneaux, *Gicht*. Espace au-dessous du gueulard, où l'on verse la

charge, A. 183-205. — Sa construction. — Plaques de fonte, cercle et cadre de fer dont on le revêt, 247.

BUSE des soufflets, *Düse des Blasbalgs*. Tube pour la sortie de l'air, — fixé sur la tétière, B. 64-67.

C.

CADMIÉ, *Cadmia*. Incrustation qui s'attache aux parois des fourneaux.

— des fourneaux, *Ofencadmie*. Métal qui s'évapore et s'attache au haut des fourneaux.

CADRES de bois, *Holz-Gevier*, placés autour des hauts fourneaux pour retenir et empêcher l'écartement du muraillement, A. 184-246.

CAGNEUX. Petit cylindre de bois avec lequel on comprime le sable des moules, B. 277.

CAILLOUX, *Kiesel*. Pierre dure et siliceuse. — Employés comme fondant, D. 55. — Pourquoi, 57.

CAISSE, *Kasten*.

— à air, *Lufkasten*, B. 57. (voyez Soufflets.)

— à eau, *Wasserkasten*. (voyez Soufflet hydraulique.)

— de bocard, *Pochkasten*. Caisse, auge de bois dans laquelle on pile ou bocarde, A. 177.

— de cémentation, *Cementkasten*. Caisses de pierre ou de terre dans lesquelles on cimente le fer. — Substance dont elles sont composées. — Usage de la tôle, — de la terre, — de la fonte de fer, D. 22. — Leur construction en terre. — Composition, 23. — Argile dure, — molle. — Préparation des terres. — Travail des plaques. — Creusets d'une seule pièce, 24. — Difficulté de leur donner de grandes dimensions. — Caisses en brique; — leur fabrication, 25. — Formes générales; — particulières. — En pierre. — Usines où on les emploie, 26. — Arrangement du ciment et des barres, 35. — Fermeture des caisses, 36.

— des soufflets, *Blasekasten*, dans lesquels on aspire l'air pour le renvoyer ensuite dans les fourneaux.

— des trompes, *Wassertrommelkasten*, dans lesquelles l'air se sépare de l'eau, B. 60. — Leurs dimensions, 61.

CALCAIRE (pierre), *Kalkstein*, A. 120-121-127; — sert de fondation aux hauts fourneaux, 240. — Employée pour former leurs parois, 253-254. — Particularité que présentent les creusets des hauts fourneaux qui en sont formés, B. 200. — Danger d'en ajouter aux mines calcaires, C. 105. — Rend le fer cassant, 153.

— (terre), *Kalkerde*, B. 149. — Infusible sans addition, 155. — Infusible avec une seconde terre, 156. — Acquiert de la fusibilité avec de la silice et une autre terre, 157. — Fusible avec trois autres terres, 158.

- CALCINATION**, *Verkalkung*. Degré que les minerais doivent subir ; — déterminé par Jars et Duhamel ; — Diétrich ; — Thiemann, A. 170 ; — Garney, 171. — Mauvais effets d'un minéral mal calciné, 171.
- CALCUL**, *Berechnung*, sur la quantité d'air lancée par les machines soufflantes. — Déterminé d'après le volume du vuide qui s'y forme ; — dans les soufflets de bois, B. 85. — D'après Bouchu, 86 ; — Grignon, 87. — Dans les soufflets quadrangulaires ; — de Guérigny, 87. — Cylindriques. — Du Creusot, 88. — Observation sur ce mode de calcul, 88. — Détermination de la quantité d'air d'après son ressort et la grandeur de l'orifice, 95. — Formule que donne l'analyse, 97. — Application, 98. — Addition à la formule. — Dilatation de l'air par la chaleur, 99. — Influence de la chaleur ; — de l'humidité, — appliquée aux trompes, 100 ; — aux régulateurs, 103.
- CALIBRE**, *Probirmaass* ; — *Kaliber*, employé pour la construction des cuves circulaires des hauts fourneaux, A. 251.
- pour les moules, *Drehbetten*, B. 265.
- CALORIQUE**, *Wärmstoff*, dégagé de la combustion du charbon, B. 44. — Quelle proportion de charbon en produit, 47. — Dilate l'air, 99. — Combien il s'en dégage de la combustion du charbon ; — de l'hydrogène, 129. — Substances qui le dégagent, 138. — rayonnant, *Strohlender-Wärmestoff*. Chaleur qui rayonne comme la lumière, A. 199. — Abus que l'on fait de sa réflexion, 204.
- CALOTTE** de forge, *Wolf* ; *Gekrätz* ; *Klimper*, masse de fer déposée au fond des creusets, C. 68.
- CAMMES**, *Kamme*. Courbe pour communiquer un mouvement ; — espèce d'alluchon qui adhère à un cylindre, et qui tourne avec lui.
- des soufflets, *Wallfan*, — *Hebeköpfe*, — *Däumlinge*. — Elles ont souvent une forme vicieuse. — Courbure qu'elles doivent avoir lorsque le piston se meut verticalement, B. 116. — Lorsqu'il a un mouvement d'oscillation, 117.
- de bocard, *Pochkamme*. Leur courbe est la développée du cercle, B. 117.
- des marteaux, *Hammerkamme*. Leur courbure est une épicycloïde, B. 117. — C. 186. — Matières dont elles sont composées, 187. — Des martinets, 235.
- des bâches de tréfileries, *Dratzugkamme*, qui font mouvoir les leviers qui tirent et poussent les tenailles, C. 319.
- CANAL** hydraulique, *Wasserleitung*. Long espace dans lequel l'eau coule.
- CANARD** (queue de)..... Déchirure d'un fil de fer en sortant de la filière.
- CANAU** d'aérage, *luftkanäle*, formé dans le double muraillement des hauts fourneaux, A. 252.
- d'évaporation, *Abzüchte*, — *Abzuten*, — *Dunstkanal*, pratiqués dans les fondations des hauts fourneaux, A. 240 ; — leur ouverture ; — leur distance de la pierre de sole. — Courant d'eau que l'on y entretient, 241. — Des bas fourneaux, C. 10.
- de refroidissement *Abkühlgerinne*. Canal dans lequel on fait arriver de l'eau pour refroidir la plaque du fond des bas fourneaux, C. 10.

- CANNECCIO** (des hauts fourneaux de), *Hohofen in Canneccio*, A. 191.
- CANONS**, *Geschütz-Kanone*, de différents calibres. — Quantité de fonte qu'il faut pour les couler, A. 226. — Leur moulage, B. 266. — Fondus pleins; — creux. — Désavantage de cette seconde méthode, B. 323. — Couper la masselotte. — Les forer; — les aléser; — les terminer, 324. — Ouvrage à consulter sur leur travail, 325.
- CAPACITÉ**, *Capacitäts*; — *Innhalt*, du fer pour le calorique, A. 25. — Des fourneaux. — Comment on la détermine, B. 189.
- CARACTÈRE**, *Kennzeichen*, distinctif du fer, A. 18. — Du fer ductile et doux, 62; — cassant, 65; — brisant, 66. — De la bonté du fer, 68; — de l'acier, 69; — de l'acier de forge, 75; — de l'acier cimenté, 77. — Physique, — géométrique, — spécifique, — essentiel, — distinctif des minéraux, 83. — Des fers métalloïdes, 91-93. — Des oxides concrétionnés, 105. — Des oxides compactes, 106. — De l'oxide de fer terreux, 107. — Des scories, B. 175, — placées sur les moules. — Manière de les appliquer, 267.
- CARBONE**, *Kohlenstoff*. Matière combustible des charbons; — se combine avec le fer, A. 26; — dans la fonte, 51-55. — Combien il dégage de calorique en brûlant, B. 44; — se combine avec la fonte, 48; — sa séparation du fer, C. 2; — se combine à l'oxygène dans les fontes. — Que devient cette combinaison, 25; — s'infiltré dans le fer, 26; — pénètre dans toute sa masse, 28; — ce qu'il devient dans le fer chauffé, 33; — décompose l'oxidule de fer, 47; — sa consommation dans l'affinage, 47; — augmente l'affinité des particules de fer, D. 132; — son mouvement en chauffant et en refroidissant l'acier, 133.
- CARBONISATION**, *Verkohlung*, du bois. — Deux manières, B. 13. — Manière de reconnaître si elle est bien terminée, 14.
- CARBURE**, *die Kohlung*. — *Gekohlte*. Combinaison de carbone avec diverses substances. — de fer, *Graphite*. Combinaison de carbone et de fer; — sa composition; — sa densité, A. 26; — fondue avec le fer donne de l'acier, 44; (voyez Graphite.) — existe dans les fontes provenant de minerais manganésifères, D. 76.
- CARBURÉ** (fer), *Gekholte Pisen* (fonte), surcarburé, C. 81.
- CARCAS** Carcasse de fonte restée sur l'autel des fourneaux de réverbère, B. 310; — affinée avec de la fonte, C. 21; — seule; — comment on l'obtient, 77; — traitée au fourneau d'affinerie, 79.
- CARILLON** (fer), *Güttereisen*. Fer de 4 à 8 lignes d'épaisseur et de largeur; — obtenu sous des martinets, C. 233; — pour les clous, 257.
- CARILLONNERIE** Petite forge pour fabriquer du carillon.
- CARLETS**, *Quadratfeile*. Grosses limes carrées, D. 200.
- CASSAGE**, *Ausschlagen*, des minerais, A. 175. — Grosseur la plus favorable. — Cassage à la main, — au marteau, — au bocard, 176. — Quel minéral on doit casser, 178.
- CASSE**, *Hohle Eisenwaaren*, — *Pfannenkessel*. Poterie de fer battu.
- CASSERIES**, *Pfannen*; — *Kessel-Schmiden*. Usines où l'on fabrique des casses, —

grandes et petites. — Division du travail, C. 300. — Instruments employés, 301. — Travail, 302. — Platiner, 303. — Amboutir, 304. — Rétreindre, 306. — Planer, 307. — Ouvrages à consulter, 309.

CASSIER, *Kesselschmidt*, qui fabriquent les casses.

CASSURES, *Bruch*, de fer. — Ce qu'elles présentent, A. 21. — De la fonte, 54. — De l'acier, 69.

CASTINE, *Kalkfluss*. Pierre calcaire employée comme fondant, B. 145-170.

CASTINER le fer. Mêler de la chaux avec le charbon dans les fourneaux d'affinerie, pour améliorer le fer.

CATALANE (*voyez* Affinage à la catalane), appliquée au minéral riche, A. 15; — essayée sans succès sur les minerais pauvres, 16. — Appliquée aux oxides mamelonés bruns, 105, B. 141.

CATIN, *Heerd-Gebläsefeuer*, — *Kleines-Feuerheerd*. Bas fourneau à creuset, C. 9.

CATON. Petit fer préparé à la main pour les tréfileries, C. 311.

CAVE servant de régulateur, *Luftgewölbe*. Elles sont souvent humides. — Observation de M. Roesbech, B. 84-136. — Dans quelles circonstances on doit les préférer aux autres, 137.

— à eau, *Wassergewölbe*, servant de régulateur à air. — Leurs défauts, C. 84.

CÉMENT, *Cement*. Matière charbonneuse employée pour cémenter le fer. — Le charbon en est la substance essentielle, D. 16. — Sans charbon; — avec du charbon de bois seul. — Compositions ordinaires; — substances qui les composent. — Quelques-unes sont nuisibles, 17. — Défauts de quelques autres. — Essais des compositions connues. — Compositions proposées, 18. — Substances dont on ne connaît pas l'effet. — Des charbons. — Quel est le meilleur, 19. — Opinion de Duhamel, — de Réaumur, 20. — Usage du charbon de bois seul, 21. — Sa dessiccation; — son arrangement dans les caisses, 35. — Diminution de volume dans l'opération. — On peut l'employer de nouveau; — substances à y ajouter, 39. — Pour tremper en paquet. — Substances dont on le compose, 150.

CÉMENTATION, *Cementirung*. Produit du graphite; — prouve qu'il existe de l'oxygène dans la fonte; — augmente le poids des fontes; — produit des ampoules, A. 43. — Son histoire, D. 8. — Expériences de Clouet, 9. — Choix des fers, 10. — Ciments employés, 16. — Caisses pour cémenter, 22. — Fourneaux employés, 27. — Instruments. — Préparation. — Arrangement des barres. — Durée du feu, 32. — Pénétration du charbon dans le fer, 33. — Grosseur des barres les plus favorables, 34. — Visites des caisses. — Disposition du ciment. — Sa dessiccation. — Arrangement des barres et du ciment, 35. — Croisement des barreaux; — leur distance des parois. — Substances avec lesquelles on ferme les caisses, 36. — Placement des éprouvettes, 37. — Durée de la cémentation. — Chaleur éprouvée, 38. — Marche de la cémentation, 39; — déduite de l'observation des éprouvettes, 40; — leur qualité. — Sortie des barres; — Ampoules, 41; — leur formation. — Oxygène resté dans le

- fer. — Inégalité de cémentation. — Triage des barres, 42. — Augmentation de poids, — de longueur. — Combustible employé, 43. — Ouvriers nécessaires, 44. — Moyen proposé par Mushet, 92.
- CÉMENTATION rétrograde, *Szurückgehende-Cementirung*, dans de la poudre d'os. — Disposition et mouvement du carbone, D. 126. — Comment on juge que l'acier est assez doux. — Méthode de Mushet, 127. — C'est celle de Réaumur. — Son avantage, 128.
- CERCLE (développée du), *Kleissabnicklungs-Linie*. Forme que doivent avoir les cammes lorsqu'elles soulèvent verticalement, B. 116.
- CENDRES, *Asche*. Leur proportion dans les bois et les charbons, B. 3. — Dans les charbons de houille. — Leur influence dans le traitement du fer, 33. — Servent à enduire l'intérieur des moules de terre et de sable, 269. — Servent à tremper l'acier, D. 146.
- CESSEZ de fondre, *Ausblasen*.
- CHABOTTE, *Embostock*, — *Hammerstock*. Masse de fonte dans laquelle on fixe les enclumes, C. 234-265.
- CHAÎNON. . . . Bride ou anneau qui embrasse les queues des tenailles et les serre.
- CHALEUR, *Hitze*, — *Wärme*. Expériences pour déterminer sa propagation dans les fourneaux. — Lois. — Explication, A. 193. — Modification de la loi, — par la température de l'air, — par la disposition du combustible, 194. — Action des parois. — Refroidissement par le gueulard, — par les gaz sortant, 195. — Autres expériences relativement aux largeurs des fourneaux. — Manière de mesurer la température, 196. — Explication de la loi qui en résulte, 198. — Ligne de plus haute chaleur dans les hauts fourneaux. — Comment on la détermine, 199. — Répartition de la chaleur dans les cuves prismatiques, 200. — Pyramidales posées sur leur troncature, 201; — posées sur la base, 202. — Pyramidales prismatiques; — pyramidales opposées, 203; ellipsoïdales, 204. — Action de l'humidité, 235. — Des fourneaux de réverbère; — son effet, B. 310.
- CHAMBRE de l'enclume. Ouverture carrée formée dans le stock pour recevoir l'enclume.
- CHAMBRIÈRE, *Magd*. Espèce de fourchette de fer pour supporter les barres lorsqu'on les chauffe, C. 15.
- CHANFREIN des lames de sabre. Pan formé sur les lames. D. 14.
- CHAPE (moulerie), *Formendeckel*. Manteau; couverture du vide du moule, B. 264. — Substances dont on les fait, 265.
- de pompe, *Pumpendeckel*. Ce qui la couvre.
- de soufflet, *Gebläsedeckel*.
- CHAPELLE de fourneau, *Tumpelblech*. Partie antérieure au-dessus des creusets, comprise entre la tympe et le queusat.
- CHARBON de bois, *Holzkohle*, pour griller les minerais de fer. — Son arrangement dans le grillage, A. 163. — Espèce employée, 164. — Sa conductivité calorifique, 199. — Ses composants, B. 2. — Cendre qu'il produit, 3. — De bois dur, 5; — de bois

tendre. — Son poids, 6, — augmente par l'humidité, 7. — Détérioration. — Difficulté de déterminer son poids, 8. — Brûle difficilement lorsqu'il est très-sec, 9. — Température à laquelle il s'enflamme. — Influence de la carbonisation, 10. — De l'état de l'air. — De la nature des bois, 11. — Division des charbons. — Ordre de bonté pour le traitement du fer. — Influence du terrain, 12, — de l'âge, — de l'écorce, 13. — Comment on distingue sa bonté, 14. — Leur transport. — Opinion sur l'état où ils doivent être employés, 16. — Expériences à ce sujet, 17. — Il brûle plus vite lorsqu'il est frais, et il chauffe davantage, 18. — Donne moins de fonte. — Pourquoi, 19. — Usage avantageux du charbon frais. — Son mélange avec du charbon humide, 20. — Effet d'un trop long séjour dans les charbonnières, 21. — Manière d'employer les charbons frais et vieux. — Le charbon dur préféré au tendre dans les hauts fourneaux. — Grosseur des charbons pour les employer, 22. — Ses effets comparés à ceux de charbon de houille, 35. — Employé avec de la houille, par le comte de Sternberg, 37. — Quantité employée dans différents pays pour obtenir cent parties de fonte, 38. — Rapport entre ces quantités et celles du charbon de houille. — Discussion sur l'emploi de ce dernier, 40. — Solution de la question, 41. — Quantité moyenne pour produire cent parties de fonte, 46. — Les $\frac{1}{10}$ des charbons ne produisent pas de chaleur, — ils désoxident et carbonisent les minerais, 47. — Tout le charbon n'est pas brûlé par l'air que fournissent les machines soufflantes, 48. — Une portion se combine avec le fer; — une autre produit de l'oxide de carbone, 49. — Eau qu'ils contiennent. — Variation dans la quantité d'air qui les brûle. — Dans quels fourneaux ils produisent de l'acide carbonique. — de l'oxide de carbone, 52. — La vitesse de l'air pour les brûler doit être inverse de leur dureté, 54. — Ils décomposent l'air humide. — Quantité de calorique qu'ils dégagent en se combinant avec l'oxigène, 129. — Approvisionnement pour mettre en feu un haut fourneau, 178. — Leur disposition; — leur transport sur la plate-forme, 179. — Mesure pour les charger, 80. — Instruments pour les ramasser, 181. — Remplacement de celui qui se brûle dans la mise en feu, 191. — Choix pour allumer un haut fourneau, 194. — Epoque des chargements. — Précaution. — Consommation pendant le chauffage, 195. — Différentes manières d'apprécier sa quantité. — Mieux vaut mesurer que peser, 203. — Désoxident les minerais par leur contact dans les hauts fourneaux, 213. — La durée de la descente des minerais influe sur son économie, 217-220. — Précaution en le brûlant lorsqu'on met hors, 246. — Quantité consumée dans le travail de la fonte moulée, — pour obtenir du fer forgé, 254. — Est la substance essentielle dans la cémentation, D. 16 — Expérience pour l'exclure. — Usines où il est employé seul, 17. — Différences qu'ils présentent. — Quel est le meilleur. — Expérience de Réaumur, 20. — Il est prudent de l'employer seul, 21; — Lois de sa propagation dans le fer, 33. — Préférer le plus dur pour affiner l'acier, 101-102. — Sa poussière suffit pour tremper en paquet, 150.

- CHARBON** d'alisier, *Elsbeerkohlen*. Poids du mètre cube, B. 5.
 — d'aune, *Erlenkohlen*. Poids du mètre cube, B. 5.
 — de charme, *Hagenbuchenekohlen*. Poids du mètre cube, B. 5.
 — de chêne, *Eichenkohlen*. Poids du mètre cube, B. 4-5-8.
 — d'érable, *Ahornkohlen*. Poids du mètre cube, B. 5.
 — fossile brun, *Braunkohlen*, — *Braunkohlz-Steinkohlen*, B. 30.
 — fossile en barres, *Stängliche Steinkohlen*, B. 30.
 — de hêtre, *Buchkohlen*. Poids du mètre cube, B. 4-5. — Température de son inflammation, 10.
- CHARBON** de houille, *Coaks*. Sa division, B. 30. — son analyse, 31-32. — Cendres qu'il laisse. — Leur influence dans la fusion du minéral. — Choix des houilles à carboniser. — Humidité des charbons. — Il faut l'employer fraîchement fait, 33. — Ses effets comparés à ceux des charbons de bois. — Sa combustibilité. — Ses propriétés désoxidantes; — Température qu'il donne, 34. — Quel charbon produit plus d'effet, 35. — Comment la hauteur des fourneaux y influe. — Il donne des fontes grises, 36. — Quantité employée dans différents pays pour obtenir cent parties de fonte, 38-39-47. — Quantité produite par différentes houilles, 39. — Quantité moyenne; — son rapport avec le charbon de bois. — Discussion sur son usage, 40. — Solution, 41. — Les $\frac{1}{10}$ ne produisent pas de chaleur. — ils désoxident et carbonisent les minéraux, 47. — Tout le charbon n'est pas brûlé par l'air que lancent les machines soufflantes, 48. — ne produit que de l'acide carbonique, 52. — Vitesse de l'air pour le brûler, 54.
- de peuplier, *Pappelkohlen*. Poids d'un mètre cube, B. 4.
 — de poirier, *Birnkohlen*. Poids d'un mètre cube, B. 5.
 — de sapin, *Tannenkohlen*. Poids d'un mètre cube, B. 4-5. — Température de son inflammation, 10.
 — de terre (*voyez Houille*).
 — de tourbe, *Torfkohle*.
 — d'orme, *Ulmenkohlen*. Poids d'un mètre cube, B. 5.
 — dur, *harte-Holz Kohle*, B. 5-6-12.
 — éclatant, *glänzende-Kohle*, B. 30.
 — fort, *starke-Kohle*, B. 32.
 — léger, *leichte-Kohle*, B. 32.
 — lourd, *schwere-Kohle*, B. 32.
 — (poussière de), *Kohlenstaub*. Entre dans la composition des flux de Schlutter et de Crammer, A. 139.
 — résineux, *hartzige-Kohle*, B. 12.
 — tendre, *weiche-Holz Kohle*, B. 6-12.
- CHARBONNAILLE**, *Kohlenklein*. Petit charbon. — Son usage, D. 59.
- CHARBONNIER**, *Köhler*. Ouvrier qui charbonnise le bois.

CHARBONNIÈRE, *Kohlenmagasin*. Bâtiment dans lequel on conserve le charbon. — Leur construction. — Choix du terrain. — Leur dimension, B. 16. — Le charbon doit y séjourner peu de temps, 21.

CHARBON fossile, *bituminöses-Holz*. (voyez Houille.)

CHARGE, *Satz*, — *Last*. Quantité de minerais et de charbon jetée à-la-fois dans le bure. — Combien les hauts fourneaux en contiennent, B. 190. — Augmentation graduelle du minéral, 196. — Placement des premières charges, 202. — Ordre des chargements, 203. — Variation dans les charges. — Nombre par jour. — Les petites charges sont préférables, 204. — Charges uniformes et variées, 205. — Tableau des charges et du temps qu'elles mettent à descendre, 218. — La durée de la descente dépend de la proportion du minéral, — de la quantité d'air lancée, 220. — La descente trop prompte, — trop lente, — inégale, — penchée. — Correction, 239. — Comment on diminue les charges quand on veut mettre hors, 245.

— des hauts fourneaux, *Satz* (voyez Bure.)

CHARGEURS, *Aufgeber*. Ouvriers qui chargent les hauts fourneaux, A. 183. — Leurs fonctions, B. 177-202.

CHARGEMENT des fourneaux de réverbère, *Aufgeben*, — *Einsetzen*. Comment il se fait, B. 311.

CHARIOT, *Wagen*, B. 181.

CHARME, *Büchenbaum*. Poids d'un décimètre cube, B. 3; — d'un mètre cube de charbon, 5-8.

CHARROIS, *Fahren*, de charbon (voyez Banne.)

CHARRUE..... Espèce de pioche avec laquelle on creuse le moule de la gueuse, B. 181-207.

CHASSIS de moulerie, *Guslade*. Caisse qui contient le sable des moules, B. 277. — Comment on les fixe, 280. — Des marmites. — Leur division, 283.

CHATAIGNIER, *Kastanienbaum*. Poids d'un décimètre cube, B. 3.

CHAUDE, *Schweiss-Glühe*. Chauffe donnée au fer.

— suante, *Schweishütze*. Chauffe qui rend le fer mou, étincelant.

CHAUDRON, *Kessel*, pour laver les minerais. — Leur emploi, A. 152.

CHAUDIÈRE, *Kessel*. Leur moulage, B. 271. — A couler la fonte, 311.

CHAUFFAGE, *Wärmung*, des hauts fourneaux. — Sa durée. — Consommation de charbon, B. 195.

CHAUFFE, *Warme*, — *Hitze*. Chaleur donnée au fer, C. 211. — Difficulté de juger sa température, 213. — Uniforme des ressorts. — Moyen ingénieux de l'obtenir, D. 219-221.

CHAUFFER à blanc, *weiss-Glühen*. Donner au fer une chaude suante.

— au rouge, *roth-Glühen*. Donner au fer une couleur rouge en le chauffant.

CHAUFFERIE, *Glüh-heerd*. Fourneau ou foyer à chauffer le fer, C. 9. — Des four-

- neaux de réverbère, 98; — leur avantage, 208. — *Des fenderies*. — Ouvertes. — Arrangement du fer. — *A réverbère*. — Leur dimension, 251. — Leur chauffe pour le bois, — pour la houille. — Placement du combustible. — Distance des équipages, 252.
- CHAUFFEURS**, *Wärmer*. Ouvriers qui chauffent le fer. — Des martinets, C. 236. — Leur travail, 237.
- CHAUFFURE**. Mauvaise qualité que le fer ou l'acier acquièrent en les chauffant.
- CHAUX**, *Kalk*. Terre alcaline trouvée dans des fontes, A. 50; — dans les oxides terreux en fragments agglutinés, 113. — Sa proportion dans les minerais de fer, 116-130. — Entre dans la composition des flux, 139. — Danger d'en ajouter dans le traitement à la catalane, C. 105. — Rend le fer brisant, 153. — Corrige les fers cassants, 166. — carbonatée, *Kalkspath*; — *Kalkstein*. — Combinaison de chaux et d'acide carbonique. — Fait partie de quelques gangues, B. 148.
- fluatée, *fluss-Spath*. Combinaison de chaux et d'acide fluorique, A. 93. — Entre dans la composition des flux, 140. — Se trouve dans quelques gangues, B. 148.
- sulfatée, *Gyps*. Combinaison de chaux et d'acide sulfurique, A. 127.
- CHEMIN**, *Weg*, pour arriver à la plate-forme des hauts fourneaux. — Incliné, A. 189; — droit; — horizontal, 190.
- CHEMINÉE**, *Schornstein*. Tuyau élevé au-dessus des foyers pour servir de passage à la fumée.
- de forge, *Rauchfang*, — *Schmiedesse*, C. 10.
- de fourneau de réverbère, *Schornstein im Reverberir-Ofen*, A. 168. — Leur forme, — leur ouverture, — leur hauteur, B. 307. — C. 98.
- des stuck-offen, *Schornstein in Stuck-Ofen*, C. 8.
- extérieure des hauts fourneaux, *Schornstein des Hoh-Ofen*. Cheminée qui recouvre la plate-forme et le gueulard, A. 184.
- intérieure, *Hoh-Ofenschacht* (voyez Cuves).
- intérieure et inférieure, *Gestel*. Réunion du creuset de l'ouvrage et des étalages, A. 204.
- intérieure et supérieure, *Obereschacht*. Portion de la cuve au-dessus des étalages, A. 204. — Sa division, 205. — Son usage, 215-219. — Surface qui la sépare des étalages, 218. — Ses proportions, 220.
- CHEMISE** des moules, *Hemd*. Matière qui occupe la place du vide que la fonte doit remplir, B. 264. — Terre dont on les fait, 265. — Des marmites, 269. — Des grandes pièces, 271. — En cire pour les statues. — Sa composition. — Sa fusion, 273. — En argile, 274.
- des fourneaux. Parois intérieures des cuves.
- CHÈNE**, *Eichbaum*. Poids d'un décimètre cube, B. 3. — Poids d'un mètre cube de charbon, 4-5-8.
- CHEVALET** des soufflets, *Balgengerüst*; est un châssis assemblé d'un bout sur une

- semelle, et fixé de l'autre à la table du gîte des soufflets. Il sert à les élever à la hauteur qui leur convient.
- CHEVAUX, *Pferde*, employés à mouvoir des machines soufflantes, B. 109. — Machines exécutées, 110; — employées à mouvoir des marteaux, C. 190.
- CHIENS, *Hunde*, employés à mouvoir les soufflets des cloutiers. — Machines qu'ils meuvent, B. 110.
- CHIFFES. Morceaux de torchons que les agréyeurs tiennent à la main pour tirer le fil de fer dans les fileries, C. 321.
- CHIMIQUE (action), *chimische Wirkung*. Réunion de plusieurs actions qui déterminent les compositions et les décompositions des corps.
— (caractère) *chimische-Zeichen*; — *Bildschrift*, des minéraux. (*voyez* Caractère)
- CHIO, *Auge*. Plaque de fonte percée d'une ouverture pour faire couler la fonte et les scories. On donne aussi le nom de Chio à l'ouverture, C. 10.
- CHOUQUET. Billot pour rabattre les filières, C. 321.
- CHROME, *Chromium*. Sa combinaison avec le fer, A. 30-50-55-58-109-114-130. — Rend le fer brisant, C. 163.
- CHROMATÉ (fer), *Chromisches-Eisen*. Combinaison d'acide chromique et de fer, A. 84.
- CIGNOLE. Manivelle contournée en S, pour faciliter le mouvement des soufflets.
- CINGLARD, *Geplätterchthammer*. Marteau du poids de trois à quatre cents, qui sert à cingler les loupes d'affineries.
- CINGLER, *Plätschen*. Marteler la loupe et en former une pièce, C. 2-180. — Arrangement des particules dans l'opération. — Changement en chauffant, 181. — Pièces qui en proviennent, 208. — Diverses manières de cingler, 209. — Opinion sur cette opération, 210. — Opinion de l'auteur, 211.
- CIRE, *Wachs*, pour faire les chemises des moules. — Sa composition, B. 273.
- CISAILLER, *Zerschneiden*. Couper le fer avec des cisailles.
- CISAILLES, *Blechschnide*. Instrument pour couper le fer, C. 204. — Manière de les faire mouvoir à la main, — par l'eau, — avec des cammes, des tringles, 268.
- CISEAU, *Meissel*. Instrument à couper du fer, C. 205.
— à chaud, *Stahlmeissel*.
— à froid, *Bauchmeissel*.
- CLAIE, *Durch-Wurf*, pour passer les minerais, — Plan d'osier, — pour charrier les charbons, B. 15. — Placée dans les fondations, C. 185. (*voyez* Ordon).
- CLAIRE (tirer les feuilles au). Opération de l'étamage, B. 289. — Les froter au clair, 290.
- CLAPET, *Klappe*. Soupape des soufflets, B. 64. — Porte pour faire varier la quantité d'eau qui arrive sur les roues, C. 188. — Dans quelle circonstance on les emploie, 189.
- CLASSE des minéraux, *Classen*, A. 81.
- CLOCHE, *Glockengebläse*. Soufflets hydrauliques qui ont été employés à Chatelnaudren, en Bretagne.

- CLOUS**, *Nagel*, obtenus avec des cylindres. — Leur division. — Quel fer on emploie. — Comment on les obtient ordinairement, C. 257. — Machine pour les fabriquer. — Préparation du fer. — Compression entre les cylindres. — Division des plaques, 258. — Découpage des clous. — Température du fer. — Avantage de cette méthode. — à tête de diamant. — Amélioration proposée, 259.
- COACK** (*voyez* Charbon de houille), B. 132.
- COBALT**, *Kobalt*. Sa combinaison avec le fer, A. 33. — Rend le fer rouverain, C. 163. — Comment on détruit son action, 172.
- COCHON**, *Sau*. Masse de fonte qui s'amasse dans l'intérieur d'un fourneau et l'engorge.
- COGRAINS**. Petits morceaux de fer qui s'attachent intimement aux trous de la filière, et qui gâtent le fil lorsqu'on n'a pas soin de les ôter.
- COLCOTHR**, *calcinierten Vitriol*. Oxyde de fer provenant de la calcination de la couperose ou sulfate de fer, D. 178.
- COLLETS**. Extrémité des axes des cylindres, plus grosses que les touvillons, C. 247.
- COLONNE** d'eau (machine à) *wassersäulen Maschine*, B. 111-119 (*voyez* Machine à colonne d'eau).
- COMBINAISON**, *Zusammensetzung*, du fer avec l'arsenic, — le chrome, A. 30, — le titane, — le manganèse, — l'antimoine, — le bismuth, — le kuper-nickel, 31, — le schelin, — le cobalt, — le cuivre, 32, — l'étain, — le plomb, — le zinc, 33.
- COMBUSTIBLES**, *Feuermaterien*, — *Brennmaterien*. Leur action sur le fer, A. 26. — Fossiles, 82. — Employés pour griller les minerais de fer, 163-168. — Quantités, 174-175. — Modification qu'ils apportent à la distribution de la chaleur dans la cuve des hauts fourneaux, 194. — Le fourneau des Bénédictins de Rettelsten est celui qui en consume le moins, 209. — La proportion brûlée est indépendante de la hauteur des fourneaux, 209-211. — Il faut les placer à la proximité des fourneaux, 233. — Ce que c'est. — Quelles espèces sont employées au traitement du fer. — Du bois, B. 1. — Du charbon de bois, 2. — De la tourbe, 23. — De la houille, 28-30. — Quels sont les charbons les plus combustibles, 34. — Consommation dans les fourneaux de réverbère, 312; — dans les fourneaux à manches, 315-316. — Employés dans la cémentation, D. 43; — dans l'affinage de la fonte sur acier, 68.
- COMBUSTIBILITÉ**, *Brennbarkeit*, de divers charbons, B. 9-10.
- COMBUSTION**, *Verbrennung*, du charbon; — est difficile, D. 9. — Varie avec la carbonisation, 10. — L'état de l'atmosphère. — La nature du bois, 11. — Division des charbons, 12. — Machines avec lesquelles on détermine la combustion, 43.
- COMPARAISON**, *Vergleichung*, entre les deux affinages du fer. — Quelles fontes doivent être traitées à une ou plusieurs opérations, C. 71. — L'affinage bergamasque exclus. — Pourquoi. — Affinage allemand et français. — Nombre d'opérations. — Consommation de charbon et de fer, 72; — favorable à la méthode française. — Incertitude dans les expériences; — causes, 73. — Résultats différents obtenus par la même méthode, — entre les affinages français, allemand et styrien; — entre le styrien et

- le mazéage, 74. — Avantage du grillage styrien. — Qualité du fer obtenu. — Économie dans le charbon. — Avantage pour la méthode styrienne, 75, — entre toutes les méthodes d'affiner le fer. — De combien de manières on affine, C. 145. — Méthode appliquée aux mêmes minerais. — Combustibles consumés, 146. — Fer entraîné dans les scories. — Consommation dans les hauts fourneaux, 147; — dans les bas fourneaux; — dans les *Stuckofen*. — Tableau, 148. — Avantage de la méthode styrienne. — Perfectionnement des méthodes, 149. — Entre les compressions aux marteaux et aux cylindres, — le cinglage est le même, 226. — L'étirage est plus prompt aux cylindres, 227. — Combustible employé dans les deux méthodes. — Avantage des cylindres, 228. — Bonté du fer. — Il est plus promptement étiré. — Lois de l'allongement. — Les chauffeuses sont plus souvent renouvelées au martelage. — Effet de la chauffe, 229. — Conclusion, 230.
- COMPOSITION, *Zusammensetzung*, de l'acier, A. 71; — des cendres, B. 3; — des tourbes, 23-24; — de la houille, 28; — de l'air atmosphérique, 45.
- COMPRESSION, *Zusammendrücken* (*das*). Échauffe le fer, A. 25. — Du fer, C. 178. — Opération. — *Cinglage*, 180. — Effet de la compression à diverses températures. — Nerf du fer, 182. — Instruments pour comprimer le fer. — Marteaux à cingler, 183. — Cylindres pour écraser, 201. — Outils nécessaires aux forgerons, 205. — Fourneaux à chauffer le fer, 206. — Travail de la compression, 208; — avec des marteaux, 209; — avec des cylindres, 220. — Comparaisons entre les méthodes, 226. — Machines employées pour comprimer la tôle, 265. — De l'acier. — Des loupes d'acier, D. 107. — De l'acier poule, 115. — De l'acier fondu, 119. (*voyez Forgeage.*) — de l'acier, *das Zusammendrücken des Stahls*. Des loupes d'acier, D. 107. — De l'acier poule, 115. — De l'acier fondu, 119. (*voyez Forgeage.*) — de l'acier cimenté, *das Zusammendrücken des Cements-Stahls*, D. 115. (*voyez Forgeage.*) — de l'acier de forges, *Zusammendrücken des Rohen-Stahls*. (*voyez Forgeage.*) — de l'acier fondu, *des Guss-Stahls*, D. 119. (*voyez Forgeage.*) — de l'acier poule, *Zusammendrücken des Blasen-Stahls*, D. 115. (*voyez Forgeage.*) — du fer, *Zusammendrücken des Eisens*, C. 178. — des loupes d'acier, *Zusammendrücken des Luppen-Stahls*, D. 107. (*voyez Forgeage.*)
- CONCHES, *Tröge*. Vaisseau de bois ou de métal pour mesurer les minerais; — pour charger les minerais, B. 180.
- CONDUIRE le nez, *die Nase führen*, — *Vernasen*. Juger de l'allure d'un fourneau par les scories qui s'accumulent sur la tuyère.
- CONDUITS d'eau, *Wasserleitungs-Gefäse*, — *Wasserlauf-Gerinne*. — d'air *Luftkanäle*. Des moules de statues, B. 273. — Des fourneaux de réverbère, 308.
- CONDUITE du fourneau, *Ofenführung*, — *Ofenbetrieb*. Disposition et proportion des charges de charbon et de minerais, et détermination de la vitesse des machines

- soufflantes, jusqu'à ce que le fourneau ait atteint une marche uniforme, B. 97. — Gradation du vent. — Augmentation du minerais. — Préparation du creuset, 198. — Ouverture de la tympe. — Travail des laitiers, 199. — Première fonte. — Travail dans les creusets, 200. — Première coulée. — Fonte restée dans le creuset. — Nétoyage du creuset, 201. — Depuis sa marche uniforme jusqu'à son extinction. — Travail des chargeurs, 202 ; — des fondeurs, 205.
- CONDUCTRICITÉ, *Leitungs-Vermögen*, du fer ; — pour le calorique, A. 22 ; — l'électricité, 25, — des charbons, 187.
- CONGES. (*voyez* Conches.)
- CONNEL-COAL, *Connelcoal*. Variété de houille, B. 30.
- CONSTRUCTION. des hauts fourneaux, *Aufbauung der Oefen*, — *Ofenbau*. Choix de l'emplacement, A. 233. — Nature des fourneaux. — Sur le roc, — sur l'argile, — sur un terrain meuble, 238, — sur un terrain marécageux, 239. — Pierres des fondations. — Mortier. — Canaux pour l'infiltration de l'eau, 240. — Tracé du massif. — Des embrasures. — Du pilier de cœur. — Position de l'axe de la cuve, 242. — Enveloppe. — Parois. — Double muraillement, 243, — à sec, — avec du mortier, 244. — Des embrasures, 244, 245. — Revêtement en bois. — Pisé battu dans l'intérieur, 246. — Parois. — Fausses parois. — Bure. — Creuset, 247. — Ouvrage, 248. — Élatage, — petite masse inférieure de la cuve, 249, — réunie ou séparée de la partie supérieure, 250. — Cuve circulaire construite avec un calibre rectangulaire, — avec des planches ou des cordeaux, 251. — Canaux d'airage dans le double muraillement, 252. — Pierres que l'on emploie. — dans les parois, — dans le double muraillement. — Leur nature, — leur essai, 253. — Des fausses parois, 256.
- CONTRE-EMPOISE. Pièce de bois ou de fonte qui sépare les tourillons des cylindres ou des axes des découpoirs dans un équipage de fonderie, C. 246.
- CONTREVENT, *Windseite*. Face des creusets opposée au vent, — dans les hauts fourneaux, A. 188 ; — dans les bas fourneaux, C. 10.
- CONTREPAROIS, *Rauchschacht*, — *Ofenschacht*. Face externe des parois du côté du double muraillement.
- CONTRÔLE des armes, *Gegenwand*, — *Gewehrprobe*. Epreuve et examen qu'on leur fait éprouver, D. 243.
- COQUERET. Pièce d'acier qui contient le trou du pivot du balancier des montres. — Sont mieux polis en France qu'en Angleterre, D. 184.
- COQUILLE, *Roheisen-Modell*. Moule en fonte pour couler des boulets de canon, B. 263.
- CORBEILLE pour mesurer le charbon, *Kohlenkorb*, — *Füllfass* ; et le minéral, B. 180.
- CORDEAU, *Schnur*, pour tracer les vides des cuves quadrangulaires des hauts fourneaux, A. 251.
- CORRECTION, *Verbesserung*, — *Besserung*, apportée au travail du haut fourneau lorsqu'il se déränge, B. 227 ; — jugée par la fonte, 228 ; — par les laitiers, 229 ; — par la tuyère, 231 ; — par la flamme, 234 ; — par le bruissement, 235.

- CORRECTION des fers, *Verbesserung des Eisens*, C. 149. — Usage des fers vicieux, 150. — Causes de leurs défauts, 152. — Expériences pour les déterminer, 161. — Des défauts provenant du travail, 165. — Des fers cassants, 166. — Des fers brisants, 172. — Effets de quelques substances combinées avec les fers, 177.
- du fer brisant, *Verbesserung des rothbrüchigen Eisens*. Difficulté qu'elle présente. — Moyen proposé par Gerhard, C. 172. — Observation. — Méthode employée en Styrie. — Observations. — Méthode mixte, 173. — D'Angermanie, — de *Reishofen*, 174. — Amélioration par les scories. — Expériences des ingénieurs Rosiers et Houry, 175. Discussion sur la méthode de M. Gerhard, 176. — Correction des défauts produits par quelques substances; — de l'antimoine; — de l'arsenic; — du soufre; — de la barite sulfatée. — Ce qu'il reste à faire, 177. — Prix proposé par la Société d'Encouragement, 178.
- du fer cassant, *Verbesserung des kalkbrüchigen Eisens*, par l'affinage. — Usage de la chaux. — Procédé de Rinmann fils, C. 166. — Explication. — Pourquoi le même effet n'a pas lieu dans les hauts fourneaux, 167. — Méthode de Sambre-et-Meuse, 168. — Méthode du Bas-Rhin. — Nature du fer obtenu. — Quelle fonte on affine. — Action du gypse. — Méthode de Champagne, 169. — Procédé proposé par Gerhard. — Dans quelle usine on le pratique, 170. — Examen de cette méthode. — Conclusion, 171. — Moyen indiqué par Marcher, 172. — Prix proposé par la Société d'Encouragement, 177.
- des défauts de quelques fers en les travaillant. Méthode de Styrie. — Grillage des minerais. — Lavage. — Fusion. — Résultat, C. 165.
- en Suède, *Verbesserung des schwedischen Eisens*. Par l'inclinaison de la tuyère, C. 166.
- CORNÉENNE. (Roche), *Uebergangshornstein*, employée dans la construction des hauts fourneaux, A. 240 - 253.
- CORNIER, *Speyerlingbaum*. Poids du décimètre cube, B. 3.
- CORPS de l'acier, *Geschmeidigkeit des Stahls*, — *schmeidiger Stahl*. Comment on le distingue, D. 156. — Sa dépendance de la trempe, 162. — Comment Réaumur le détermine, 163. — Méthodes employées: première, 164, — deuxième et troisième. — Sa variation avec la trempe, 165.
- gras, *fettige Substanz*, qui recouvre les bains d'étamage. — (voyez Matière qui recouvre les bains d'étamage), C. 294, — dans lesquels on trempe l'acier. — Leur nature. — Comment on y trempe, D. 145. — Avantage qui en résulte, 146.
- CORSE. (Voyez affinage) B. 141.
- CORROYER le fer, *das Eisen ausschweissen*, le pétrir sous le marteau.
- COSTIÈRES, *Seitenstein*, — *Seiten eines Ofen*. Pierres qui forment les parois du creuset des hauts fourneaux. — Trois sortes, A. 228. — Leur position, 248. — Leur inclinaison relativement aux minerais, 230.
- du contrevent, *Güchtseite*. Pierre du creuset formant la face du contrevent, A. 228.

- COSTIÈRE** de la tuyère, *Formseite*, — *Formwand*. Pierre du creuset du côté de la tuyère, A. 228.
- de la rustine, *Reichenseite*. Pierre du fond du creuset ou de la rustine, A. 228.
- COTTIÈRES**. barres de fer auxquelles on donne plus de largeur qu'aux autres barres, ou verges de fer qu'on fait passer sous le martinet.
- COULAGE**, *Eingiessen*. Espace pratiqué devant un fourneau pour couler les différentes pièces.
- COULÉE** de la fonte des hauts fourneaux, *Abstehen*, — *Absehnung*. A quelle époque la première doit être faite, B. 201. — Préparation qu'elle exige. — De la percée, 207. — Sortie de la fonte. — Comment on bouche le trou. — Coulée à la poche, 208. — Emploi du restant de la fonte. — Travail après la coulée, 209. — Difficulté pour déboucher. — Cause. — Correction, 239. — Objets que l'on peut couler en fonte de fer ; — que l'on coulait anciennement, 249 ; — que l'on coule aujourd'hui, 250 ; — en Angleterre ; 252, — à Lyon, 253 ; — que Réaumur annonçait devoir être coulée, 256. — Des marmites, 269 ; — en rigole, 301 ; — à la poche, 302 ; — en 24 heures. — Intervalles entre elles, 303 ; — dans les fourneaux de réverbère, 311.
- de l'acier fondu, *das Ausgiessen des Guss-Stahl*. Observation qu'elle présente, D. 86.
- des scories, *das Laufen der Schlacken*.
- COULEUR** du fer, *Farbe des Eisens*, A. 21. — Brisant, 66 ; — chauffé, D. 136.
- de l'acier, *Farbe des Stahls*, A. 69. — Par la chaleur, 70, D. 151.
- des fontes, *Farbe des Roheisens* ; n'est pas un caractère constant. — De leur qualité, B. 296. — Ne peuvent pas servir à les distinguer, D. 48.
- COULIÈRE**. Fer aplati en verge carrée de 4 lignes d'épaisseur sur 44 de large.
- COURBOTTE**. Balancier en bois ou en fer auquel on attache les crochets ou chaînes des soufflets de forge.
- COURT BANDAGE**. Forme de fer marchand, C. 231.
- COURT CARREAU**. Gros poteau de bois soutenant le rabat-marteau dans les ordons à drôme, C. 191.
- COURTINE**, *Schacht*. (voyez Bure.)
- COUTEAU** de la masselotte, *Einguss-Stuckmesser*, pour couper la masselotte des canons, B. 324.
- pour mouler, *Formmesser*. Espèce de couteau employé à couper le sable, — dans les moules à découvert, B. 257 ; — en terre, 265 ; — en sable, 278.
- COURSIER**, *Schuss-Gerinne*, canal étroit par lequel l'eau arrive sur les roues hydrauliques.
- COUVERTURE**, *Dach*. Toiture d'un endroit, — autour des fourneaux, doivent être éloignées des magasins, A. 188 ; — pour les machines soufflantes. — Le travail. — Les roues, 189.
- CRACHES**. Rejet de matière par le devant de la tuyère du fourneau.
- CRAIE**, *Kreide*, Terre calcaire, A. 127.
- CRAN**. Défaut de fabrication d'un fer mal forgé.

- CRASSE**, *Gekrätz*; — *Geschirre*. (voyez Laitier, — Scories.)
- CREUSETS**, *Tiegel*. Petits vases de terre réfractaire, — employés à fondre le fer. — Dans quelles circonstances, B. 316. — Leur forme et leurs dimensions. — Fourneaux dans lesquels on les chauffe, 317. — Combustibles que l'on emploie, 318; — à fondre l'acier, D. 85 - 94.
- d'affinage, *Frischfeuer*. Foyer de fourneau; trou pratiqué dans un massif de maçonnerie; — pour la ferraille. — Leur forme; — leurs dimensions; C. 21. — Leur disposition pour affiner la fonte en une seule opération, 37. — Pour l'acier, D. 49-50. — (voyez Forges.) — Sa préparation, 51.
- d'essais, *Probiertiegel*. Petit vase de terre cuite; — pour la voie sèche. — Quels sont les meilleurs, A. 133. — Leur action dans la fusion des terres, B. 154. — De molybdène ou plombagine, — de charbon, — de craie. — Brasqués, 155.
- d'étamage, *Zinn-Pfanne*. Vase de fonte pour liquéfier l'étain, et y plonger les feuilles de tôle. — Sa forme; — ses proportions, C. 288.
- des hauts fourneaux, *Gestellkiste*, — *Hoh-Ofen Tiegel*; — *Heerd in Hoh-Ofen*, espace dans lequel la fonte et les scories se réunissent, A. 205-225. — Leur grandeur, 226; — leur forme. — Ceux de Styrie retiennent la fonte et les scories; — les autres les laissent couler séparément, 227. — Leurs dimensions; — leurs faces, 228; leurs proportions relatives aux minerais. — Observations de Gerhard, 229. — Position et inclinaison des costières relativement au minéral, 230. — Tableau des dimensions qu'il faut leur donner, 231. — Leur plaque de fonte, 247. — Sable du fond. — Pierre de sole. — Leur construction, 248. — Comment on y met le feu, B. 193. — Préparation pour recevoir la fonte. — Sable dont on recouvre le fond, 198. — Travail dans leur intérieur. — Pierres calcaires dont on forme quelques-uns, 200. — Temps qu'il mettent à s'emplir. — Fonte qui doit y rester après la coulée. — Quand on doit les nétoyer, 201. — Leur engorgement, 240. — Causes et corrections, 241. — Leurs dimensions, 303.
- de Stück-ofen, *Stuckofen-Heerde*. Leurs dimensions, C. 141.
- CREVASSES**, *Spaltenrisse*, — *Kluft*. Comment elles se produisent dans les hauts fourneaux, A. 184. — Occasionnées par l'humidité, 235.
- CRIBLE**, *Siebräder*; — *Setzsieb*, pour passer les minerais, A. 149.
- à l'eau, *Wassersieb*; — *Waschräder*, pour laver les minerais.
- CRIC**, (tôle à) *Hebwindblech*, C. 262.
- CRISSURES**. . . . Espèces de rides ou de crispures qui se font à la superficie du fil de fer, lorsque la filière est mal ajustée.
- CROARD**. . . . Crochet de fer pour agiter la fonte en bains.
- CROCHETS**, *Hackenknecht*, outil pour le travail des hauts fourneaux, B. 181; — pour le travail dans les affineries, C. 15.
- aux scories, *Schlackenforke*, avec lequel on tire les scories.
- pour soutenir la loupe, *Teathacken*.

- CROISÉE**, Pièce d'ordon.
- CROSSE**, Barre de fer que l'on soude aux masses de fer que l'on veut chauffer et forger. — Elle sert à les manœuvrer.
- CROT** (mettre le fer au). Grillage du fer mazé dans le Nivernais, C. 70.
- CROTTIN** de cheval, *Pferdmist*, employé dans la terre des moules, B. 255.
- CUILLÈRES** pour puiser le métal, *Ausschöpföffel*, — *Quissküller*, — *Schmölzöffel*, B. 302. (voyez Poches.)
- pour former les moules en sable, *Formenlöffel*, B. 277-278.
- CUISSON** des charbons, *Kohlenbrennen*. Son influence, B. 14.
- CUIVRE**, *Kupfer*. Sa combinaison avec le fer, A. 30-50, — avec l'acier, 72, — dans les minerais, 130. — Son moulage est très-ancien. — La méthode que l'on emploie a été transportée au travail du fer, B. 277. — Rend le fer brisant, C. 159-163; — cassant, 161.
- CULART** Morceau de bois de sept à huit pouces d'équarrissage, qui porte la queue du ressort dans les ordons à drôme.
- CULASSE** de canon, *das Bodenstück einer Kanone*. Son moulage en terre, B. 279. — Réunion au moule du canon, 268.
- CULOT**, *König*. Petite masse de fonte qui se réunit au fond des creusets d'essais.
- CULETON** des soufflets, *Stirn der Blasebälge*. La partie la plus large du gîte opposée à la têtère.
- CURETTE**, *Krützer*, C. 16.
- CUVE**, *Rottig*.
- des hauts fourneaux, *Schacht eines Hoh-Ofen*. Vide intérieur dans lequel la chaleur se développe. — Leur forme, A. 190. — Usines où se trouvent les différentes formes indiquées, 191. — Comment la chaleur se distribue, 194-195-196. — Ligne de plus haute température. — Sa situation. — Avantage des formes circulaires. — Désavantage des rectangulaires, 199. — Examen des effets de la chaleur relativement aux formes des cuves. — Avantage et inconvénient des cuves prismatiques, 200. — Pyramidale posée sur leur troncature, 201. — Pyramidale posée sur leur base, 202. — Pyramidale prismatique et pyramidale opposée, 203. — Ellipsoïdale. — Recherches sur les meilleurs propositions. — Division des cuves, 204. — Grandes masses. — Grand foyer, 205. — Leurs meilleures formes déterminées par le tatonnement, 214. — Détermination des changements de forme, 221. — Altération observée après la *mise hors*. — Méthode des Suédois pour déterminer la meilleure forme, 222. — La forme suédoise ne peut être généralement adoptée. — Les tranches horizontales doivent être circulaires. — Expérience pour obtenir la meilleure hauteur, 223. — Construction des cuves circulaires et rectangulaires, 251. — Matériaux que l'on y emploie, 252. — Précaution en brûlant le charbon qui y reste lors de la *mise hors*, B. 246.
- des trompes, *Wassertrommel-Fass*. Caisses dans laquelle l'air et l'eau tombent, et l'air se sépare de l'eau, B. 60. — Leur dimension, 61.

CUVIER pour tremper l'acier, *Hartkanne*; — *Hartfoss*. Vase contenant l'eau dans laquelle on trempe l'acier.

CYLINDRES, *Walze*; — *Cylinder*.

— à comprimer, *auf Zusammendrückende Walze*. Machine composée de deux cylindres cannelés servant à comprimer le fer. — Par qui ils ont été imaginés. — On en distingue de trois sortes, C. 201. — Équipage. — Mécanismes qui leur sont appliqués, 202. — Moteurs employés, 203. — Comment on forge. — Détails donnés par l'ingénieur Bonnard. — Division du travail. — *Formation des pièces*. — Ébauchage des loupes, 220; — au gros marteau; — aux cylindres. 221. — Cylindres employés. — Aux cylindres et aux marteaux, 222. — Pièces obtenues sous le marteau; — sous les cylindres. — Avantage et inconvénient. — *Étirage*, 223. — Fourneaux à chauffer. — Travail, 224. — Ouvriers pour manœuvrer. — Leur emploi. — Avantage des cylindres. — Redressement des barres, 225. — Travail à *Cyfahrfa*. — Déchet, 226. — Comparaison entre le travail des cylindres et celui des marteaux. — Les premiers étirent plus promptement, 227. — Leur travail est plus économique, 228. — Bonté du fer. — Lois de l'allongement. — Effet des chauffes, 229. — Conclusion, 230. — Cylindres de fonderies. — Leur dimension, — leur dénomination et leurs usages, 245. (*voyez* Espatard, et Découpoir.) — Cylindres à fabriquer les tôles. (*voyez* Laminoirs.)

— à ébaucher, *Vorbereitung-Walze*. Machines cylindriques entre lesquelles on ébauche les barres de fer. — Leurs formes; — leurs dimensions. — Châssis qui les supportent et les maintiennent, C. 201-222.

— à étirer, *Streck-Cylinder*. Machines cylindriques avec lesquelles on étire les barres de fer. — Leurs formes; — leurs dimensions. — Châssis qui les supportent et les maintiennent, C. 202-224.

— à vapeur, *Dampf-Cylinder*. Grand cylindre creux dans lequel le piston des machines à feu est mis en mouvement par l'action de la vapeur. — Leur alèsement, B. 322.

— de tréfilerie, *Drathugs-Cylinder*, employé à étirer le fil de fer qui passe dans les trous de la filerie. — Son invention. — Avantage qu'il procure, C. 311. — De M. Babeau, 323; — de M. Müller, 324.

— préparateur, *Vorbereitung-Walze*. Machines cylindriques cannelées avec lesquelles on prépare les pièces de fer que l'on doit étirer en barres. — Leur forme; — leurs dimensions, C. 201. — Châssis qui les supportent et les maintiennent, 202-224.

D.

DALÉCARLIE (fourneau de la), *Dalecarlien-Ofen*. Leurs formes. — Leurs dimensions. — Leur construction, C. 5.

DALLES. Gouttières de fer qui supportent les forgis à mesure qu'ils s'étendent sous le martinet.

- DAMAS** (acier de), *Damascener-Stahl*, connu en France depuis long-temps, D. 236. — Manière de l'obtenir, D. 237.
- (sabres de), *Damascener-Säbel*. Leur trempe dans l'air, D. 147. — Qualité des anciens, — des nouveaux. — Leur différence avec ceux que l'on fabrique en Europe. — Cause de la finesse de leur taillant, 235. — Fabriqués en France par Clouet. — L'étoffe en était déjà connue depuis long-temps. — Travail. — Préparation, 236. — Trousse. — Chauffage. — Soudage. — Contour des veines. — Ouvrage à consulter. — Opinion sur ceux que l'on fabrique en France, 237. — Acier fin dans le milieu de la lame, — sablée blanc et noir. — Lames de Klingenthal, 238.
- DAME**, *Wal-Damm*. Digue en maçonnerie, formée au-dessous de la tympe pour retenir la fonte dans le creuset, A. 227. — Ses dimensions, 238.
- DAVIER** Anneau de fer qui sert à arrêter le bout du fer que l'on veut passer par la filière.
- DÉCAPAGE**, *Das Beitzen des Blechs*. — *Abmachung*, — *Blechschnneiden*. Séparation de l'oxide qui couvre les feuilles de tôle. — Deux méthodes sont employées. — *Détachement de l'oxidule*, C. 279. — Usage du muriate d'ammoniaque. — Son action, 280. — *Dissolution de l'oxidule*. — Action du muriate d'ammoniaque dissous dans du vinaigre, 281. Les acides agissent différemment. — Ce qu'on se propose, 282. — Quels acides on emploie, 283. — Leur division. — Acide végétal. — Eau sure, 284. — Vinaigre. — Petit lait. — Acides minéraux, — muriatique, — sulfurique, 285. — Manière de les employer, 286. — Usage des eaux sûres. — Leur température. — Degré de force, 287. — Nombre d'immersions. — Remarques, 288.
- DÉCAPER**, *Beitzen*. Enlever l'oxide qui recouvre le fer.
- DÉCHET** de la fonte, *Roheisen-Abgang*, B. 312.
- DÉCOMPOSITION**, *Auflösung*. — *Zerbrennung*. Résolution d'un corps mixte dans ses principes.
- DÉCLINAISON** de la tuyère, *Abweichung der Forme*. Direction qui fait un angle avec la perpendiculaire à la face du vent, B. 184.
- DÉCOUPER**, *Aufzachen*. — *Entzweyschnneiden*. Enlever des parties pour figurer un objet.
- DÉCOUPOIR** Machine pour emporter des pièces ou creuser des vides de formes données. — Employé pour la bijouterie d'acier, D. 170.
- pour refendre le fer. Pièces qui les composent. — Leur arrangement. — Châssis dans lequel ils sont montés. — Pièces du châssis, C. 245. — Deux sortes de rondelles. — Leur arrangement, 246. — Guide des fourchettes. — Collets, 247. — Equipage, 248.
- DÉFLAGRATION**, *Verbrennung*. Inflammation étincelante d'un métal sans explosion.
- DÉGROSSI** de la bijouterie d'acier, — à la lime, D. 171; — à la meule, 172.
- DÉGROSSIR**, *aus dem Groben arbeiten*. Enlever les premières surfaces pour former un objet.
- DENSITÉ**, *Dichtigkeit*, du fer, A. 21; — du carbure de fer, 26. — Moyenne de la

fonte du fer et de l'acier, 46. — De différentes fontes, 47-52. — De la fonte blanche, 54. — De la fonte grise, 55. — De la fonte, 56. — Du fer doux, 59. — Du fer cassant, 65. — De l'acier, 71. — Des fers métalloïdes, 92. — Du fer spathique, 98. — Des bois, B. 3. — Des charbons de bois, 4-5. — Des différents gaz, 45. — Des fontes, 292. (*voyez* Pesanteur spécifique.)

DENTS de roues, *Radzahn*. Parties saillantes, placées sur la circonférence pour recevoir ou communiquer le mouvement.

DENTÉES (roues), *Zahnrad*. Roue qui a des dents pour recevoir ou communiquer le mouvement.

DÉPENSE de fonderie, *Hüttenkosten*. Frais nécessaires pour le traitement du minéral.

DÉSAGRÉGATION, *Zerstörung der Verbindung*. Désunion des parties. — Des minerais par le grillage, A. 156.

DESCENTE, *Heruntergehen*. Aller. — Se porter en bas. — Tomber.

— des minerais dans les hauts fourneaux, *Das Hinuntergehen der Erze im Ofen*. — Transport du gueulard dans le creuset. — Sa durée. — Influence de cette durée, B. 212. — Effets que les minerais éprouvent. — Calcination. — Désoxydation par le charbon, 213; — par l'eau vaporisée; — par les gaz carbonés, 214. — Comment se comportent les minerais en descendant, 215. — Influence de sa durée sur l'économie du combustible, 217. — Tableau des résultats que présente la durée de la descente, 218. — Avantage d'une longue durée; — elle dépend de la quantité de minerais, — de celle de l'air lancé, 220. — *Des charges*, 238; — trop promptes, — trop lentes, — inégales, — penchées. — Correction, 239.

DESCRIPTION, *Beschreibung*, de trente-trois hauts fourneaux de différents pays, avec leur produit et leur consommation de charbon, A. 256-257-258-259-260-261.

DÉSOUXIDATION, *Reduzieren*. Séparation, ou enlèvement de l'oxygène combiné avec une substance. — Des minerais, en les essayant par la voie sèche, A. 137. — De différents charbons, B. 34. — Des minerais par le charbon, 213; — par la décomposition de l'eau, — par les gaz carbonés, 214.

DESSICCATION, *Austrocknung*, de moules de médailles, B. 283.

DEVANT des affineries, *vordere Seite*. Côté par lequel coule la fonte et les scories, C. 10. (*voyez* Chio.)

— des hauts fourneaux..... Côté de la percée et de la coulée de la fonte et des scories, A. 188.

DÉVELOPPEMENT, *Ausfürlichkeit*. — *Erklärung*, — *Auseinandersetzung*, — *Ausbreitung*. Détails nouveaux. — Eclaircissements, etc.

DÉVELOPPÉE du cercle, *Kreisabwickelungs-Linie*. Courbe que doivent avoir les cammes qui soulèvent les pistons des machines soufflantes, B. 116. — Démonstration, 117.

DIAPHRAGMES des soufflets, *Schwersfell*. — *beweglicher Boden*. — Parois, cloisons qui séparent l'intérieur des soufflets en plusieurs parties, B. 67.

- DIFFÉRENCE** et Similitude, *Verschiedenheit und Gleichniss*, que présentent les divers affinages. (voyez Comparaison.)
- DILATABILITÉ**, *Dehnbarkeit*. — *Ausdehnbarkeit*. Propriété qu'ont les corps de pouvoir augmenter de volume.
- DILATATION**, *Ausdehnung*, de l'air par la chaleur, B. 99.
- DIRECTION** de la tuyère, *Richtung der Form*. Position de la ligne droite qui passe par le milieu de sa base, B. 184.
- DISTINCT**, *Unterschieden*. Clair, — séparé, — différent.
- DISTINCTIF** (caractère), *Unterscheid, Kennzeichen*. Caractères à l'aide desquels on distingue, on sépare des minerais, A. 83.
- DISTINCTION** des aciers, *Unterschied des Stahls*, par la cassure, D. 156; — le poli; — le travail, 157; — le grain, 158; — la dureté, 160; — le corps, 162; — l'élasticité; — le tranchant, 165. — Conclusion, 167.
- DIVISION**, *Theilung*, des bois, — des charbons, B. 6; — des tourbes, 23; — des houilles, 30; — des charbons de houille, 32.
- du travail, *Austheilung der Arbeit*. Faire exécuter un objet par plusieurs personnes qui ne fassent chacune qu'une seule partie. — Quand on doit employer ce moyen, D. 186; et le préférer à l'usage des machines, 187.
- DOCIMASIE**, *Probiar-Kunst*. Essai des minerais par la voie humide, A. 129.
- DOUBLE MURAILLEMENT**, *doppelte Mauern*. Les deux murs extérieurs et intérieurs qui environnent le massif fixe du fourneau, A. 243. — Construit à sec ou avec du mortier, 244; — revêtu en bois et rempli de pisé, 246. — Nature des pierres que l'on emploie dans leur construction, 252.
- DOUBLON**, Morceau de fer plié en deux, destiné à former deux feuilles de tôle, C. 269.
- DRAGÉE** de fer, *Eisen-Schrot*. Fer granulé à l'eau ou sur le sable.
- DRESSAGE** du fer, *Abschlichtung des Eisens*. Opération que subit la barre après avoir été étirée sur le travers de l'enclume; — on la redresse en la martelant dans le sens de la longueur de la panne.
- DRESSER** les lames de sabre, *Aufrichten der Klinge eines Säbel*, D. 240.
- les ressorts d'horlogerie, *das Aufrichten (einer Uhrfeder)*. Leur faire perdre la courbure qu'ils ont prise en les travaillant et en les trempant, D. 221-224.
- DROITE** des fourneaux, *die rechte Seite eines Ofens*. La face à droite du spectateur qui les regarde par-devant, A. 188.
- DROME**, *Drohm*. Longue pièce de bois fixée dans la partie supérieure des équipages d'un ordon à drome, C. 191.
- DUCTILITÉ**, *Dehnbarkeit*. Propriété de s'étendre sans se rompre, lorsque l'on frappe ou comprime les corps à froid. — Des fontes grises. — Moyen de la conserver, B. 295.
- Du fer, est le produit d'une opération, C. 180.

DURCIR, Härten. Rendre dur, ferme, par une opération. — On durcit l'acier par la trempe.

DURCISSEMENT de l'acier, *Stahlhärtung*. Trempé dans diverses substances, D. 131. — Dans les métaux, 145. (voyez Trempe.)

DURÉE de la descente des matières, *Dauer des Heruntergehen eines Satzes*. Temps qu'elles mettent à descendre du gueulard dans le creuset des hauts fourneaux. — De sa variation. — Influence de cette durée, B. 212. — Elle dépend de la proportion de minerais. — De la quantité d'air lancée, 216. (voyez Descente et Fondage.)

— Du travail d'un haut fourneau, *Blasewerck Hoh-Ofen-Reise*, — *Dauer des Ganges eines Hoh-Ofens*. Temps pendant lequel il est en feu.

DURETÉ, Härte. Du fer, A. 22. — De l'acier. — Sa variation par la proportion de charbon, 73 — C. 134. — Différente par la trempe. — Manière de l'obtenir, 135. — Cause qui l'occasionne, 142. — Comment on peut la distinguer, 160. — Matière employée pour cet objet par Réaumur, — Haüy, — Werner, 161. — Lesquelles on doit préférer. — Trempe correspondante au maximum de dureté, 162.

E.

EAU, Wasser. Existe dans les fers terreux, A. 109 — Forme des hydrates. — Dans les minerais de fer, 109-113-117. — S'évaporise dans le grillage, 159. — On y éteint les minerais grillés, 161. — Contenue dans les charbons. — Sa composition, B. 48. — est combinée avec l'air. — Comment on la sépare, 57-58. — Régulateurs à eau; — leurs défauts. — Correction, 80. — Est employée pour mouvoir les machines soufflantes, 110. — Machines à colonne d'eau, 119. — Est consommée en plus grande quantité par les trompes pour produire une quantité d'air donnée, que par les autres machines soufflantes, 128. — Quantité de calorique qui se dégage dans sa formation. — Vaporisée; elle éteint le feu, 129. — Elle occasionne une plus grande consommation de charbon dans les hauts fourneaux, 130. Celle qui est contenue dans les charbons et les minerais, est vaporisée en partie dans les hauts fourneaux, 213. — Elles désoxydent les minerais en se décomposant, 214. — On en arrose les charbons. — Pourquoi, C. 38. — Comment on peut y suppléer, 39. — Employée pour refroidir la fonte, 41. — Son aspersion sur le charbon, 61. — Est décomposée par le fer, 103. — Est recomposée par l'oxide de fer et l'hydrogène. — Projetée sur la fonte, 104. — Contribue à détruire les défauts des fers, 165. — Sert à tremper l'acier. — Influence de sa température et de sa masse, D. 139. — Température de son ébullition, 163.

— argilée, *Thonwasser*. Eau contenant de l'argile délayée. — On en arrose les charbons dans l'affinage. — Pourquoi, C. 38 - 273.

— d'arbue, *Thonwasser*. Eau contenant de l'argile délayée, C. 270.

— surès, *Herbes Wasser*. Eau dans laquelle de la farine a fermenté. — Est la meilleur.

- leure substance pour décaper. — Ordre de bonté, C. 284. — A quelles températures elles sont employées. — Degré de leur action, 287.
- EBAUCHAGE**, *Entwurf*. Des loupes aux cylindres, C. 220. — Première opération qu'un corps éprouve aux cylindres seuls, 221 — Aux cylindres et aux marteaux, 222.
- EBAUCHER**, *Entwerfen*. Première façon, première forme donnée à un objet.
- EBROUDIS**. Travail de la troisième bûche des tréfileries, C.330.
- EBULLITION**, *Aufsiedung*, de l'eau, D. 163; — du plomb, 164; — des scories, B. 240, C. 61.
- ECHAUFFEMENT**, *Erhitzung*, des hauts fourneaux, B. 168. — des fourneaux de réverbère, 310.
- ECONOMIE**, *Haushaltung*, du combustible dans le travail des hauts fourneaux, occasionné par la durée de la descente du minéral, B. 217; — dans les objets obtenus en fer et en fonte moulée, 254.
- ECOSSAISE**, *Feuerschaufel*, Instrument de fer pour fourgonner le fer, C. 15.
- ECOTAGE**. Fil de fer travaillé dans la seconde bûche des tréfileries, C. 327-330.
- ECOTEUR**, *Drahtzieher*. Ouvrier attaché à la première bûche des tréfileries, C. 327.
- ECOUVILLONNER** le feu, *Bespritzen des Feuers*, — *Löschen*. Mouiller avec de l'eau le charbon extérieur pour empêcher la flamme de se porter en-dehors.
- ECRAN** des forgerons, *Breche*; — *Vorblech*. Plaque de fer que les forgerons suspendent devant le foyer de leur forge.
- ECRASER** les soufflets, *die Gebläse übernehmen*. Les comprimer pour pousser l'air dans le foyer.
- ECRIER**. nétoyer le fil de fer lorsqu'il a été oxidé en le chauffant.
- ECUREUSES**, *Blech-Scheere*. Femmes qui récurent les feuilles de tôle en sortant de l'eau sure, C. 288.
- EFFERVESCENCE**, *Aufbrausen*. Mouvement produit dans un liquide par le dégagement d'un gaz; — dans le creuset des hauts fourneaux. — Ce qui l'occasionne, B. 216. — De la fonte dans l'affinage, C. 61.
- EGRAPOIR**, *Durchwurf*. Machine à échelon de fer pour nétoyer le minéral. — Comment il sépare les terres et les sables, A. 152.
- EGRAINER**. Se casser par grain. — Tel est l'acier trempé trop dur.
- EISENRAHM**, *Eisenrahm*. Minerais de fer, A 101.
- ELASTICITÉ**, *Elasticität*. Effort par lequel un corps comprimé ou dilaté tend à reprendre sa première forme. — De l'acier. — Sa détermination. — Elle varie avec la trempe, D. 165.
- ELLIPSOÏDALE** (cuve), *unvollkommene ellipsicher Schacht*; — *Ellipsoidischer Schacht*. Vide dont la forme est une ellipsoïde de révolution; — du fourneau d'Eisenartz, A. 191-192. Répartition de la chaleur, 203. — Avantage et inconvénient de cette forme, 204.
- EMBOUTIR**, *Treiben*. (voyez Amboutir.)
- EMBRASÈRE**, *Hohofenbrust*. Vide pratiqué dans le bas du massif d'un fourneau, pour placer les machines soufflantes et travailler dans le creuset. — Leur division, — Des *Flussofen* de Styrie. — Des hauts fourneaux de l'Ysère, A. 182. — Leur forme; —

- leurs proportions ; — leurs dimensions, 187 ; — leur tracé ; — leur construction. — Leurs maratres, 244, construits en fer et en pierres ; — en pierres seules ; — en briques. — Ciments employés ; — sèchement, 245.
- EMBRASURE** des soufflets. *Brustmauer*. Vide pratiqué dans le massif pour placer les machines soufflantes, A. 182.
- du devant. *Kern-Schacht*. Vide pratiqué dans le massif des hauts fourneaux pour l'écoulement des scories et de la fonte, A. 182.
- EMERI**, *Schmirgel*. Poudre terreuse et métallique, très-dure, pour dégrossir et polir le fer et l'acier, A. 85. — Comment on l'obtient, D. 177.
- EMPLACEMENT**, *Baustelle* ; — *Bauplatz*, des hauts fourneaux. — Doit être à la proximité des moteurs, — des approvisionnements et des transports, A. 233. — Il faut un bon fonds sans humidité, 234. — Nature des fondations, 238.
- EMPOISE** ou **Empoise**, *Zapfenlager*, — *Pfadeisen*. Support des axes des cylindres et des taillants des espetards et des fendries, C. 245.
- EMPOULE**, *Blassig*. Soufflure formée sur la surface du fer cémenté, A. 43.
- ENCASTREMENT**, *Einlassung*. Enchâssement, jonction. — Enchaîner par une entaille.
- ENCASTRURE** des ordons, *Einsetzung*. Encaissement des ordons, C. 192.
- ENCLUME**, *Ambos*. Masse de fer sur laquelle on cingle et on forge. — Durcissement de leur *aire*. — Leur placement dans un terrain solide, C. 184 ; — dans un terrain mou, — marécageux, 185. — Des martinets, 234. — Des tôleries, 265. — Des casseries, 301.
- ENCLUMIER**. Forgeron qui forge, acère et raccommode les enclumes.
- ENCORBELEMENT**, *Vorsprung*. Saillies portant à faux au-delà d'un mur. — Demi-voûtes qui remplacent les maratres des fourneaux portés sur des gueuses.
- ENCRÉNÉE**, *Zugerichtete Kelben*. Pièce de fer cinglée et forgée par le milieu. — Sa formation, C. 212. — Chauffage, 213. — Forgeage. — Nombre de coups. — Formation de la maquette, 214.
- ENGRÉNAGE**, *Getrieb, die Richtung verschiedener Räder* ; — *Vorgelegtes Zeug* ; — *Vorlagsgetriebe*. Disposition de plusieurs roues dont les dents s'insèrent les unes dans les autres, en sorte que l'une fait tourner l'autre.
- ENGORCEMENT** du creuset, *Verschienung im Gestelle* ; — *Duschen im Gestelle* ; — *Versetzung des Gestells*. Matières qui se durcissent et le remplissent. — cause. — Oxydes qui y tombent et s'y attachent, B. 240. — Correction. — Usage des pyrites cuivreuses. — Infiltration d'humidité. — Correction, 241.
- du haut fourneau. *Versetzung des Hoh-Ofens*. Par des mines sèches, 143. — Comment il se produit. — Correction lorsqu'il commence. — Mise hors lorsqu'il est trop avancé, 234.
- ENSEIGNE** (tôle), *Eisenblech zu fahnen*. Tôle avec laquelle on fait des enseignes, C. 261.
- ENTONNOIR** de trompe, *Trommel Wassertrommel*. Ouverture conique de la partie supérieure des tuyaux des trompes.
- ENVELOPPE**. (voyez Double muraillement.)

- EPICYCLOÏDALE**, *Epicycloidalisch*. Courbe engendrée par le mouvement d'un cercle sur un autre. — Forme que doivent avoir les cammes qui compriment les soufflets de bois, B. 117. — Leur tracé. — Démonstration, 118.
- ÉPREUVES du fer**, *Eisenprobe*. Moyens employés pour s'assurer de sa bonté, A. 68.
- ÉPROUVETTES**, *Hitzmesser*. Barres de fer placées dans le fourneau de cémentation pour juger l'aciération, D. 31. — Leur placement; — leur examen, 37. — Font connaître la loi de la propagation du charbon, 40. — Qualités qu'elles doivent avoir, 41.
- EQUARRISSAGE du fer**, *Viereckigte Schmelzung*; — *die Viereckigung des Eisens*. (voyez Forgeage.)
 — des feuilles de tôle, *Viereckig schneiden*; — *das Blech rechtwinklig zu machen*. Les rogner avec des cisailles. — Leur coupe à chaud, — à froid. — Mise d'équerre. — Travail du rogneur, C. 277. — Emploi des rognures, 278.
- EQUIPAGE de fenderie**, *das ganze Geschleppe eines Schneidewerks*. Réunion de toutes les pièces qui composent la machine, — simple, — double. — Leur placement à côté des uns et des autres; — vis-à-vis. — Avantage et inconvénient, C. 248. — Leur Moteur. — Nombre de roues hydrauliques. — Leur placement pour un équipage simple, — double, 249. — Usine à quatre équipages, — à une seule roue. — Equipage à côté, 250; — vis-à-vis, 251.
- ERABLE**, *Ahornbaum*. Poids du décimètre cube, B. 3. — Poids d'un mètre cube de charbon, 5.
- ESCARBILLE**, *Kleiner Coacks*. Menu charbon de houille qui passe à travers les grilles des chaufferies, B. 308.
- ESCOLA** Ouvrier employé, dans les forges des Pyrénées, à de gros ouvrages. — Valet de forge. — Ses occupations, C. 117.
- ESPATARD**, *Walzer*. Equipage de cylindre pour aplatir le fer, C. 244. — Comment on les monte, 245. — Distance entre les cylindres, 246.
- ESPÈCE**, *Art*; — de fer, *Eisenart*. On en distingue trois. — Cause de leur différence, A. 39. — De minéraux. — *Erzart*, 81. — De minerais de fer, *Eisenerzart*, 86-89.
- ESSAI**, *Versuch*; — *Probe*. Epreuve faite d'une chose.
 — des aciers, *Probe des Stahls*; — *Stahl probieren*. Combien de méthodes on emploie, D. 155. Lesquelles on exécute, 160-165.
 — des limes, *Feilen probieren*; — *Probe der Feilen*. Manière dont on s'assure de leur bonté, de leur qualité, D. 212.
 — du fer, *Eisen-Probé*. A la vue; — à chaud; — aux acides; — à la trempe; A. 68.
 — des minerais de fer, *Eisenerz Probe*. Sa division, A. 129. — Il faut les lotir sur le tas, 130.
 — par la voie humide, *Probieren auf dem nassen Weg*. Essai chimique par les acides et les autres agents chimiques. — Déterminer la nature et les proportions des composants par l'analyse chimique. — Elle est plus exacte et plus difficile que la voie sèche, A. 129.

- ESSAI** par la voie sèche, *Probieren auf dem trockenen Weg*. Séparer le métal et les terres par l'action du feu. — Elle suffit. — Instruments nécessaires, A, 132, — à la forge. — Comment on chauffe, — dans des fourneaux d'essai, 134. — Leur forme, 135. — Opérations qui ont lieu, 137. — Flux employés, 139. — Opération sans flux, 141. — Préparation, 142. — Terre à ajouter, — dans quelles circonstances, 144. — Tableau de plusieurs essais qui n'ont pas réussi sans terre. — Comment on a déterminé celles qui ont dû être ajoutées, 145.
- des pierres pour les parois des cuves. Comment on s'assure si elles ont les qualités convenables, A, 253.
- ESSENTIEL** (caractère), *Wesentliches Kennzeichnen*. Caractère sans lequel il est difficile de distinguer. — Des minéraux, A, 83.
- ESTIBOIS**, **ESTIBOT** **ÉTIBOT** Billot sur lequel on lime les pointes des fils de fer, C, 321.
- ESTOQUART**, *Krücke*. Morceau de bois avec lequel on arrange les charbons dans le gueulard avant de charger les minerais.
- ESTRANGLION**. (*voyez* Étranglion.)
- ÉTAIN**, *Zinn*. Sa combinaison avec le fer, A, 33. — Rend le fer brisant, C, 163. — Métaux qu'il faut lui ajouter dans l'étamage, C, 292. — Est plus ou moins pur, 293. — Sa température dans l'étamage varie avec l'arcane, 394.
- ÉTALAGES**, *Rast*. Partie supérieure de l'ouvrage qui compose le grand foyer, A, 205. — Leur influence sur les effervescences qui ont lieu dans les creusets des hauts fourneaux. — Leur dimension, 217; — leur forme; — leur inclinaison. — Expérience sur cet objet, 218. Condition qu'il faut remplir, 219. — Expériences à faire, 224. — Construction; — matériaux qu'il faut employer. — Trop inclinés, font engorger le fourneau, 241.
- ÉTAMAGE**, *Verzinnung*. Couvrir d'étain les feuilles de tôle. — Substances employées. — Procédé, C, 288. — Deux sortes. — Terne. — Brillant. — Oter la graisse. — Faire la lisière, 289. — Oter la seconde graisse. — Frotter au clair. — Choix des feuilles — Historique, 290. — Division du travail. — *Mise au tain*. — Composition des bains, 291. — Température. — Matière qui recouvre les bains, 294. — Avivage, 296. — Étamage au brillant, 298. — Ouvrage que l'on peut consulter, 299.
- brillant, *glänzende Verzinnung*. Substances employées, C, 289. — Arcane, — matières qui recouvrent le bain, 292. — Opération, 298. — Règle à observer, 299.
- ternes, *matte Verzinnung*. Substances employées, C, 289.
- ÉTAMEUR**, *Zinner*. Ouvrier qui étame.
- ÉTAMPES**, *Auskaunstämpel*. Matrice pour étamper des reliefs, D, 154. — Pour dégrossir la bijouterie d'acier, 169. — Comment on les multiplie, 170.
- ÉTHIOPS martial**, *Eisenmohr*. Oxyde de fer rouge provenant de la calcination du sulfate de fer. — Comment on l'obtient, C, 179. — Employé pour polir l'acier, 180.
- ÉTRAGE** du fer, *das Strecken des Eisens*. Allongement des barres par la compres-

- sion. — Avec des cylindres, C. 223. — Chauffe. — Travail, 224. — Ouvriers. — Temps employé. — Avantage de cette méthode, 225. — Travail de Cyfahra. — Déchet, 226.
- ÉTIREUR d'aiguille, *Nadelstrecker*; — *ausrecken*; — *ausziehen*. Ouvrier qui termine leur tête et forme la cannelure dans laquelle le trou est percé, D. 191.
- ÉTOFFE, *Stahltheil*, — *Stoff*, — *Theil*. Barre formée de plusieurs aciers reforcés ensemble, — pour les ressorts. — Pourquoi on les préfère, D. 216, — pour les sabres. — Effets de la trempe, 232; — varie avec la grosseur et l'élasticité de l'arme. — Acier employé. — Arrangement et travail, 233. — Distinction du fer et de l'acier qui la composent. — Direction des lames, 235, — pour les faux, 245. — Composition, — Formation des trousses. — Travail, 247.
- de pont, *Pontischer Theil*, — *Pontischstoff*. Acier reforcé, D. 216.
- ÉTOUPE, *Werg*. Filasse employée dans le moulage en terre, B. 265.
- ÉTRANGLION des trompes, *Trichterloch*. — Partie étroite de l'entonnoir, B. 62.
- ÉTUVE, *warme Kammer*. Espace échauffé pour sécher promptement les objets qu'on y place.
- ÉTRILLE (tôle à), *Striegelblech*. Tôle employée pour fabriquer des étrilles, C. 261.
- ÉVENTS, *Luftröhre*. Canaux pratiqués dans la partie supérieure des moules pour faciliter la sortie de l'air, de l'humidité, et des gaz.
- EXPÉRIENCES, *Erfahrung*; — *Versuche*; — *Probe*. Sur la combustion du charbon, B. 9; — sur l'état le plus propre à leur combustion, 17. — De Lampadius sur le traitement des minerais avec de la tourbe, 25. — Leur contradiction, 26. — Leur peu de succès, 27-28. — Sur la fusibilité des terres, 154. — Simple infusible, 155. — Deux à deux, 156; — trois à trois, 157; — quatre à quatre, 158. — Elles sont insuffisantes, — avec de l'oxide de fer, 159; — avec de l'oxide de manganèse, 161. — Résultats, 163. — Conclusion, 169. — Sur l'affinage à la houille par MM. Rosiers et Houry, — Mushet, C. 76, — Sabathier, — Lampadius, 79, — Henri Cost, — Guillaume Parnell, — Sabathier, et Dufaud, 96.
- EXPIRATION des soufflets, *Ausblasen der Luft*. Leur mouvement pour faire sortir l'air qu'ils contiennent. — Comment elle se fait, B. 64.
- EXPLICATION de la trempe, *Erklärung des Härtens*. Détails des effets qui ont lieu dans cette opération, D. 131-132.
- EXPLOITER, *Bauen*; — *abbauen*; — *ausbauen*. Faire valoir une mine, en extraire les substances qu'elle renferme.
- EXTENSION, *Ausdehnung*. Allongement; — de la fonte, — du fer, — de l'acier par la chaleur, A. 46.
- EXTINCTION, *Auslöschung*. Refroidissement prompt, — dans l'eau, des minerais grillés. — Avantage de cette opération, A. 161. — Opinion d'Hermann, 162.

F.

- FABRICATION, Fabriciren.** — *Verfertigung*. Problème que l'on doit se proposer, D. 185.
 — Deux manières de le résoudre. — Usage des machines. — Division du travail, 186. — Dans quelles circonstances on doit employer l'une ou l'autre, 208–209.
 — d'aiguilles. (voyez Aiguilles.)
 — de bijouterie d'acier. (voyez Bijouterie.)
 — de l'acier, *Verfertigung des Stahls*, — *Stahl fabriciren*. Décrit par Agricola. — Choix des fontes. — Préparation des creusets. — Mise en feu. — Travail, D. 4. — Essai de la loupe. — Forgeage. — Observations, 5. (voyez Affinage, Cémentation.)
 — de faux. (voyez Faux.)
 — de limes. (voyez Limes.)
 — de ressorts. (voyez Ressorts.)
 — de sabres. (voyez Sabres.)
 — de tôle. (voyez Tôle.)
- FACES des fourneaux, Ofen-Seiten.** Leurs dénominations, A. 188.
- FAIX** (donner trop de)..... C'est passer un fil de fer par un trou trop étroit.
- FANTON, Klemme.** Espèce de fer aplati en verge d'environ 10 lignes d'épaisseur et 50 de largeur. — Refendu dans les fenderies. — Difficulté de l'employer dans les tréfileries, C. 311.
- FASSIN.** (voyez Fraisil.)
- FAT, Fat.** Mesure pour charger le minéral, B. 180.
- FAUSSES PAROIS, Rauch-Schacht, — Ofen-Schachtaller.** Partie intérieure des parois, A. 247. — Pierres que l'on y emploie, 256.
- FAUX, Fense.** Instrument tranchant pour faucher. — Leur histoire; — leur usage, D. 244; — leur propriété. — Etoffe employée. — Taillant, 245. — Préparation de l'étoffe. — Composition, 246. — Trousse de Styrie, — de France, — du pays de Berg, — de Suède, — d'Angleterre, 247. — Soudage. — Maquette. — Outils employés, 248. — Travail de Styrie, — de Suède, — d'Angleterre, 249. — Trempe et recuit dans la graisse, — dans l'eau. — Chauffe, 250. — Martelage des taillants. Recuit anglais, 251. — Ouvrage à consulter, 252.
- FAUX TAILLANTS**..... Petites rondelles qui séparent celles des taillants dans un équipage de fonderie, C. 247.
- FAZIN.** (voyez Fraisil.)
- FELDSPATH, Feldspath,** A. 93–120. Gangue de B. 148.
- FENDERIE, Schneidewerck.** Usine et machine à refendre le fer. — Leur histoire, C. 243. — Instrument dont on fait usage, 244. — Chaufferie, 251. — Travail qui y a rapport, 253. — Ouvriers employés. — Profilage. — Etirement, 254. — Fer fendu,

255. — Bottelage. — Travail des machines analogues. — Des clous, 257. — Des fers à cheval, 260.
- FENDILLES de fer. Ouverture, dans le sens de la longueur des barres, qui se forme en les forgeant.
- FENTONS. (voyez Fanton.)
- FENTES de l'acier, *Spalten des Stahls*. Ouvertures plus ou moins grandes qui se forment lorsqu'on le trempe, D. 140-141.
- FERRAILLE, *Alt-Eisen*. Vieux fer, C. 16. D'où elle provient. — Quels arts en font usage. — Ce que l'on en affine, 17. — Époque où elle a été affinée, 18. — Procédés employés, 19. — Choix que l'on doit en faire, 20. — Usine où on l'affine, 18-21. Procédé des environs de Rome, 19; — de Ramus, 21; — du Havre-de-Grace, 22; — de Rotherthil, 23. — Ajoutée dans le travail de l'acier, D. 58. — Usines dans lesquelles on l'emploie, 59-65.
- et fontes mélangées, *Alt-und Roheisen vermischt*. Leur affinage, C. 18-20.
- FER, *Eisen*. Anciennement connu, A. 1-2. Méthode ancienne de l'obtenir, 8. — Ses caractères distinctifs. — Est le plus abondant de tous les métaux, 18. — Le plus difficile à obtenir, 19. — Sa valeur dépend du travail qu'il éprouve, 20. — C'est celui dont les propriétés sont les plus variables. — Ses propriétés physiques. — Couleur. — Cassure. — Densité, 21. — Dureté. — Odeur. — Saveur. — Malléabilité. — Caloricité, 22. — Température de sa fusion, 23. — Échauffement par la compression, 24. — Capacité pour le calorique. — Électricité. — Magnétisme, 25. — *Propriétés chimiques*. — Action sur le carbone, 26. — Le soufre, 27. — Le phosphore, 29. — Les métaux, 30-31-32-33-34. — Pour l'oxygène, 35. — Affinité de son oxide, 38. — Sa précipitation par les alkalis. — Les prussiates et les gallates. — Ses diverses espèces, 39. — Expérience pour déterminer les causes qui les produisent. — Graphite et oxides qu'il contient, 40. — Manière de l'essayer, 68. — Ce que les minerais en contiennent, 90-91-96-101-104-106-108-109-113-114. — Effet produit par le grillage, 156. — Opération qu'il subit, 180. — Avec quel combustible on l'obtient B. 1. — Peut être traité avec du bois; — Du charbon, 2. — Ne peut être affiné avec de la tourbe, 28. — Peut l'être avec la houille, 32. — Devient brisant avec la houille, C. 77. — Sa désoxidation par l'hydrogène, 103. — Expérience, 104. — Sa situation dans les loupes catalanes, 120. — Comment on en obtient davantage, 121. — De combien de manières on l'obtient des minerais, 145. De la fonte des stukofen, Division des méthodes, 148. — Il est malléable, ou non, selon son état. — Pourquoi? 179. — Comment on le rend ductile, 180. — Son action sur les oxides, 241. — Son durcissement, D. 8. — Lequel on doit cémenter. — Tous n'y sont pas propres. — Distinction établie par Réaumur, 10. — Circonstance qu'elle exige, 12. — Moyen proposé par l'auteur. — Quels doivent être convertis en acier, 13. — Manière de les reconnaître, 14. — Exclusion des fers cassants et brisants. — De ceux qui ne conservent pas l'aciération, 15. — Épreuve, 16. — Ils sont plus cimentés sur les faces qu'au

- centre, 33. — Fondu malléable, 82. — Température de la fusion, 84. — Employé pour les grosses limes, 200. (*voyez* Fer ductile.)
- FER à cheval**, *Hufeisen*, avec lesquels on ferre les chevaux. — Obtenu avec des machines. — Préparation des lames. — Achèvement. — Patente obtenue, C. 260.
- à grains, *Körnigtes Eisen*, qui a des grains durs qui empêchent de le limer, de le planer, A. 67. — S'emploie assez généralement, C. 150.
- à grains moyens, *Mittelkörnigtes Eisen*, qui présente des grains moyens dans sa cassure. — Ses qualités pour être cimenté, D. 11.
- aigre, *Sprödes Eisen*, qui est cassant à froid, et brisant à chaud. — Ses propriétés. — Ses composants, A. 67. — Emplois des fontes qui le produisent, B. 298-299 — C. 149. A peu d'usage, 150.
- affiné, *Gefrischtes Eisen*, qui peut être mallée.
- à lames, *Blätterichtes Eisen*, qui est lamelleux dans sa cassure; — à grandes lames; — à petites lames; — à lames et à grains mélangés; — à lames convexes, — pour être cimenté, D. 11 et 12.
- aplati, *Breites Eisen*, qui a passé entre les cylindres des espatards, C. 243.
- argileux, *Thonartiges Eisenerz*. Minerais contenant de la terre argileuse, A. 115.
- arsenical, *Arsenicalisches Eisen*, qui est combiné avec de l'arsenic, A. 84.
- arsenisé, *Arseniches Eisen*, C. 280.
- au crot (mettre le) grillage de la fonte de fer employé dans le Nivernais, C. 70.
- blanc, *Weissblech*. Sa fabrication, C. 278. — Opération que la tôle subit. — Décapage, 279. — Étamage, 288. — Ses qualités. — Travail qu'il subit, 291. — Ses défauts. — Laminage des feuilles étamées, 296. (*voyez* Décapage, Étamage, etc.)
- brisant, *Reissbrüchiges Eisen*, qui se brise en le forgeant. — Sa couleur. — Ses propriétés, A. 66. — Son odeur. — Son magnétisme. — Son usage, 67. — Usage des fontes qui le produisent. — Objets auxquels on doit les employer, B. 299. — Correction de son défaut; C. 149. — Circonstances dans lesquelles on peut l'employer. — Opinions sur les causes qui le produisent, 150. — Minerais qui en donnent constamment, 152. — Les causes ne sont pas toutes connues, 153. — Opinion de Clouet — de Bergmann, 154. — Action de l'arsenic. — Opinion de Gellert, — de Grignon, 155. — Faits qui les contrarient. — Action de Pyrites, 156. — Opinion de Crammer sur l'action du cuivre, — de Jars, — de Vauquelin, — de Bergmann. — Résultat de ces opinions, 157. — Nécessité de faire de nouvelles analyses. — Choix. — Motifs de l'auteur, 158. — Difficulté de déterminer les causes. — Pourquoi, 159. — Recherches synthétiques, 160. — Substances essayées. — Méthode employée. — Tableau des essais, 161. — Quelles substances rendent le fer rouverain. — Discordance entre quelques résultats. — Opinion de Thomson, 163. — Observation de Marcher. — Il faut de nouvelles expériences, 164. — Correction des défauts qui proviennent du travail, 165. — De quelque autre cause, 174. — Les connaissances actuelles sont peu étendues, 177. — Prix proposés par la société d'encourage-

- ment, 178. (*voyez* Correction). — Pourquoi on l'exclut de la cémentation, D. 15.
- FER** calcaire, *Kalkartiges Eisenerz*, minerais à gangue calcaire, A. 116.
- carburé. (*Voyez* Graphite.)
- carré, *Viereckige Eisenstangen*, barres de fer dont la largeur et l'épaisseur sont égales, C. 231.
- cassant, *Kaltbrüchiges Eisen*. — Qui se casse à froid avec facilité. — Ses corrections. Il se forge bien. — Ses usages. — Sa densité. — Sa tache par l'acide nitrique. — Son magnétisme, A. 65. — Usage des fontes qui le produisent, B. 298. — Objets auxquels on ne doit pas l'employer, 299. — Sa correction, C. 149. — Circonstances dans lesquelles on peut l'employer. — Opinion sur les causes qui produisent ce défaut, 150. — On peut le donner à volonté, 151. — Minerais qui en donnent constamment. — Cause de la fragilité. — Sa découverte, 152. — Plusieurs y contribuent, 153. — Recherches synthétiques, 160. — Essais. — Méthode employée. — Tableau des résultats, 161. — Quelles substances rendent le fer cassant. — Discordance entre quelques résultats. — Différence avec ceux de Thomson, 163. — Observation de Marcher. — Il faut de nouvelles expériences, 164. — Corrections des défauts provenant du travail, 165. — Corrections générales, 166. — Prix proposé par la Société d'encouragement, 177. — Les lames ne sont pas toujours un caractère de ce défaut, D. 12. — Pourquoi on les exclut de la cémentation, 15. (*voyez* Corrections.)
- cassant et brisant, *Kalt-und warmbrüchiges Eisen*. Fer qui a le défaut de casser à froid, et de se briser à chaud. — Usage de la fonte qui les produit, B. 300. (*voyez* fer aigre.)
- chromaté, *Chrom-Eisen*. Fer combiné avec l'acide chromique, A. 84.
- cornet. Fer plat de 6 à 8 pouces de large, sur 5 à 7 lignes d'épaisseur.
- coulé, *Gegossenes Eisen*. (*voyez* Fonte.)
- court bandage. Fer plat de 28 à 36 lignes de largeur, sur 5 à 15 d'épaisseur.
- cru. (*voyez* Fonte.)
- de filerie, *Eisenzug*, *Drathzug*. Destiné à être tiré à la filerie, C. 230-233. — Préparation qu'il subit à la forge; — aux cylindres; — aux allemanderies. — Qualité qu'il doit avoir, 310.
- de fenderie, *Eisen-Schneidewerk*. Fer obtenu dans les fenderies, tels que verges, fer aplati, fenton, etc. — Ses divisions; — ses dénominations; — ses qualités, C. 243.
- de fonte, *Gusseisen*. (*voyez* Fonte.)
- de gueuse, *Roheisen*. (*voyez* Fonte.)
- demi-plat, *Halbplattes Eisen*. Fer un peu aplati, et dont la largeur est plus que le double de l'épaisseur, C. 231.
- doux, *Gelindes Eisen*. C'est le plus pur de tous les fers, C. 1.
- ductile, *Dehnbahres Eisen*, — *Geschmeidiges Eisen*, — qui peut se forger, A. 39.

- Son analyse. — Charbon et silice qu'il contient, 41. — Hydrogène dégagé de sa dissolution, 42. — Augmentation de poids par la cémentation, 43. — En quoi il diffère de la fonte et de l'acier, 44. — Sa densité moyenne. — Son extension par la chaleur, 46. — Sa composition, 58. — Graphite et oxygène qu'il contient. — Sa densité. — Sa tenacité, 59. — Expériences sur sa résistance, 60. — Ductile et doux. — Ductile et dur, 62. — Son magnétisme, 63. — Tâche à l'acide, 64. — Effet produit par le grillage, 156.
- FER dur**, *Hartes Eisen*. Ses propriétés. — Taches des acides, A. 64.
- en barres, *Stabeisen*. C. 214.
- en grains, *Gekörntes Eisen*. Retiré des laitiers. — Son affinage, C. 42. (*voyez Affinage*, Osmund.)
- en lames, *Eisenblech*, dont la largeur est plus que double de l'épaisseur, C. 231.
- fendu, *Schneid-Eisen* (*voyez Fer de fenderie*.)
- fibreux, *Fibriges Eisen*, dont la cassure présente des filaments. — Ses qualités pour être cémenté, D. 12. (*voyez Fibres*.)
- fondu, *Gegossenes Eisen*. A. 39. — C. 254. (*voyez Fonte*, — *Fer de fenderie*.)
- forgé, *Geschmiedetes Eisen*. A. 39. — Ses propriétés. — Opération qu'il subit, C. 1. — Travail qu'on lui fait éprouver, 232. — De fenderie, 243; — de tôlerie, 261; — de casserie, 300; — de filerie, 309.
- frisé. (*voyez Frisé*.)
- granulé, *Granulirtes Eisen*, qui a été réduit en grains plus ou moins gros.
- grenu, *Körnliches Eisen*, qui a des grains dans sa cassure, A. 63.
- malléable, *Schmiedbares Eisen*, qui peut s'étendre sous le marteau, C. 149. — Tendre; — dur; — tendre et dur, C. 149.
- marchand, *Eisen zum Handel*, qui est fabriqué pour être vendu, C. 230. — Opération qu'il subit, 231. — Ses dimensions. — Usines dans lesquelles on le travaille, 232.
- maréchal, *Schmide-Eisen*, qui a 12 à 18 lignes de largeur sur 6 à 8 d'épaisseur, C. 231.
- martiné, *Zain-Eisen*. Petit fer obtenu sous les martinets, 230. — Ses divisions. — Ses dimensions, 233.
- mazé, *Mazirtes-Eisen*. Obtenu par le mazéage. — Coulé en galette, C. 69.
- mélangé, *Vermischtes Eisen*, dont la cassure présente du nerf, des grains et des lames, A. 63.
- méplat . . . dont la largeur est égale ou moindre au double de l'épaisseur, C. 231.
- métalloïde, *Metallartiges Eisenerz*, — *metalloïsche Eisen*. Minéral qui a l'aspect du métal. — Comprend deux espèces d'Haüy et de Werner, A. 89. — Tableau de leur analyse, 90. — Contient jusqu'à 0.77 de fer, 91. — Leurs gisements, — leurs caractères; — Leurs propriétés; — leurs magnétismes; — leurs divisions, 92. — Lieux où on les exploite, 120. Augmentent de poids par le grillage, 154.
- métalloïde amorphe, *Umgestaltetes metallartiges Eisenerz*, — *Formeloses metalloï-*

- chess Eisen*. Ses caractères. — On le traite en grand. — Gangues dans lesquelles il se trouve, A. 93.
- FER** métalloïde arénacé, *Sandig metallartiges Eisenerz*, — *Sandiges metalloïsches Eisen*. Pulvérulent comme du sable. — Lieux où il se trouve. — On le nomme Poulette, A. 93.
- métalloïde cristallisé, *Drussiges metalloïsches Eisen*, — *Kristallisirtes metallartiges Eisenerz*. On ne le fond pas ordinairement, A. 92.
- mou, *Weiches Eisen*. Fer doux qui s'étend facilement à chaud et à froid. — Ses propriétés. — Sa résistance. — Tache des acides. — Son oxidation, A. 64.
- natif, *Gediegenes Eisen*. Opinion sur son existence, A. 84.
- nerveux, *Fadenartiges Eisen*. A. 63. (*voyez Nerf.*)
- noir, *Schwarzes Eisenerz*, C. 261. (*voyez Tôle.*)
- oxidé, *Eisenoher*, — *Eisenoxyd*, qui est combiné au maximum avec l'oxigène, A. 84-89. — Minerais (de), 99; — pur. — Ses divisions, 100. (*voyez Oxide de fer.*) — Ajouté à la fonte dans les fineries, C. 95.
- oxidé globuliforme, *Eisenoher*, (*kugelicht*) — *Kuglichter Eisenoher*. Minerais de fer en forme de petite boule, A. 114.
- oxidé mêlé d'oxidule, *Eisenoher mit Magnet*. Leur caractère. — Fondu ordinairement, A. 100. — Leur analyse, 101. — Fers qu'ils contiennent. — Leur division, 102. — Leur gissement. — Lieux où on les trouve, 121. — (*voyez Oxide de fer mêlé d'oxidule.*)
- oxidulé, *Magnet*, qui est combiné au medium avec l'oxigène. (*voyez Fer métalloïde.*)
- phosphaté, *Phosphore gesäuertes Eisen*. Fer combiné avec du phosphore, A. 84.
- plat. Bandes de fer de 15 à 60 lignes de large sur 4 à 8 d'épaisseur, C. 231.
- potassé, *Potaschisches-Eisenerz*. Combiné avec de la potasse. — Qualité qu'il donne au fer, C. 280.
- quartzeux, *Quartziges Eisenerz*. Minerais de fer dans lequel le quartz domine, A. 115.
- rond, *Rondes Eisen*. Fer forgé en tringle ronde, C. 233.
- rouverain. (*voyez Fer brisant.*)
- rouillé, *Rostiges Eisen*, qui est oxidé à la surface. — Est ajouté à la fonte dans les fineries, C. 95.
- spathique, *Spathiger Eisenstein*. Minerais de fer carbonaté, A. 85. — Ne contient pas de chaux, 88-94. — Ses analyses, 96. — Oxidé à différents degrés, 97. — Ses caractères. — Sa densité, 98. — Son gissement. — Dans quels lieux on le trouve, 121. — Diminue de poids et de cohésion par le grillage, 155. — Dégagement du manganèse. — Il faut le griller et l'exposer à l'air, 162. — Gangue qui l'accompagne, B. 148. — Est appelée mine d'acier. — Contient du manganèse, D. 69.
- spathique blanc, *Weisspathiger Eisenstein*. Fer et acide carbonique qu'il contient. A. 97.

- FER** spathique brun, *Brauner spathiger Eisenstein*, A. 97. — Contient peu de manganèse et d'acide carbonique, 99.
- spathique jaune, *Gelber spathiger Eisenstein*. A. 97.
- sulfaté, *Eisenvitriol*. Combinaison d'acide sulfurique et d'oxide de fer. A. 84.
- sulfuré, *Schwefelkies*. Combinaison de soufre et de fer. (*voyez* Pyrites.) A. 84.
- volcanique, *Vulkanisches Eisen*, que l'on trouve dans les produits volcaniques. — Contient du titane, A. 94.
- FÉRARIERS** Bas fourneaux des environs de Rome, C. 19.
- FERMENT**, *Gährungsmittel*. Substances qui font fermenter celles auxquelles on les ajoute. — Levain.
- FERMENTATION**, *Gährung*. Mouvement intérieur qui produit de la chaleur, et forme des composés nouveaux.
- FERREMENTS**, *Eisenwerck*. Outils ou instruments de fer employés dans les hauts fourneaux, *Ofenbeschlag*, A. 244–245. — Leur arrangement dans chaque assise, 246. — Des fourneaux à réverbère, B. 306.
- FERRONNERIE**, *Eisenhütte*. Usines à travailler le fer.
- FERRONNIER**, *Eisenhändler*, qui travaille et qui vend du fer.
- FEU**, *Feuer*. Éteint par la vapeur de l'eau, B. 130. — Brûle moins bien dans les temps humides, 133. — Par sa couleur on juge de la marche d'un haut fourneau, 234. — Comment on éteint celui d'un haut fourneau, 245. — Par sa couleur on juge de l'affinage du fer. C. 49.
- (mise en) *Anlassen des Hoh-Ofens*. (*voyez* Mise en feu.)
- de réverbère, *Reverberirfeuer*. Feu qui se réfléchit dans un fourneau de réverbère.
- de tôlerie, *Blechfeuer*. Feu ou foyer dans lequel on chauffe le fer pour les tôles, ou les tôles elles-mêmes.
- FEUILLARD** Espèce de fer aplati en verge d'environ 12 lignes d'épaisseur et 36 lignes de largeur.
- FEUILLES** de fonte, *Roheisenblätter*. Fonte qu'on lève ou que l'on coule en feuilles. — De Styrie et du Nivernais, B. 210. (*voyez* Blett.)
- FIBRE**, *Faser*. Filament que présente la cassure du fer.
- FIBREUX**, *Faserig*. Fer qui présente des filaments dans sa cassure.
- FIEL** de verre, *Glassgall*. Sel que l'on écume sur les pots de verreries. — Est employé dans les flux, A. 139.
- FIL** de fer, *Eisendraht*. C. 309. — Longueur d'un kilogramme du n° 12, 324. — Gros-seur; — poids; — longueur de différents numéros, 326.
- FILER** le fer C'est l'obliger de passer dans des ouvertures dont il prend la forme et la grosseur.
- FILERIES**, *Drahtzug*. Usines où l'on fabrique le fil de fer. — Fil que l'on obtient. — Ateliers et leur division, C. 309. — Fers que l'on emploie. — Préparation qu'il subit à la forge; — aux cylindres; — à l'allemanderie. — Qualité du fer, 310. — Usage des

- cylindres. — A qui on le doit. — Avantage de cette méthode. — Ouvrage à consulter, 311. — Instruments employés, 312. — Appendice, 323. — Travail, 324. — Tréfilerie, 327.
- FILIÈRES**, *Ziehisen*. Instruments percés de trous à travers lesquels on passe les fils métalliques pour les allonger. — Acier que l'on emploie pour les fabriquer, C. 312; — son analyse; — comment on le fond sur le fer, 314. — Forgeage. — Percement, 315. — Dimensions. — Succession des trous. — Poids. — Nouveau mode de percement, 316.
- FILON**, *Erzgang*. Fente contenant du minéral, A. 91-118.
- FINE-MÉTAL**, *Feines Metall*. Fonte surcarburée refondue dans un bas fourneau. — Refroidi par l'eau, C. 88. — Préparation à la fusion. — Conduite du feu, 93. — Proportion de charbon. — Travail. — État de la fonte, 94. — Substances ajoutées. — Changements proposés. — Cette opération n'est pas appliquée aux fontes carburées obtenues avec du charbon de bois, 95.
- FINERIE**, *Finerie*; — *Frischesse*. Fourneau pour fondre le fine-métal, C. 86. — Leur forme et leur disposition, 92. — Construction. — Préparation à la fonte, 93.
- FIXER**, *Fixiren*. Donner une forme fixe aux ressorts. — Leur donner une courbure qu'ils conservent, C. 224. — Les plis, 225.
- FLAMME**, *Flamme*, bleue au gueulard d'un haut fourneau. — Ce qui la produit. — Aide à juger la marche du fourneau, A. 234-235. — De la tympe; sert également, 235. — Directe, — réfléchie. — Ses effets, 308-310. — Indique le degré d'affinage du fer. — Quand on doit la consulter. — Couleur de celle des charbons, C. 49; — de celle du fer; — de la fonte carburée. — Correctif, — Verte, ce qui la produit, 50.
- FLAMMERON**, *Dampfkohle*. (voyez Fumeron.)
- FLÉAU des soufflets**, *Geblässbalken*. Tringle de bois qui a un mouvement d'oscillation, B. 108-110.
- FLEXIBILITÉ**, *Biagsamkeit*. Propriété des corps de céder aux puissances qui les comprime. — Des ressorts, D. 225.
- FLOSS dur**, *Hartfloss*. Fonte carburée, D. 47. — De Styrie.
- FLUATE de chaux**, *Flusspath*, A. 140. — (Gangue de), B. 148.
- FLUSS OFEN**, *Flussofen*. Fourneau à fondre le minéral de fer, employé en Styrie, A. 9-180. — Leur embrasure, 182. — Formes de leurs cuves, 191. — Leur mise en feu, B. 224. — Travail de chaque jour de la semaine. — Variation dans les fontes produites, 225. — Position de la tuyère dans le travail, 226.
- FLUX**, *Fluss*. Substances employées pour faciliter la fusion des minerais et de la gangue, A. 138. — De Bergmann; — de Borricius; — de Chaptal; — de Crammer; — de Guyton; — de Kirwann; — de Palais; — de Schnac, 139-140. — Comparaison entre les effets qu'ils produisent dans les essais du minéral de fer. — Le meilleur est celui de Bergmann. — Le borax seul, 141. (voyez Fondant.) — Pour

fondre l'acier. — Son usage, D. 85. — De Chalut et de Clouet, 86. — Est-il nécessaire ? — Remplacé par du charbon. — Analogie et différence, 87. — Non employé. — Ceux dont on peut faire usage, 88.

FLEX blanc, *Weisser Fluss*. Sa composition, A. 138.

— cru, *Roher Fluss*. Sa composition, A. 138.

— noir, *Schwarzer Fluss*. Sa composition, A. 138.

FONDAGE, *Schmelzen*. Traitement des minerais dans un haut fourneau. — Quantité de scories nécessaires pour qu'il aille bien, B. 145. — Travail qu'il exige, 197. — Sa durée, 245.

FONDANTS, *Flüsse*. Substances terreuses employées pour faciliter la fusion. — Ajoutés dans les essais, A. 142. — Comment on détermine quelle terre il faut mêler avec les minerais, 145. — Terres ou pierres ajoutées, B. 139. — Division des minerais par rapport aux fondants, 140. — Fondants ajoutés aux mines sèches, 142-144. — Comment on peut se les procurer, 146. — Ceux que l'on emploie généralement. — Castine. — Herbue, 170. — Inconvénients de leurs usages exclusifs. — Avantage des autres fondants, 171. — Mélange des minerais. — Choix, 172. — Dans quelles circonstances les terres doivent être préférées. — Usage des laitiers. — Avantages et inconvénients, 173. — Approvisionnements des fondants pour la fonte, 178. — Mélangé avec les minerais, 186.

FOND d'affinerie, *Frischboden*. Grosse plaque de fonte de fer qui forme le fond des foyers d'affineries.

FONDATION, *Grund-Fundament*, des hauts fourneaux sur un roc; — un terrain argileux; — un terrain meuble, A. 238; — un terrain marécageux, 239. — Pierres. — Mortiers employés. — Canaux pour l'évaporation de l'humidité, 240. — Vide que l'on y laisse, 241. — Des ordons, C. 193.

FONDEUR, *Schmelzer*. Maître. — Aide. (*voyez* Maître fondeur, — Aide fondeur.) B. 177-202-205.

— à la poche Ouvrier ambulant qui refond de vieilles fontes, et dont toute la boutique est portée par un cheval.

FONDERIE, *Eisengieser*. — Usine pour refondre le fer cru. — Elle doivent être établies dans les grandes villes, B. 301.

FONDRE, *Schmelzen*. Liquéfier des substances.

— à la poche Fondre dans un petit fourneau à poche.

FONDU (fer), *Gusseisen*. (*voyez* Fer fondu.)

— (acier), *Gussstahl*. (*voyez* Acier fondu.)

FORTE, *Roheisen*, A. 39. — En quoi elle diffère du fer et de l'acier, 39-44. — Graphite qu'elle contient, 40. — Silice, 41. — Hydrogène dégagé de sa dissolution, 42. — Oxygène qu'elle contient; — prouvé par la cémentation, 43. — Densité moyenne. — Extension par la chaleur. — Propriétés générales, 46. — Densité des différentes fontes, 47. — Résistance, 48. — Substances qu'elles contiennent, 49. — Analyses

qui en ont été faites, 50-51. — Leur usage, 57. — Moins résistantes que le fer, 60. — Brutes et moulées. — Travail, 179. — Quantités pour couler des canons, 226. — Les scories coulent avec, ou séparément, 227. — Obtenue en moins grande quantité avec des charbons frais, B. 19. — Essai pour en obtenir avec de la tourbe, 25-26-27-28. — Obtenue grise avec de la houille, 36. — Combustibles brûlés pour en obtenir cent parties pondérables, 38-39-47. — Est d'autant plus carburée, que la charge met plus de temps à descendre. — Moins bonne l'été que l'hiver, 132. — Effets des laitiers lorsqu'elle passe devant la tuyère, 142-143. — Coulée des premières fontes, 200. — Il faut en laisser dans le creuset, 201. — Grains contenus dans les laitiers de hallage, 208. — Sa séparation, 210. — On ne peut juger sa qualité d'après sa couleur, 211. — Cause de la carburation, 216. — Variation produite par la proportion du minéral, 221; — par l'échauffement des fourneaux, 224. — Changement qui a lieu dans le travail des *Flussofen*, 225. — Comment on obtient des fontes carburées ou oxigénées, 226. — Sa liquidité indique l'état du fourneau, 228. — Nezqu'elle forme au bout de la tuyère, 232. — Couleur des gouttes qui tombent dans le creuset; — elles indiquent l'état du fourneau, 233. — Séparation des fontes lorsque l'on veut mettre hors, 246. — Restée dans le fourneau en l'éteignant, 247. — Moulée, 248. — De fer en marchandise, 277. — Choix; — qualité; — usages, 288. — Cause de la couleur noire, 290. — Densité, 291. — Augmentation de volume en se solidifiant, 292. — Explication des différentes densités, 293. — Les fontes blanches sont plus fusibles que les fontes grises, 294. — Ces dernières sont plus douces; elles blanchissent moins facilement en les refondant, 295. — Leur couleur n'est point un caractère constant, 296. — Caractère général. — Leur bonté varie avec leur usage, 297. — Usage des différentes fontes, 298-299-300. — Préparation qu'elles éprouvent. — Coulée des hauts fourneaux, 300. — En rigole, 301; — à la poche, 302. — Quantité coulée en vingt-quatre heures, 303. — Refonte dans les fourneaux de réverbère, 305. — Oxidation en les refondant, 310. — Charge. — Fusion. — Coulée, 311. — Déchet. — Consommation de combustible, 312. — Avantages des refontes. — Liquéfaction dans de petits fourneaux, 313. — Coulée, 314. — Combustible employé, 315. — Refonte dans des creusets, 316. — Fusion. — Combustible employé, 318. — Comment on les rend ductiles, 319. — Contiennent de l'oxigène. — Expérience qui le prouve, C. 24; — en les chauffant, 32. — Formation des grains, 33. — Elles sont plus fusibles lorsqu'elles sont oxigénées, 35. — Leur affinage, 36 et suiv. — Contiennent plus d'oxigène après avoir été liquéfiées, 38. — Lesquelles sont plus propres à être traitées avec de la houille, 80. — Quelles sont les plus difficiles à affiner, 81. — Substances que l'on y ajoute dans les *fineries*, 95. — Peuvent être traitées au charbon de bois dans un ou deux fourneaux. — On peut l'affiner avec de la houille en une seule opération, 105; — obtenue des *Stuck ofen*, — est solide et liquide, 142. — Son emploi à faire de l'acier et du fer, 143. (voyez Fonte de fer.)

- FONTES blanches, *Weisses Roheisens*.** Elles sont moins résistantes que les grises, — A. 48-49; — moins pesantes, 52. — Leur composition. — La couleur peut être produite par l'oxygène, le manganèse ou le refroidissement. — Peuvent contenir du charbon, 53. — Est cassante, — lamelleuse, — striée. — Sa densité. — Oxygène qu'elle contient. — Sa division, 54. — Son emploi, 58. — On ne peut juger de sa nature lorsqu'elle a été refroidie promptement. — C'est à ce refroidissement, et non au manganèse, que celles de Styrie doivent leur couleur, B. 211. — Dissolution du graphite; — produit une couleur blanche, 290. — Densité. — Action de l'oxygène, 291-292. — Moins dense que les grises, 293. — Plus fusibles, 294. — Leur usage, 298. — Contient du carbone, D. 48. — Celle qui est manganésifère diffère des autres, 72. — Elles sont seules employées à la fabrication de l'acier, 73. — Ne sont pas les seules que l'on obtient avec des minerais manganésifères. — Le caractère donné par Stunkel le jeune, s'applique à un grand nombre, 76.
- blanche argentine, *silberweisses Roheisen*. Ses qualités, A. 55.
 - blanche matte, *erdigweisses Roheisen*. Ses qualités, A. 54.
 - blanche truitée, *halbweisses Roheisen*. Ses qualités, A. 56.
 - blanche vive, *dickgrelles Roheisen*. Ses qualités, A. 54.
 - brute, *Roheisen*, telle qu'elle sort des hauts fourneaux, — sans être moulée, A. 179.
 - carburée, *graphitösiches Roheisen*, qui tient du graphite en dissolution.
 - d'acier, *Stahl-Roheisen*. Substances avec lesquelles on l'obtient, D. 98. — Employée en bijouterie. — Procédé. — Inconvénient, 169.
 - de fer, *Roheisen*. Températion de sa fusion, D. 23. — Différences; — préférences, 46. — Manganésifère. — Opinions. — Faits opposés, 47. — Usines où l'on n'emploie que des fontes grises, 48. — Leur *tissure*. — Action de l'acide. — Conclusion, 49. — Leur division. — Préparation qu'elles éprouvent, 51. — Leur distinction, 58-72. Proportion employée dans l'affinage sur acier, 59. — Liquéfiée dans des creusets. — température nécessaire, 84. — Sa séparation de l'acier, 109.
 - dure, *hartes Roheisen*, sous le marteau à cause du carbure qu'elle contient, B. 225.
 - en grains, *körnigtes Roheisen*, est ordinairement retirée des scories. — Placement sur le foyer d'affinage, C. 37. — Son affinage, 41.
 - en gueuse, *Roheisenganz*. Fonte coulée en gros barreaux triangulaires. — Son placement sur les foyers pour l'affiner, C. 37.
 - en plaques, *Roheisen in Platten*. Qui a été coulée ou levée en plaques. — Son placement sur les fourneaux d'affinage, C. 37.
 - et ferrailles mélangées, *Roh-und Alteisengemenge*, pour les affiner ensemble, C. 18-20. (*voyez Affinage.*)
 - grise, *graues Roheisen*. Elle est plus résistante que les autres, A. 48-49. — Augmente de ténacité en la refondant. — A plus de densité que les oxygénées, 52. — Peut être blanchie par le manganèse ou par le refroidissement, 53. — Sa com-

- position. — Gaz hydrogène huileux qu'elle dégage. — Contient de l'oxygène. — Sa densité; — ses divisions, 54; — ses qualités, 55; — ses usages, 57. — Obtenue avec du charbon de houille, B. 36; — provenant de mines manganésifères, 211. — Cause de sa couleur. — Graphite abandonné, 290. — Direction de sa cassure, 293. — Plus douce que les blanches. — Blanchit plus ou moins facilement, 295. — Son usage, 298. — Est employé dans la fabrication de l'acier, D. 48. — Qualités différentes, 72. — Obtenu des minerais manganésifères, 74-75. — Contiennent plus de manganèse que les blanches, 76. — Sont propres à la fabrication de l'acier, 78.
- Fontes grise claire, *lichtgraues Roheisen*. Ses qualités, A. 56.
- grise noire, *schwarzgraues Roheisen*. Ses qualités, A. 56.
- grise truitée, *halbgraues Roheisen*. Ses qualités, A. 56.
- moulée, *Gusswauren*, qui a été coulée dans des moules, A. 179 — B. 248. — Objet que l'on obtient ordinairement; — que l'on obtenait anciennement, 249; — que l'on peut obtenir aujourd'hui. — Historique, 250. — Objet coulé en Allemagne, — en France. — Travail de Réaumur, 251; — négligé par les Français, — exécuté par les Anglais, 252. — Objets déposés au Conservatoire des Arts. — Coulés à Lyon. — Qui peuvent être obtenus. — Prix proposé, 253. — Valeur comparée des mêmes objets en fer et en fonte. — Avantage pour la fonte, 254. — Encouragement à donner à ce travail, 255. — Objets que Réaumur annonce pouvoir être coulés. — Autres que l'on peut y réunir, 256. — Moules dans lesquels on coule la fonte, 257. — Réparation qu'elle doit éprouver. — Fontes employées, 318.
- refondue..... Quels objets doivent être coulés avec, B. 300. — Cause qui détermine à refondre, 305.
- truitée, *halbgraues Roheisen*, — *halbirtes Roheisen*, dont la cassure présente des taches blanches et noires. — Sa composition. — Sa densité. — Sa division, A. 56. — Cause de sa variation de couleur. — Comment se répartit le graphite. — Son usage, 57.
- truitée blanche, *weissbuntes Roheisen*. Ses qualités, A. 56.
- truitée également, *gestreiftes Roheisen*. Ses qualités, A. 57.
- truitée grise, *graubuntes Roheisen*. Ses qualités, A. 56.
- surcarburée, *übmässig graphitisch Roheisen*, qui contient du carbure en excès; — ont été les premières affinées avec de la houille. — Procédé employé, C. 81. — Réduite en *fine métal*, 94. (voyez Fonte grise.)
- tendre, *weichs Roheisen*, qui est facile à forger. — Elle est ordinairement oxygénée, B. 225.
- Forces, *Kraft*, qui font mouvoir les machines soufflantes, B. 106. — Musculaires. — Ce sont les plus chères. — Dans quelles circonstances on les emploie. — Des hommes, 107. — Quelles machines ils meuvent, 108. — Des chevaux, 109. — Des chiens. — De l'eau, 110. — De la vapeur d'eau, 121, pour soulever les marteaux, C. 198. — Analyse pour la déterminer, 199. — Application, 200.

FORET, *Bohrer*. Instrument de fer avec lequel on fait des trous.

FORGE, *Esse*, — *Schmidehammer*, pour essayer les minerais de fer, A. 134. — Bas fourneau, C. 8. — Leur construction, 10. — Leur forme dans les Pyrénées, 11. — Placement de la tuyère, 12. — Usine ou fourneau, 209. — Dans quelle circonstance il y en a deux, 210-211. — Dans les usines d'affinage d'acier, D. 50. (voyez Fourneau d'affinage, — de chauffage, — d'essai.)

FORGEAGE, *Schmieden*, de l'acier est difficile, A. 70. — Compression. — Des masses de fer pour les allonger ou les élargir; — avec des marteaux. — De la loupe, C. 209. — Formation du renard. — Séparation des lopins. — Formation de la pièce. — Opinion sur le forgeage, 210. — Chauffe des pièces. — Température, 211. — Opération. — De l'encrenée, 212. — Son chauffage, 213. — Martelage. — Nombre de coups. — Barreaux. — Manœuvre en martelant, 214. — Chauffage dans la renardière; — dans un foyer séparé, 215. — Consommation et produit. — Parer le fer. — Du nerf, 216. — Parer partiellement; — en totalité, 219. — Forgeage aux cylindres, 220. — Comparaison des forgeages aux cylindres et aux marteaux, 226. (voyez Cylindres, — Marteaux, — Comparaison.)

— de l'acier, *Stahl schmieden*. Fourneaux. — Machines. — Instruments employés. — Des loupes d'acier. — De l'acier, D. 107. — De l'acier poule, 115. — De l'acier fondu, 119. — Préparation qu'on lui fait subir, 126. (voyez Cémentation rétrograde.)

— de l'acier de forge, *Rohsthal schmieden*, D.

— de l'acier fondu, *gesmolzenen Stahl schmieden*. — C'est le plus difficile à travailler. — Pourquoi, D. 119. — En quoi il diffère des loupes d'acier, 120. — Causes des différences dans le travail, 121. — Martinets employés. — Température de la chauffe, 122. — Variation dans la forme des lingots fondus. — Des panes des marteaux. — Précaution en forgeant, 123. — Comment se soude le fer, et les trois différents aciers. — Mauvais effet de l'oxidule, 124. — Correction, 125. — Moyen employé par Perret, — Réaumur, 126; — Mushet, 127. — Avantage des deux dernières méthodes, 128. (voyez Cémentation rétrograde.)

— de l'acier poule, *Schmieden des Cementstahl*, — *Cementir - Stahl schmieden*, D. 115. Son analogie avec celui de l'acier de forge. — Difficulté qu'il présente. — Température qu'il doit avoir, 116. — Martinets employés. — Conditions pour bien forger. — Précaution en chauffant. — Produit de l'acier. — Analogie avec l'acier d'Allemagne, 117. — Comparaison avec celui que l'on fabrique en Angleterre, 118. — A plusieurs marques. — Superfin, 119.

— du fer (voyez Forgeage.)

— des loupes d'acier, *Stahluppen schmieden*, D. 107. En quoi il diffère de celui du fer. — Division des loupes, 108. — Etirage des lopins. — Séparation de l'acier, 109. — Actions des laitiers en chauffant. — Raffinage et séparation des aciers, 110. — Avantage qui en résulte, 115. (voyez Affinage.)

— des loupes de fer, *Eisenluppe schmieden*. (voyez Forgeage.)

- FORGER**, *schmieden*. Comprimer le fer avec des marteaux ou des cylindres, A. 180 — C. 2.
- FORGERONS**, *Eisenschmieder*. Ouvriers qui forgent le fer. — Outils qui leur sont nécessaires, C. 205. (*voyez* Outils.)
- FORGEURS**. (*voyez* Forgerons.)
- FORGIS**..... Tringle de fer, étirée pour les tréfileries. — Leur travail aux marteaux, C. 238; — aux cylindres, 239. — Martinets que l'on emploie, 312. — Préparation des bouts, 327.
- FOSSE**, *Vertiefung*. Trou creusé près des fourneaux pour placer les moules, B. 268.
- FOURCHES** d'affinerie, *Frischgabel*, fixées sur le bord du fourneau pour décrasser les ringards, C. 15.
- FOURCHETTES**..... Bandes de fer servant à empêcher le fer fendu de s'enrouler autour des rondelles, des taillants des découpoirs, C. 247.
- FOURCON**, *Feuerschauffel*. Instrument pour pousser les charbons sur les chaufferies, C. 15. — Instrument dont se servent les fondeurs à la poche pour déboucher le trou des laitiers de leur fourneau portatif.
- FOURGONNER**, *Schüren*. Remuer le charbon embrasé.
- FOUR**. (*voyez* Fourneau.)
- FOURNEAUX**, *Ofen*. Massif qui contient un vide dans lequel on brûle du combustible.
- à affiner le fer, *Frischofen*. Leur division. (*voyez* Moyens fourneaux, — Bas • fourneaux, — Fourneaux de réverbère.)
- à chauffer l'acier, *Ofen zum Stahl wärmen*, D. 107.
- à fondre l'acier, *Ofen zum Stahl schmelzen*, de Lavoisier, D. 84; — de Clouet, 93; — des Anglais. — Leur analogie avec ceux des verreries, 94—95.
- à fondre le fer, *Ofen zum Eisen schmelzen*; employés du temps d'Agricola, A. 9, — en Styrie, — en Angleterre, 11. — Cause de l'augmentation de leur hauteur, C. 133. — Pour traiter les minéraux avec du bois, 134—135. — Leur division. — Leur histoire.
- à griller les blettes, *Ofen zum Rösten den Blätter*, employé en Styrie, C. 54.
- à manche, *Krummer Ofen*. Leur forme. — Leur construction. — Fusion du fer, B. 313. — Leur coulée. — De Réaumur. — Leur avantage, 314. — Leurs dimensions. — Combustibles qu'ils emploient, 315—316.
- à masse, *Stuck-Ofen*. (*voyez* Stuck-Ofen.)
- à poche..... Petit fourneau dont se servent les fondeurs ambulants. (*voyez* Fourneaux à manche.)
- à platiner, *Blechofen*. (*voyez* Fourneaux de tôlerie.)
- à recuire le fil de fer..... C. 321.
- à rougir les bandes..... C. 253.
- à tremper en paquet..... D. 149.
- à vent, *Windofen*, B. 317; de Lavoisier, — de Guyton, A. 136.

FOURNEAUX bas, *niedriger Ofen*. (voyez Bas fourneau.)

- bleu, *Blau-Ofen*. Moyen fourneau dont la cuve est formée de deux pyramides opposées base à base.
- corse, *corsischer Ofen*. Leurs dimensions. — Leur bassin. — Leur tuyère, C. 110.
- catalan, *catalanischer Ofen*. Leur rapport avec les affineries. — Leurs formes. — Leurs proportions, C. 116.
- de cémentation, *Cementir-Ofen*. Leur forme. — Caisses qu'ils contiennent. — Arceaux qui soutiennent les caisses, D. 27. — Cheminées. — Chauffées à bois, — à houille, 28; — à charbon de bois. — Ouverture des creusets. — Fer cémenté, 29. — Fourneau de Réaumur, — de Scheffield, — de Newcastle, 30; — de Duhamel, père; — à charbon de bois. — Ouverture des éprouvettes, 31.
- de fonderie, *Schmelzofen*. (voyez Fourneau de fusion.)
- de forge, *Frischofen*. (voyez Fourneau à affiner le fer.)
- de fusion, *Schmelzofen, Flussofen*. (voyez Flussofen.)
- de grillage, *Röstofen*, dans lesquels on grille les minerais, — à l'air libre, A. 163. — dans une aire fermée, — prismatique. — Ouverture pour l'air, 165; — pyramidale; — brûlant du bois, — de la houille. — Porte. — Banquette, 166. — Leur proportion, 167.
- de réverbère, *Reverberirofen*, dans lequel la flamme circule librement, et se réfléchit sur les parois, A. 167. — Leur foyer. — Leur sole. — Leur cheminée. — Leur dimension. — Combustible qu'ils emploient. — Employé au grillage des minerais; — à plusieurs étages, 168. — On y emploie de la houille crue, B. 32; — de M. le comte de Sternberg, 37; — pour fondre les minerais de fer, 38. — Leur histoire, 305. — Forme extérieure. — Ferrement. — Division de l'intérieur, 306. — Variation dans la forme. — Cheminée, 307. — Effet de la flamme. — Conduit d'air. — Muraillements intérieurs. — Parois, 308. — Dimensions intérieures, — extérieures. — Fourneaux simples, — accolés, 309. — Ouvertures et leur usage. — Echauffement. — Effet de la chaleur et de la flamme, 310. — Chargement. — Fusion. — Coulée. — rigole. — Chaudière pour transporter la fonte, 311. — Déchets des fontes. — Consommation de combustible, 312, — employé pour raffiner le fer. — Leur différence avec ceux qui servent à fondre le fer. — Leur ouverture, C. 14; — employés à affiner de la ferraille, 21. — Leur forme, 86. — Leurs proportions. — Chauffes. — Cheminées. — Bassin. — Registres. — Portes. — Ouvertures, 88; — pour le mazéage, — l'affinage, — le chauffage, 98. — Pour traiter des minerais, 206. — Description, 207. — Combustible consumé, 227. — Employés dans les fenderies, 251; — leurs gueules, 252.
- d'essais, *Probierofen*, de l'Ecole Polytechnique, — de l'Ecole pratique de Moustier, — de la direction des Mines, A. 135.
- de tôlerie, *Blechofen*. Combien de sortes; — à chauffe, — à réverbère, C. 263. Combustible employé, — décrit par Tiemann, — de la manufacture des Bains, 264.

- FOURNEAUX** hauts. (*voyez* Hauts fourneaux.)
 — maquer, *maquerischer Ofen*, à vent, imaginé par Maquer, B. 317.
 — moyens. (*voyez* Moyens fourneaux.)
FOYER, *Feuerheerd*. Espace dans lequel le combustible brûle. — Dans quelle circonstance il y en a deux dans les forges. — Travail que l'on y exécute. — Produit, C. 215.
 — Comparaison entre les produits et les dépenses. — Du traitement de la loupe dans un et deux foyers, 216. — Foyers des martinets, 234.
 — des fourneaux de réverbère, *Reverberirheerd*. — Endroit où l'on place le combustible, A 168. — B. 306.
 — des grands fourneaux. (*voyez* Grands foyers.)
 — supérieur des hauts fourneaux, A. 205. (*voyez* Ventre.)
FRAGILITÉ, *Zerbrechlichkeit*. Facilité que les parties des corps ont à se désunir, à se séparer, — du fer; — se donne à volonté, C. 151. — Cause ordinaire, 152, — que l'acier acquiert par la trempe, D. 129-130-131.
FRAISIL, *Kohlenstübe*, — *Kohlenlösch*. Poussière de charbon employée dans le grillage des minerais, A. 164.
FRASIN. (*voyez* Fraisil.)
FRAYEUX, *Wallblatt*. Pièce de fonte qui sert de point d'appui aux ringards, lorsque les ouvriers les emploient comme leviers.
FRÈNE, *Aeschenbaum*. Poids d'un décimètre cube, B. 3. — Poids d'un mètre cube de charbon, 5.
FRETTE..... Lien de fer soudé que l'on fait entrer dans le bout des arbres des roues et des stocks.
FRIABLE, *malmig*, — *zerreiblich*. Propriété des corps de se briser, de se pulvériser facilement.
FRIMEN-STÄHL, *Frimen-Stahl*. Nom que l'on donne en Styrie à une variété d'acier, D. 111.
FRIÉ (fer)..... C'est un fil de fer dont la superficie est inégale.
FRITES de forge. (*voyez* Scories.)
FROMAGE, *Käse*. Petit cylindre de terre réfractaire pour supporter les creusets dans les fourneaux, A. 133.
FROTTEUSES, *Scheueren*. Femmes qui nétoient les feuilles de fer-blanc, qui enlèvent la graisse, C. 290.
FULIGINEUX, *Russig*, qui est de la nature de la suie.
FUMÉE, *Rauch*. Gaz, vapeurs et fuliginosité provenant de la combustion.
FUMER un fourneau, *einen Ofen abwärmen*. Brûler du bois dans son intérieur pour le sécher.
FUMERON, *Dampfkohle*. Charbon de bois qui n'est pas assez cuit, B. 14. — Leur usage, 191-193.
FUSIBILITÉ, *Schmelzbarkeit*, — *Fusibilität*. Propriété qu'ont les corps de se liquéfier

par l'action du feu. — Des terres. — Quelles proportions fondent bien, A. 142. — Quelles sont celles qu'il faut ajouter au minéral, 142-143. — Celles des minerais augmentent par le grillage, 156. — Des terres qui accompagnent les minerais, B. 148. — Tableau de la fusibilité des gangues, 150. — Conséquences qu'on en tire, 151. — Ce qu'il faut connaître, 152. — Expériences, entreprises. — Comment elles ont été faites, 154. — Les terres sont infusibles seules, 155; — deux à deux, 156. — Leur fusibilité trois à trois, 157; — quatre à quatre, 158. — Action de l'oxide de fer sur les terres simples, 159. — Conclusion de Lampadius, 160. — Nouvelles expériences faites à l'Ecole de Moustier, 161. — Conclusion, 163-164. — Action du manganèse, 166-167-168. — Conclusion, 169. — Comment on reconnaît la fusibilité des minerais, 170. — Les fontes blanches sont plus fusibles que les autres, 294.

FUSION, *Schmelzung*. Liquéfaction d'un corps solide.

— de l'acier, *das Stahl schmelzen*. Sa température, A. 23. — D. 84.

— de la fonte, *das Roheisen schmelzen*. Sa température, A. 23. — D. 84. — Dans les fourneaux à manche, B. 313.

— des creusets des hauts fourneaux, *das Schmelzen des Gestells*. Nuit au travail. — Correction que l'on y apporte. — Mise hors qu'elle nécessite, B. 241.

— des minerais de fer, *das Eisenerz schmelzen*; avec du bois, A. 10; — de la houille, 11. — Essai par la voie sèche, 137. — Agents employés, 138. — Sans addition, 142. — Terres qu'il faut ajouter, 143. — Augmentent par le grillage, 156; — dans des hauts fourneaux, B. 177. — Préparation des fourneaux. — Provision. — Instruments, 178. — Placement de la tuyère, 181. — Théorie de la fusion, 212; — dans les fourneaux de réverbère, 311.

— du fer, *Eisen schmelzen*. Sa température, A. 23. D. 84.

G.

GALLATES, *Gallussauersalz*. — *Galläpfelsäure*. Combinaison de l'acide gallique. — Précipitent les oxides de fer en noir, A. 39.

GAMBIER Espèce de crochet de fer pour recevoir le fer refendu lorsqu'il sort des rondelles des fenderies, C. 255.

GANGUES, *Gangart*. Substances qui accompagnent le minerais dans le filon, A. 119. — Leur fusibilité, B. 148. — Leurs analyses, 150. — Comment on peut les rendre fusibles, 170.

GARDE-FEU, *Feuerwächter*. Ouvriers qui travaillent dans les embrasures du fourneau, A. 187. — Plaque posée le long de la dame pour empêcher le laitier de se porter sur le fraisil.

GARDE-FOURNEAU, *Ofenwächter*. (voyez Aide-fondeur.)

GAZ, *Gas*. Fluide élastique, substance aériforme. — Dégagés pendant la dissolution du

- fer, A. 42. — Sortent des hauts fourneaux. — Refroidissement qu'ils occasionnent, 195.
 — Leur inflammation lors de la mise en feu des hauts fourneaux, B. 194.
 — acide carbonique, *Kohlensäure*, — *Gas*. Proportion dans l'air atmosphérique. — Sa densité, B. 45. — Dans quels fourneaux il s'en forme, 52. — toujours avec des charbons de houille. — La vitesse de l'air influe sur sa production, 53.
 — ammoniac, *Ammoniak-Gas*. Rend le fer cassant, C. 153.
 — azot, *Stickstoff-Gas*. Sa proportion dans l'air atmosphérique. — Sa densité, B. 45.
 — Il se combine avec du carbone, 49.
 — carboné, *Geköhlter Gas*. Désoxident les minerais, B. 214. — Se forment lorsque les gouttes de fonte qui tombent dans le creuset sont dans différents états, 215—216.
 — oxide de carbone, *Oxidirtes Kohlengas*. Formé dans les hauts fourneaux, B. 49. — Dans quels fourneaux il se forme, 52. — La vitesse de l'air influe sur sa production, 53.
 — oxigène, *Lebensluft*. Sa proportion dans l'air atmosphérique. — Sa densité, 45. — Proportion employée pour brûler quatre-vingt-dix parties de charbon, 52. (*voyez Air atmosphérique.*)
- GASON. (*voyez Mine des gasons.*)
- GATEAUX de fonte, *Kuchen*. Morceau de fonte percé de beaucoup de trous. — Levé pour faire l'acier en Tyrol, D. 53.
 — De casserie, *Blanche, Schmiede*. Réunion de plusieurs platines qui doivent être travaillées ensemble, C. 301 — 305.
- GENTILSHOMMES Pièces de fonte posées sur la dame, et le long desquels les laitiers s'écoulent.
- GÉODIQUE, *Geodisch*. Qui est creux intérieurement, A. 110.
- GÉOMÉTRIQUE, *Geometrische Kennzeichen*, A. 83. (*voyez Caractères géométriques.*)
- GERÇURES, *Spalten*, — *Risse*, — *Klins*. Font exclure les fers de la cémentation, D. 10.
- GISSEMENT des minerais, *Vorkommen*, — *Lagerstatt*, — *Lagerung*. Espace dans lequel ils sont. — Des minerais de fer, A. 118. — De fer oxidulé. — Comment ils sont. — Dans quels terrains, 120. — De fer spathique. — Comment ils sont. — Dans quels terrains. — D'oxide de fer mêlé d'oxidule; — d'oxide concrétionné, 121; — d'oxide compacte; — de fer argileux, 123; — d'oxide de fer limoneux; — d'oxide terreux en fragments, 124. — Des houilles, B. 31.
- GÎTE des soufflets, *Untere Kasten eines Gebläses*. Caisse qui reste fixe, B. 74.
- GÎTE. (*voyez Gissement.*)
- GLOBULIFORME (fer) *Kugelicht*, de forme ronde, A. 112.
- GLUTEN, *Leim*. Substance qui lie les parties des pierres ou des minerais. — Des fers oxidés terreux, A. 113.
- GNEISS, *Gneiss*, A. 120—127—253.
- GOSIER partie du soufflet par laquelle le vent passe de la caisse à la buse.
- GOUDRON, *Theer*. Son effet sur les charbons, B. 15.

- GOUJAT** Garçon de forge chargé d'entretenir le charbon sur le foyer, et de l'arroser d'eau.
- GOUTTES** de fonte, *Roheisentropfen*, qui tombent dans le creuset des hauts fourneaux; font juger de leur allure par leur couleur, B. 233.
- GRAINS** (fer à), *Körniges Eisen*, qui contient des grains durs; — qui devient difficile à limer, A. 67.
- de l'acier trempé, *Körner des gehärteten Stahls*. Leur grosseur. — Variation qu'ils éprouvent. — Opinion de Réaumur, D. 130. — Pour les distinguer, 156. — Variations. — Distinctions, 158. — Ordre. — Distance. — Espaces occupés, 159. — Comment ils font reconnaître la bonté des aciers, 160, — juger la dureté, 160-161.
- des fontes, *Körner des Roheisen*. Restés dans les laitiers de hallage. — Leur séparation, B. 208.
- durs de l'acier, *Harte Körner des Stahls*. Points durs disséminés dans l'acier, qui empêchent de le limer commodément. — Substances qui les produisent, D. 150.
- GRAINURE**, *Körnigung*. Grains de la cassure. — Celle des fontes sert à les distinguer, B. 296.
- GRAISSE**, *Fett*. Oter celle des feuilles étamées, C. 289. — Employée pour tremper l'acier, D. 146; — pour tremper les faux. — Sa composition, 250.
- GRANDE MASSE** des hauts fourneaux, *Oberschacht*. Partie supérieure de la cuve. (*voyez* Cheminée supérieure.)
- GRAND FOYER**, *Gestell*. Partie du haut fourneau contenue entre le ventre et le creuset, A. 204. — Sa division, 205. — Dépense des charbons comparée à sa hauteur, 212. — Rapport entre sa hauteur et celle du fourneau, 215. — Effet de sa hauteur et de la largeur du ventre, 216. — Modification qu'il peut éprouver, 217. — Son emplacement, 247.
- GRAND MAÎTRE** des hauts fourneaux, *Obermeister*. Officier supérieur des mines, chargé de l'inspection de tous les travaux du fer en Suède, A. 14.
- GRAND FLOMB** Machine employée pour donner aux ressorts des montres l'épaisseur variable que leur courbure exige, D. 225. — Comment on y passe les ressorts, 226.
- GRANIT**, *Granit*. Pierre primitive composée de cristaux, A. 127-240-253.
- (ordon en) *Granit Hammergerüste*. (*voyez* Ordon.)
- GRANULEUX**, *Körnigt*, qui a des grains.
- GRAPHITE**, *Graphite*. Combinaison de fer et de carbone. — Sa densité, A. 26. — Se combine avec le fer par la fusion, — la cémentation. — Se sépare par la dissolution. — Se forme dans les hauts fourneaux, 27 — Quantité contenue dans la fonte, le fer et l'acier, 41. — Dans la fonte grise, 55. — Sa répartition dans la fonte truitée, 57; — dans le fer, 59; — dans l'acier, 72. — Ses proportions dans l'acier fondu, 73. — Est dissous par le fer, B. 289. — Sa précipitation. — Explication de la couleur des

- fontes, 290. — Influe sur la densité des fontes, 291. Son mouvement dans la fonte D. 132.
- GRANAT**, *Granat*. Compacte, B. 150.
- GRÈS**, *Sandstein*. A. 127—253.
- GREILLADE**, *Staubarz*. Poussière de minerais grillé, C. 117. — Son usage, 119. — Ses effets, 120. — Fait obtenir plus ou moins de fer, 122. — Est mise en moins grande quantité pour obtenir de l'acier, D. 101.
- GRIFFE**, ou **GRILLE** Crochets de fer suspendus au crochet de la romaine pour supporter les barres de fer et les gueuses de fonte.
- GRILLAGE**, *Röstung*. Action du feu, sur des minerais, pour vaporiser l'eau et d'autres substances.
- des blettes, *Bletröstung*. Préparation qu'elles subissent avant d'être affinées. — Fourneau employé. — Arrangement, C. 54. — Effets qui ont lieu, 55. — Des plaques, 56. — Combustible employé. — Comparaison entre les deux grillages, 69. — Il améliore le fer, 173.
- des minerais, *Erzröstung*. Pour les essayer. — Comment on grille. — Substance vaporisée, A. 137—159. — Pour les distinguer après le lavage, 149. — Pour les préparer à la fusion. — Quels minerais on grille, 153. — Pourquoi on ne grille pas dans toutes les usines. — Effet du grillage sur les oxidules, 154; — sur les fers spathiques; — les oxides mamelonnés, 155; — les oxides compactes et terreux; — le fer doux. — Désagrégation qu'il produit; 156. — Facile réduction des minerais. — Fusibilité qu'il procure, 157. — Economie dans le combustible, 160. — Extinction dans l'eau, — avantage qu'elle procure, 161, — facilite le dégagement de la magnésie, — nécessaire aux fers spathiques, 162. — Combustible employé. — Diverses sortes de grillages, — à l'air libre, 163; — dans un air fermé, 165; — sous des hangards; — dans des fourneaux de réverbère, 167; — Degré d'un bon grillage, 169; — déterminé par Jars, — Duhamel, — Diétrich, — Tiemann, 170. — Garney. — Eviter de vitrifier. — Effet d'un grillage trop avancé, 171. — Arrangement des minerais et conduite du feu d'après Garney, 172. — Combustible employé. — Grillage des mines limoneuses d'après Garney, 174. — En Dalécarlie, d'après Swedemborg. — Des minerais en petits fragments, 175; — avec du bois, B. 1; — Dans la méthode corse, C. 110—111. — S'exécute séparément dans la méthode catalane, 116; — Est employé pour détruire les défauts de quelques fers, 165.
- des minerais à l'air libre, *Röstung im Freyen*. Choix du terrain. — Arrangement des minerais et du combustible; — avec le charbon de bois, A. 163; — avec la houille; — avec le bois. — Mise en feu. — Conduite du feu, 164.
- des minerais dans des fourneaux, *Röstung im Röstofen*, ou dans un air fermé. — Forme des fourneaux, — prismatique, A. 165. — Combustible employé; — pyramidal; — brûlant du bois, — de la houille, 166.
- des minerais dans des fourneaux de réverbère, *Röstung im Reverberirofen*, A. 167.

- GRILLAGE** des minerais sous des hangards, *Röstung unter einer Röstschappe*. Pourquoi, A. 167.
- GRILLAGE** en bois, *Holzgitter*. Pièces de bois emmanchées en forme de grille, — pour les fondations des hauts fourneaux, A. 238. — Comment on les construit, 239; — pour les ordons, — pour placer les enclumes, C. 185.
- GRILLES** (faire les), *Ofen ein Gitter machen*. Disposer des ringards au-dessus du creuset; — des hauts fourneaux pour retenir la charge avant que le premier minéral soit descendu. — Comment on les fait, B. 192.
- de bocard, *Pock-Gitter*. Fixe, — mobile, A. 177.
- GRILLEUR**, *Röster*. Ouvrier qui grille les minerais, A. 150.
- GRILLOT** Enfoncements multipliés et grenus que l'on aperçoit à la surface des fers aigres qui n'ont pas été bien chauffés.
- GRONINGUE** (fourneau de), *Ofen in Gröningen*. Leur usage. — On ne les emploie pas en Roslagie. — La fonte se retire par le gueulard, C. 6.
- GRUE**, *Krahn*. Machine pour soulever des fardeaux, B. 312.
- GRUMILLONS** Groupes de cristaux qui s'échappent des maquettes, qui ont été trop chauffés, lorsqu'on les forge.
- GRUNSTEIN**, *Grünstein*. Roche contenant du feldspath et de l'amphibole, A. 120.
- GUEULARD**, *Gicht*. Ouverture supérieure des hauts fourneaux, A. 189. — Refroidissement qu'il occasionne, 195. — Ses proportions. — A quoi il sert, 221. — Expérience. — Son diamètre et sa hauteur, 225. — Entrée de l'air par son ouverture lors de la mise en feu, B. 194. — Comment on le bouche, 195. — La flamme qui en sort fait juger de l'allure du fourneau, 234. — On retire la fonte par cette ouverture dans quelques fourneaux, C. 6.
- GUEULE** des fourneaux de réverbère, *Mundgichten Reverberischofen*, C. 252.
- GUEUSAT**, *Gunzlein*. Petite gueuse.
- GUEUSE**, *Eisengunz*. Masse de fonte en prisme triangulaire, B. 206. — Leur moule, 207. — Leur coulée, 209.
- GUHR**, *Guhr*. Substances visqueuse, terreuse et métallique.
- GUISE** Petite plaque de fonte de fer dans laquelle on moule de la fonte dans les aciéries d'Allemagne.
- GYPSE**, *Gyps*. — Son action sur le fer, C. 169.

H.

- HACHE**, *Hacke*. — *Axt*. — *Beil*. Instrument tranchant, qui a un manche, — pour couper les stucks, — Pour enlever les pailles de fer, C. 205.
- HACHERON**, *Handbeil*. Petite hache.
- HAIRE** des forges Plaque de fonte de fer qui fait partie de celles qui composent les creusets des foyers de forge.

- HALDE**, *Halde*. Monceaux de déblais retirés des mines, A. 152, B. 143.
- HALLER** les laitiers, *Anholen der Schlacke*, — *Herausziehen der Schlacken*. Les sortir du creuset, les tirer dehors avec un crochet, B. 199 — 206.
- HAMMER-SCHLAG**, par corruption, **HAMECELAGH**, *Hammer Schlag*. Battiture de fer. — Laitier qui se détache du ringard avec lequel on pique la fonte dans les affineries.
- HANCHE** de chaudière ou de niarmite Partie arrondie par laquelle le fond se lie avec le tout
- HAPE** de chaînon Maillon de chaînon.
- HART-FLOSS**, *Hartfloss*. Fonte de fer dure, aciércuse, D. 47.
- HAUTEUR** des fourneaux, *Höhe der Oefen*. Rapport avec leur base, A. 185. — Leur différence ne produit pas de variation dans la dépense des combustibles, 211.
- HAUTS FOURNEAUX**, *Hohe Oefen*. Fourneaux qui ont plus de douze pieds de haut, A. 10. — Bons pour traiter les minerais pauvres, 16. — Il s'y forme du graphite. — Leur histoire. — Par qui inventé, 180. — Destination. — Forme extérieure. — Hauteur. — Proportion du massif, 181. — Embrasures. — Leur nombre, 182 — 187. — Plate-forme. — Bure. — Batailles. — Appentis, 183. — Cheminée extérieure. — Liens de fer. — Anneaux. — Ancre. — Cadre. — Revêtement en bois. — Massif. — Crévasse, 184. — Rapport entre la base et la hauteur, 185. — Les meilleures formes, 186. — Piliers de cœur. — Tympe, 187. — Noms des faces. — Plusieurs piliers de cœur, 188. — Éloignement des magasins. — Couverture. — Chemin de la plate-forme, 189. — Adossements extérieurs. — Cheminées intérieures. — Forme des cuves, 190. — Lieux où elles existent, 192. — Position de la tuyère. — Propagation de la chaleur dans le sens de la hauteur, 193, — relativement aux largeurs, 196. — Ligne de plus haute température. — Les meilleures cuves sont circulaires, 199. — Répartition de la chaleur dans les cuves de différentes formes, 200 — 201 — 202 — 203 — 204. — Recherches et discussion sur les meilleures proportions, 204 — 205. — Comparaison des fourneaux de Styrie et de Carinthie qui ont des hauteurs différentes, 206 — 207. — Tableau de la consommation et des produits de 25 hauts fourneaux, 208; — des bénédictins de Rettelstein, 209. — Rapports entre les hauteurs et la consommation, 209. — Tableau des produits de seize fourneaux, 210. — Conclusion, 211. — Comparaison entre les consommations et les hauteurs de foyers, — la forme des ventres. — le nombre des tuyères, 212, — la richesse des minerais. — Conclusions, 213. — On ne peut déterminer les bonnes proportions que par tâtonnement. — Mode employé en Suède, 214. — Expérience à faire. — Hauteur des grands foyers. — Largeur des ventres, — comparés à la hauteur totale, 215. — Effet des hauteurs et des largeurs, 216. Modification qu'elles peuvent subir. — Proportion de l'ouvrage; — des étalages, 217. — Inclinaison des étalages, 218 — 219. — Proportion des cheminées supérieures, 220; — du gueulard. — Dans quel cas il faut changer les formes et les proportions des fourneaux, 221. — Altérations observées lors de la *mise hors*. — Changement de forme des cuves par les Suédois, 222. — On ne doit pas adopter

généralement leurs formes, 223. — La forme des cuves doit être une surface de révolution. — Expériences sur les meilleures proportions; — sur les hauteurs, 223; — sur les étalages, 224; — sur le gueulard, — la longueur des ventres, — les creusets, 225. — Causes qui concourent à déterminer les meilleures formes, — elles ont une grande latitude, 232. — Construction. — Choix de l'emplacement, 233. — Fond solide, 234. — Adossés contre des hauteurs, 235. — Formes qui en dépendent. 236. — Consomme beaucoup de charbon, 237. — Terres des fondations, 238. — Pression exercée par le massif, 239. — Tracé du massif; — des embrasures; — des piliers de cœur. — Position de l'axe, 242. — Maçonnerie. — Enveloppe. — Parois. — Double muraillement, 243. — Construction à sec; — avec mortier. — Des embrasures. — Des maratres, 244. — Des ferrements, 245. — Cadres de bois. — Pisé, 246. — Parois de la bure; — du creuset, 247; — de l'ouvrage, 248; — des étalages, 249; — Des cuves circulaires et rectangulaires, 251. — Canaux d'aérage dans le double muraillement, 252. — Pierres employées au double muraillement; — aux parois, 253. — Charbons qui leur sont propres, B. 12. — Le charbon frais donne moins de fonte, 19. On peut employer l'un et l'autre. — Le charbon de bois dur est préférable, 22, — grosseur qu'il doit avoir, 22-23. — La tourbe ne peut être employée, 28. — On n'y emploie pas la houille crue, 32. — Leur hauteur relativement au combustible que l'on y emploie, 36. — Charbon de bois qu'ils consomment, 38. — Charbon de houille, 39. — Lequel des deux charbons doit être préféré, 40. — Solution, 41-42. — Fonte coulée en vingt-quatre heures. — Air employé, 47. — Gaz qui se forme, 48-49. — Il y a plus d'air consumé en brûlant de la houille, 50. — Quand il se forme de l'acide carbonique ou de l'oxide carbone, 52. — Tube noir que l'air produit, 56. — Fourneaux engorgés par l'air humide, 131. — Ils vont bien dans les temps secs, mal dans les temps humides. — On les arrête l'été en Suède, 132. — Les trompes font brûler trop de charbon, 134. — On y traite difficilement les mines sèches, 142; — elles engorgent le fourneau, 143, — il faut y ajouter des fondants ou des mines terreuses, 144. — Exemple, 144-145. — Préparation à la fusion, 177. — Provision de charbon; — de minéral; — de fondants. — Instruments employés, 178. — Disposition des transports, 179. — Instruments employés dans le bas, 180; dans le haut, 181. — Position de la tuyère, 182. — Effet de ses différentes inclinaisons, 184. — Mélange de minerais et de fondants, 186. — *Mise en feu*, 188. — Visite pour la *mise en feu*. — Sèchement. — Capacité, 189. — Charges qu'ils contiennent, 190. — Travail. — Conduite jusqu'à ce qu'il ait une marche uniforme, 197. — Préparation des creusets, 198. — Travail qu'ils exigent, 199. — Coulée, 201. — Conduite jusqu'à son extinction. — Travail des chargeurs, 202. — Fondeurs, 205. — Théorie de la fusion, 212. — Distribution de la température, 215. — Tableau du temps que les charges mettent à descendre, 218. — Fourneau de Carinthie et de Styrie, 219; — de la Basse-Hongrie; — Russie, 220. — Fluss-ofen. — *Mise en feu*. — Variation de la température. — Fixation, 223. — Variation après la *mise en feu*. — Nature de la fonte pendant

- son échauffement, 224. — Problème à résoudre. — Comment on obtient de la fonte blanche lorsque le fourneau va en fonte grise, 226. — Allure. — Manière de la reconnaître. — Correction, 227. — Signes qui la font juger. — Fonte, 228. — Laitiers, 229. — Tuyère, 231. — Flamme, 234. — Bruissement, 235. — Réunion des cinq indications. — Accidents pendant le fondage, 236. — Fusion des parois. — Correction. — Engorgement intérieur, 237. — Correction. — Descente des charges, 238. — Correction. — Ouverture de la coulée. — Correction, 239. — Gonflement des laitiers. — Correction. — Engorgement des creusets, 240. — Correction, — Fusion du creuset, 241. — Suspension du travail; — pendant quelques heures, 242; — quelques jours, 243. — Reprise du travail. — Mise hors, 244; — dans quelles circonstances; — comment on l'exécute, 245. — Refroidissement du fourneau, 247. — Visite après la mise hors, 248. — Destinés à couler la fonte moulée, 300. — Disposition. — Travail. — Manière de couler; — En rigole, 301. — précautions. — ouverture pratiquée; — A la poche, 302. — Fonte coulée dans vingt-quatre heures. — Intervalle des coulées. — Dimension des creusets, 303. — Fourneaux accolés, 304. — Très-grands fourneaux, 305. — Cause de leur hauteur, C. 133.
- HERBUE**, *Thonfluss*. Terre alumineuse que l'on emploie comme fondant, B. 170.
- HÉMATITE**, *Glaskopf*. (voyez Oxyde de fer concrétionné.)
- HÉMISPÈRE** *Halbkugel*. Moitié d'une sphère, d'une boule; — des modèles de bombe, B. 284.
- HÉPATIQUE**, *Leberartig*, qui a la couleur brune du foie, A. 99.
- HÉTÉROGÈNE**, *Ungleichartig*, dont les parties intégrantes sont dissemblables, D. 153. (voyez Acier.)
- HÊTRE**, *Buchbaum*. Poids d'un décimètre cube, B. 4; — d'un mètre cube de charbon, 4-5-8.
- HOLLISCHE** (machine), *Hollische Maschine*. (voyez Machine à colonne d'eau.)
- HOMME** (moteur de mouvement), *Mensch (als Bewegungsmittel)*. Usage de leurs forces musculaires pour mouvoir les soufflets, B. 107. — Quels soufflets ils meuvent, 108-109.
- HOMOGÈNE**, *Gleichartig*, dont les parties intégrantes sont semblables, D. 153. (voyez Acier.)
- HORDEL**. (voyez Ordon.)
- HORLOGE**, *Uhr, Schlaguhr*. Machine qui sert à mesurer le temps, à marquer les heures. Historique, D. 213. — Composition de leur mouvement, 214.
- HORNBLEIND**, *Hornblend*. Amphibole d'Hauty, A. 93-120.
- HORNIAN**. Grosse masse de fonte impure qui se dépose au fond des fourneaux mal construits, ou se durcit dans leur refroidissement.
- HORNSTEIN**, *Hornstein*. Pierre ou roche de corne.
- HORS**. (voyez Mettre hors.)

- HOUILLE**, *Steinkohlen*. Charbon de terre; — est employé en Angleterre pour traiter les minerais de fer, A. 11; — pour les griller, 163—164. — Ce que c'est. — Ses composants, B. 28. — Ses analyses, 29. — Poids. — Humidité. — Division, 30. — Analyse des trois variétés, sèches, — maigres, — grasses, 31. — N'est pas employé cru dans les hauts fourneaux. — Son charbon est préféré, 32; — employé avec du charbon de bois, 37. — Quantités de charbon qu'elles produisent, 39. — Doit-on l'employer à la place du bois, 40. — Solution, 41—42. — Ne produit, en se brûlant dans les hauts fourneaux, que de l'acide carbonique, 53. — Affinage avec ce combustible, C. 75. — Employé cru, il rend le fer rouverain. — Corrige les fers cassants, 175. — Est employé pour remplacer le flux dans la fonte de l'acier. — Analogie et différence avec les flux terreux, D. 87.
- bacillaire, *stänglichte Steinkohle*, qui a la forme de bâton, de baguette.
 - compacte, *dichte Kohle*, — *Kannelkohle*.
 - feuilletée, *blättrige*.
 - grasse, *fette Kohle*, B. 30. — Ses propriétés; — son gissement; — ses analyses, 31.
 - maigre, *magere Kohle*, qui ne se gonfle pas en brûlant, B. 30. — Ses propriétés; — son gissement; — son analyse, 31.
 - sèche, *Anthracit der Blendkohle*, — *Anthracite*, — *Trockene Kohle*. Antrachite, — qui brûle difficilement. — Ses propriétés; — son gissement, B. 30; — son analyse, 31—32.
 - schisteuse, *Schieferkohle*, qui est feuilletée, qui se sépare par lames, B. 30.
- HUCHE** de bocard, *Pochtrog*. Auge, cuve demi-circulaire qui reçoit le minéral au sortir des bocards, — qui reçoit l'eau pour les roues, C. 187.
- HUILE**, *Oehl*; est employée dans les essais des minerais, A. 142; — sert à tremper l'acier, D. 145.
- HUMIDITÉ**, *Feuchtigkeit*; est nuisible aux hauts fourneaux, A. 234; — diminue leur température; — produit des crevasses, 235; — s'infiltré dans les canaux, 241; — augmente le poids du charbon de bois, B. 7; — le détériore, 8; — augmente le poids et le volume des houilles, 30. — Son influence dans les charbons de houille, 33; — de bois; — diminue la température des hauts fourneaux. — Effet qu'elle produit, 189; — fait engorger les hauts fourneaux, 240—241.
- HURASSE**, *Hammer*, — *Holmbüchse*, — *Hammerbüchse*. Anneaux de fer sur lesquels sont les pivots d'oscillation des manches de marteau, C. 186—192.
- Hus.** (voyez Hurasse.)
- HYDRATE**, *Hydrate*. Combinaison d'eau avec des substances, — de fer. — Expériences de Berthier, — de Daubuisson, A. 103—109. — Des oxides terreux en gros morceaux, 108. — Caractères, 109. — Oxide de fer terreux en fragments agglutinés, 113.
- HYDRAULIQUE**, *Wassermaschine*, — *Hydraulick*. Ce que l'eau fait mouvoir. — Soufflets, B. 69. (voyez Machines soufflantes, — machines à roues mues par l'eau.) — Leur

division, 111. — Comment elles font mouvoir les soufflets de bois, 112-113. (*voyez Roue.*)

HYDROGÈNE, *hydrogener*, — *Wasserstoff*, — *zündbare Luft*. Air qui s'enflamme, et qui forme un des composants de l'eau. — Quantité qui s'en dégage de la dissolution de la fonte, du fer et de l'acier. — Différence, A. 42. — Retirée des fontes grises, 55. — Désoxide le fer. — Son affinité varie avec la température, C. 103.

— carboné, *gekohlte zündbare Luft*. Gaz hydrogène combiné avec du carbone; — formé dans les hauts fourneaux, B. 49.

HYGROMÈTRE, *Hygrometer*. Instrument pour mesurer l'humidité ou la sécheresse de l'air.

I.

INCINÉRATION, *Einäschung*, — *Aeschung*. Action de réduire en cendre.

INCLINAISON, *fallen*, — *Neigung*. Direction, vers le bas, — des tuyères, B. 184.

INCOMBUSTIBLE, *Unbrennbar*, qui ne peut pas brûler.

INFLAMMATION des gaz, *der Gasarten*, — *die Entzündung der Gaze*. Action qui enflamme.

— Le gaz dans la mise en feu d'un haut fourneau. — Dans quelle circonstance elle doit avoir lieu. — Effet produit, B. 194.

— des charbons, *Kohlenezündung*, — *Entzündung der Kohlen*, de bois, B. 10; — de tourbe, 24.

INSPIRATION, *Athemholen*. Action d'aspirer l'air. — Comment elle se fait, B. 67.

INSTRUMENTS, *Werkzeuge*, avec lesquels on mesure la température, A. 196-197; — nécessaires à un haut fourneau, B. 178-181; — employés au moulage à découvert, 259; — dans le moulage en terre, 265; — dans le moulage en sable, 277. — D'affinage, C. 14-15; — à comprimer le fer. — Marteau, 183. — Cylindre, 201. — Des martinets, 233-235-236. — Des tôleries, 263. — Des casseries, 301-302. — Des fileries, 312-317-318-319-320-321-323-324. — De cémentation, D. 32. — Pour fabriquer l'acier de forge, 49-50.

J.

JADE, *Jade*. Pierre verte dure et d'un aspect onctueux, A. 120.

JAMBE d'ordon, *Bein im Hammergerüste*. Pièce de bois qui supporte les boîtes de fer dans lesquelles sont placés les tourillons des hurasses; — en fer, C. 193; — en fonte, 196.

— obliques, *Schrägepfeiler*. Pièces de bois qui soutiennent les principaux piliers des ordons à drôme, C. 192.

JAPONAIS (affinage), *japanisch frischen*, pour obtenir de l'acier, D. 2. — Examen, 6. (*voyez Affinage.*)

JASPE, *Jaspis*. Pierre dure, quartzreuse et non-transparente, A. 93; — gangue de. B. 148.

- JAUGE**, *Zirkel zu machen*. Compas d'épaisseur, ou morceau de fer plié en zig-zag pour mesurer la grosseur des fils de fer.
- JAYET**, *Gagath*. Bitume noir et compacte, assez dur pour être travaillé et poli, B. 30.
- JET** d'air, *Luftstrahl*, — *Luftguss*. Des soufflets, — continu, — discontinu, B. 68.
- de fonte, *Roheisenguss*. Métal qui remplit le canal par lequel on introduit la fonte dans le moule. — Des moules de marmites, B. 270. — Des moules de statues, 273.
- JOYÈRES**, *Seitenwände*, — *Wasserbehälter*. Murs qui terminent le bas d'une usine du côté de l'épaulement.
- JUMELLES** de bocard, *Pochsäulen*. Pièces de charpente qui s'élèvent perpendiculairement, et qui sont séparées par un intervalle entre deux lignes parallèles.

K.

- KALBRECHT**, *Kalbrüchig*. Fer cassant, C. 166.
- KOCQ**, *Kocq*. Mesure pour charger le charbon, B. 180.
- KORB**, *Korb*. Mesure pour charger le charbon, B. 180.
- KAMMENSKOÏ**, C. 131. (*voyez Affinage pour fer.*)
- KERNSTAHL**, *Kernstahl*. Acier mou; — Acier commun, D. 111.
- KONITOUN**, C. 140. (*voyez Affinage pour fer.*)
- KUPFERNICKEL**, *Kupfernickel*. Sorte de minéral d'un jaune rougeâtre tirant sur celui du cuivre. — Rend le fer brisant et cassant, C. 163.

L.

- LACHEFER**, *Stech Eisen*, — *Stickeisen*, — *Laufcassespett*. Ringard pointu avec lequel on perce le bouchage du fourneau.
- LAIT** (petit), *Molken*. Est employé dans le décapage, C. 285.
- LAITIERS**, *Schlacke*. Verres terreux qui se forment dans les hauts fourneaux; — entrent dans la composition des fontes, A. 49; — se trouvent quelquefois dans l'acier, 72.
- Opinions des métallurgistes, B. 139; — de l'auteur, 140. — Proportion nécessaire à un bon fondage. — Comment on peut la déterminer, 146. — Leur usage dans les hauts fourneaux. — Avantages et inconvénients. — Distinction, 173. — Fusibilité, — Analyse, 174. — Tableau de leurs composants, 175. — Conclusions déduites des analyses, 176. — Travail qu'ils exigent au commencement de la fonte. — Hallage, 199. — Laitiers de hallage. — Grains de fonte qu'ils retiennent, 208. — Leur séparation des blettes, 210. — Ils indiquent la marche du fourneau, 229. — Leur état le plus favorable. — Comment on l'observe. — Indication d'augmentation de minerais, 230; — de diminution. — Que le fourneau va bien, 231. — Nez formé au bout de la tuyère, 232. — Comment on le détruit, 233. — Leur gonflement devient préjudi-

- ciable. — Causes. — Correction, 240. — Ils enlèvent le manganèse dans les fontes, D. 76. — Son action en chauffant les barres d'acier, 110. (*voyez Scories.*)
- LAMES (fer en), *Eisenschienen*, — *Eisenplatten*, dont la largeur est plus que double de l'épaisseur, C. 231.
- de fenderie. qui a été obtenue dans les fenderies, C. 243.
- des ressorts, *platte Federn*, — *Federschienen*. Leur formation. — Leur étirement à chaud, — à froid, D. 216. — Malléation, — mise d'épaisseur. — Epreuve, 217. — Dressage, 221.
- de sabre, *Säbelblätter*, — *Platte Säbel*. Leur travail, D. 238.
- LAMELLAIRE, *blättrig*, A. 110. (*voyez Oxides terreux.*)
- LAMINAGE, *Walzen (das)*. Compression et extension sous des cylindres. — Du fer-blanc, C. 296.
- LAMINOIR, *Walzwerck*. — Réunion de deux cylindres pour comprimer et étendre. — Employé pour fabriquer la tôle. — Dimensions. — Châssis. — Empoise. — Rapprochement des cylindres. — Suspension, C. 266. — Rapprochement par des coins. — roues dentées, 267. — Vis sans fin, 268, — pour dégrossir la bijouterie d'acier, D. 169.
- LANGUETTE, *Zungen*. Fer aplati et doublé pour la fabrication de la tôle, C. 269.
- LANTERNE, *Triebrod*. Roue d'engrenage avec des fuseaux, — des bocards, A. 178.
- (soufflets à), *Gerüste der Blasmuschienen*; formés de deux plans circulaires réunis par des cuirs et séparés par des cercles de bois; le plan supérieur se rapproche et s'écarte du plan inférieur par un mouvement d'articulation semblable à celui des lanternes.
- LARMES bataviques. Larmes de verre refroidies rapidement, qui se pulvérisent lorsque l'on brise un de leurs bouts. — Explication, D. 132.
- LAVAGE, *Wäsche*, — *das Waschen*, des minerais. — Crible. — Baquets employés, A. 149.
- Pourquoi. — Quelle mine on lave, 150; — simple; — dans des bassins. — Outils employés, — avec des tamis. — Séparation des substances grosses ou fines, 151; — dans des chaudrons. — Egrapoir. — Laverie à gradins, 152. — Patouillet, 153.
- LAVERIE à gradins. Disposition de plusieurs cribles placés les uns au-dessous des autres, A. 152.
- LAVES des fourneaux, *Schlacke*, B. 139. (*voyez Laitiers.*)
- LAVEUR, *Wäscher*; qui lave les minerais,
- LAVOIR, *Waschtrog*, — *Sichertrog*. Endroit où on lave, — machine à laver.
- LÉVIER, *Hebel*. Verge inflexible qui se meut sur un point d'appui, B. 181. — Des bûches de tréfileries, C. 319.
- LIENS de fer, *Bänder*, — *Eisenband*, qui retiennent les massifs des hauts fourneaux, A. 184.
- LIEUX, *Land*, — *Oerter*. Pays, endroits, — où l'on exploite le fer métalloïde, A. 120; —

- le fer oxidé métalloïde, — le fer spathique, — l'oxide de fer concrétionné, 121 ;
— les oxides compactes ; — les oxides argileux, 123 ; — les oxides limoneux ; —
les oxides terreux en fragments, 124.
- LIMAILLE** de fer, *Eisenfeile*. Poudre fort déliée, obtenue avec la lime ; — s'ajoute à la fonte dans les fineries, C. 95.
- de fourneau Graphite qui recouvre la fonte grise en se refroidissant.
- LIMES**, *Feilen*. Instruments d'acier à dents aiguës pour dresser et polir le fer et l'acier. — leur fabrication. — Historique, D. 199. — Division du travail. — *Préparation*. — Substance employée. — Usage du fer, 200. — Avantage et inconvénient. — Division. — Usage des divers aciers, 201. — Ebauchage à la forge. — Dressage à la meule. — Adoucissage, 202. — *Taille*. — Instruments employés. — Placement de la lime sur le banc, 203. — *Taille*. — Explication. — Distance des sillons. — Lois de leur écartement, 204. — Croisement des tailles. — Travail à la main. — Machines, 205. — Tentative. — Description. — Placement de la lime, — des ciseaux et du marteau. — Leurs mouvements, 206. — Exécution des machines. — Différence que présentent les limes taillées des deux manières. — Celles des machines sont moins bonnes. — Pourquoi, 207. — Abandon des machines. — Pourquoi, 208. — Analogie avec les autres travaux. — Dans quelles circonstances les machines doivent être employées, 209. — *Trempe*. — Précaution. — Trempe en paquet, 210. — Méthode ordinaire. — Enveloppe. — Substances employées, 211. — Desséchement. — Chauffe. — Trempe ordinaire. — Empaquetage. — Essai. — Usines où elles se fabriquent, 212. — Limes de Raoul, 213.
- LINTEROL**, *vordere Seite*. Le devant des creusets d'affineries, C. 10.
- LIQUATION**, *Seigerung*. Fusion séparée de l'une des substances dont un composé est formé, C. 35. — Moyen employé pour affiner les *stuck*, 36. — Des masses de *stuckofen* pour obtenir de l'acier, 143. — L'affinage des *stuck* en est une, D. 105. Il se dit aussi du traitement des minerais par les méthodes corse et catalane.
- LIQUÉFACTION**, *Zerschmelzung*. Fusion des fontes ; — les rendre liquides par le feu.
- LISIÈRE** du fer-blanc. *weisser Saum*. Bande blanche qui se forme sur l'un des bords des feuilles. — Première, C. 289. — Seconde, 290.
- LIT** de la gueuse, *Masselgraben*.
- LITEAUX**, *Latten*. Tringles ou pièces de bois horizontales qui en retiennent d'autres. — De bocards, A. 177. — Des soufflets, — droits, — courbes, B. 72.
- LOIS** de refroidissement, *Erkaltungsgesetz*, du fer, A. 22-23.
- LONGUEUR**, *Länge*, — *Weite*. Invariable par la chaleur. — Leur construction, A. 23. — Augmentation (de) par la chaleur. (*voyez* Extension.)
- LOPIN**, *Lupplein*. Petite loupe, ou division des loupes. — Leurs séparations, C. 210 ; — d'acier. — Leur étirage, D. 109.
- LONGRINE** de fonte de fer, *Roheisenlage*. Gueuses ou barres de fonte dont on se sert pour soutenir les maratres des fourneaux.

LOTIR le minéral, *Vermischung der Erze*. En prendre des portions dans différentes parties du tas pour avoir une qualité moyenne, A. 132.

LOUP de fourneau, *Ofenbruch*. Masse de fonte qui s'y rassemble et s'y durcit.

LOUPE, *Luppe*. Masse de fonte affinée qui se coagule dans les fourneaux d'affinerie. — D'où vient ce mot, C. 41. — Sa formation dans les fourneaux de réverbère, 84. — Chauffage, 90. — Sa sortie. — Son cinglage. — Sa division, C. 210. — Formation de la pièce, 212. — Travail de la loupe sous les cylindres, 220. — *D'acier*. — Répartition et situation du fer et de l'acier, D. 67. — Différentes dans les stuck. — Pourquoi. — Leur division, 108; — dans les fourneaux, — sous le marteau, 109. — En quoi elles diffèrent des saumons d'acier fondu, 120. — Elles se chauffent plus longtemps; — se refroidissent lentement. — Ses particules ont plus d'adhésion; — se forgent mieux, 121.

LUNE..... On désigne ainsi la couleur que doit avoir le feu du fourneau de fonte.

LUNETTES de soufflets, *Brille*, — *Oeffnungen*. Doubles vantaux avec leurs ventillons, où les soufflets aspirent l'air.

M.

MACÉRATION, *Macération*, — *Einweichung*. Fonte restée en bain liquide pendant quelque temps. — Des plaques, C. 56–58.

MACÉRER, *Maceriren*. Liquéfier de la fonte, et la laisser purifier par le repos de masse.

MACHINE, *Maschine*, pour dégrossir l'acier, D. 170. — Quand elles doivent être préférées à la division du travail, 186–187. — Pour tailler les limes, 205–206. — Avantages et inconvénients, 207. — Ont été abandonnées, 208.

— à colonne d'eau, *Wassersäulenmaschine*, B. 111. Machine mise en mouvement par une colonne d'eau qui tombe d'une très-grande hauteur, 119. — Appliquée aux machines soufflantes. — Leur description, 120. — Application aux soufflets de bois, 121.

— à comprimer, *Druckmaschine*, la tôle. — Marteaux. — Laminoirs, C. 265.

— à mouvoir..... les cisailles, C. 268; — les tenailles et les bobines dans les tréfileries, 318–319.

— à roue hydraulique, *Wasserkunst*, — *Kunstgezeug*, dont la roue principale est mue par l'eau. — Leur division, B. 111. — Appliquée au mouvement des soufflets, 112; — des pistons, 115; — des marteaux, C. 187. (*voyez Roues hydrauliques.*)

— à vapeur, *Feuermaschine*, qui est mise en mouvement par la vapeur de l'eau. — Leur description, B. 121. — Mouvement qu'elles produisent. — Leur application aux machines soufflantes, 122. — Moyen préférable, 123. — Machine à simple effet; — à double effet. — Changement de mouvement, 124. — Manière de faire mouvoir les pistons des machines soufflantes, 125. — Appliquée au mouvement des marteaux, C. 197. — Des cylindres, 203.

- MACHINES soufflantes**, *Blaswerke* — *Blasbälge*, A. 188. — Leurs couvertures, 188-189. — Peuvent être mues par des animaux, 234. — Leur division. — Dans lesquelles l'air est introduit avec l'eau. — Leur séparation, B. 57. — Trompes, 58 et suiv. — Dans lesquelles l'air est introduit par une diminution dans la pression. — Des soupapes. — Des buses. — Inspiration et expiration, 64. — A parois flexibles. — Soufflets, 65. — A parois inflexibles, 68. — Mus dans l'eau. — Description. — Ancienneté. — Usage, 69. — Hydraulique de Triewald. — Johne Laurie, 70. — Baader. — Inconvénients. — Amélioration, 71. — A frottement. — Description, 72. — Soufflets de bois. — Leur histoire, 73. — Description, 74. — Quantité d'air qu'ils fournissent. — Prismatique, 75. — Cylindrique. — Description, 76. — Quantité d'air produit par celle de Marche-sur-Meuse; — de Clouet; — de Guérigny; — Dépenses et produits comparés aux soufflets de bois, 77. — En marbre, 78. — Quantité d'air qu'elles lancent. — Sa détermination par le mouvement du volant ou du piston, 85. — Par les soufflets de bois, d'après Bouchu, 86; — d'après Grignon, 88. — Des prismes quadrangulaires de Guérigny, 87. — Des cylindres du Creuzot, 88. — Différence entre cette détermination et celle donné par l'expérience. — Causes, 88-89. — Quantité déterminée par la vitesse de sa sortie, 91. — D'après sa pression, 95. — Formule donnée par l'analyse, 96. — Application. — Différence avec les résultats obtenus, 98. — Addition à la formule, 99. — Influence de la chaleur; — de l'humidité. — Application aux trompes, 100; — aux régulateurs, 103. — Forces qui les font mouvoir, 106. — Usage des hommes, 107. — Machine qu'ils meuvent, 108. — Des chevaux, 109. — Machine exécutée à Paris. — Usage des chiens, 110. — Roues hydrauliques, 111-112-113-114. — Appliquées aux pistons, 115. — Mues par une pression, 116; — par des machines à colonnes d'eau, 119; — par des machines à vapeur, 121. — Effets comparés, 125. — Machines prismatiques comparées aux soufflets, 126. — aux trompes, 127. — Elles consomment moins d'eau. — L'air est plus sec, 128. — Elles sont préférables, 134. — Comparées avec les caisses à eaux, elles ont plus de frottement et produisent un air plus sec, 134-135. — Elles sont préférables, 136. — Conclusion, 139. — Accidents qui font suspendre leur travail, 242. — De Siam, C. 132.
- soufflantes à parois flexibles, *Blasmaschine mit biegsamen Seiten*, B. 65.
- soufflantes à parois inflexibles, *Blasmaschine mit un biegsamen Seiten*, B. 68.
- soufflantes hydrauliques, *Wasserkunst Blasbälge*, — *Wasserblasmaschinen*. — Leur Description. — Leur mécanisme. — Leur ancienneté. — Leur usage, B. 69. — De Triewald. — De Johne Laurie, 70; — de Baader. — Inconvénient. — Amélioration, 71. — Comparée aux machines cylindriques, 134. — Elles ont moins de frottement. — Lancent un air plus humide, 135. — Sont moins avantageuses, 136.
- hydraulique, *Wasserkunst*. (voyez Machine à roues hydrauliques.)
- MAGASIN à charbon**, *Kohlenschuppen*, — *Kohlenhaus*, — *Vorraths-Kohlenhaus*, doivent être éloignés des hauts fourneaux, A. 189, B. 16.
- MANGANÈSE**, *Braunstein*. Sa combinaison avec le fer, A. 31. — Combiné dans quelques

fontes, 50. — N'est pas combiné dans l'acier. — N'est pas nécessaire à sa formation, 94. — Est dans le fer spathique, 98. — Dans les oxides concrétionnés bruns, 104-105. — Non dans les rouges, 105. — Dans les oxides de fer compacte brun, 107. — Dans les minerais de fer, 130. — Opinion sur son influence dans la fabrication de l'acier. — Faits opposés, D. 47. — Son action dans la fabrication de l'acier. — Minerais qui en contiennent, 69. — Opinion de Gazeran; — de Stunckel le jeune. — Examen. — Les minerais manganésifères sont-ils les seuls employés à la fabrication de l'acier? — Usines où on les emploie, 70. — Réfutation de l'opinion de Gazeran, 71. — Précis de l'opinion de Stunckel, 71-72. — Qualité des fontes, — que les minerais manganésifères donnent de la fonte blanche. — Différences entre les fontes blanches, 72; — que l'on ne peut employer que des fontes blanches à la fabrication de l'acier. — Explication de l'action du manganèse, 73. — Réponses aux assertions de Stunckel. — Distinction des fontes, 74. — On obtient de l'acier avec des fontes grises. — Le manganèse blanchit la fonte. — Il est enlevé par les laitiers et les scories, 75. — Fontes grises qui contiennent plus de manganèse que les blanches. — Ce n'est pas le manganèse qui les blanchit, 76. — Les caractères que donne M. Stunckel s'appliquent à toutes les fontes, 76-77. — Les fontes de minerais magnésifères contiennent du carbone. — Elles s'affinent aussi facilement que les autres, 77. — On fait de l'acier avec des fontes grises, 78. — Le fer privé de manganèse se cimente bien. — On enlève le manganèse par les scories en traitant les fontes, 79. — Conclusion. — Le manganèse n'est pas nécessaire à la fabrication de l'acier. — Action du manganèse sur le sulfate de Baryte. — Il est bon de vérifier le fait, 80. — Conclusion contre l'action du manganèse, 81.

MANGANÈSE oxydé, *Braunsteinerz*; employé dans les expériences de la fusibilité des terres, B. 165. — Il est entraîné dans les scories, 169. — Ne produit pas les fontes blanches de Styrie. — N'empêche pas les fontes de devenir grises, 211.

MANGANÉSÉE (fonte), *Braunsteinhaltiges Roheisen*. Fonte qui contient du manganèse.

MAGNÉSIE (terre de) *Bittererde*. A été trouvée dans le fer spathique par Drappier, A. 95. — Est en moindre proportion dans celui qui a été bruni. — Se dégage en exposant à l'air les minerais grillés, 99-131. — Existe dans les oxides concrétionnés bruns, 104. — Dans les oxides terreux en fragments agglutinés, 112. — Dans plusieurs minerais de fer, 130. — Elle peut tromper sur le traitement des minerais, 131. — Se dégage facilement des minerais de fer après le grillage, 162. — Terre de magnésie, B. 149. — Est infusible seule, 155; — avec une seconde terre, 156; — acquiert de la fusibilité avec une troisième terre, lorsque la silice en fait partie, 157. — Fusible avec les trois autres terres, 158; — avec de l'oxide de fer et des terres, 160. — C'est la moins fusible, 164.

MAGNÉTIQUE. (voyez Pyrites.) A. 85.

MAGNÉTISME, *Magnetismus*, du fer. — Moyen de reconnaître la quantité de fer contenu dans un corps, A. 25. — Du fer doux, 63. — Du fer brisant, 67. — De l'acier, 71. — Du fer métalloïde, 92.

- MAILLES** des tamis, *Fluten*, — *Gewebe der Siebe*, — *Süblöcher*. Comment elles doivent être, A. 151.
- MAILLON** Anneau de fer surmonté d'une tige qui sert à mouvoir les tenailles de tréfilerie, C. 320.
- MAÎTRE** forgeron, *Schmiedemeister*.
 — fondeur, *Schmelzmeister*. Ses fonctions, B. 177-189-202. — Comment on juge son travail, 248.
 — mouleur, *Formmeister*.
- MALADIE** des fourneaux Dérangement qui arrive dans le travail.
- MALLÉABLE**, *Hammerbar*, — *Geschmeidig*, qui peut être forgé, battu à coup de marteau, sans se rompre. (Métaux malléables.) C. 178-179.
- MALLÉABILITÉ**, *Hammerbarkeit*, — *Geschmeidigkeit des Eisens*, — du fer, A. 22. — Faculté d'être malléable, C. 178-179.
- MANIGAux**, *Blasbalg*, — *Brumenschwengel*, — *Blasbalgchwengel*. — Bascule de soufflets.
- MANICORDON**, ou **MANICORDION**, *Manicordon*. Fil de fer très-fin employé dans les clavecins.
- MANIVELLE**, *Hand-Griff*. Bras de levier destiné à mettre en mouvement une machine de rotation. — Pour tordre la paille employée à faire des moules en terre, B. 265.
 — d'une machine hydraulique, *Krummzapfen*. Bras de levier attaché à l'axe de la roue, et qui tourne avec elle.
- MANCHE** (fourneau à), *Krummer Ofen*. (voyez Fourneau à manche.)
 — de marteau, *Faustelhelm*, — *Hammerhelm*. — C. 185. — En fonte, 197. — Qualité de la fonte employée. — Tentatives pour les introduire sur le continent, 198.
- MANCHON** de fonte (ordon à), *Muffisch Hammergerüst*, — *Roheisenmuff*. (voyez Ordon à manchon, C. 194.)
- MANTEAU**, *der Mantel*. Terre qui recouvre les modèles en terre, B. 264. — Substances dont on les fait. — Des marmites, 269. — Des grandes pièces, 271. — Provisoires. — Définitifs, 275.
- MANTONNET** de bocard, *Daumen*. Pièce de bois fixée sur les poteaux des pilons, et qui soulèvent les cammes, A. 177-B. 115.
- MANTURE** Fil de fer qui a été chauffé inégalement, et qui a brûlé en quelques endroits.
- MAQUETTE** Barre de fer forgée par le milieu et par un bout. — Sa préparation. — Son chauffage. — Son martelage. — Sa formation, C. 214. — De casse, (lames de fer), 303. — Séparées par de la poussière de charbon. — Examen qu'elles subissent, 304. — De sabre, D. 238. — De faux, 247-249.
- MARBRE**. (voyez Machine soufflante.) B. 78.
- MARATRES**, *Gewölbe*. Pièce de fonte, — plafond des embrasures. — Barres de fonte qui servent à leur construction, A. 244.
- MARCHANDES** (fontes) Toutes celles qui ne doivent pas être convertis en fer.
- MARCHANDISE** (fonte en), *Roheisenwaare*, Fonte d'objets moulés qui se livrent en grès aux marchands, tels que marmite, etc.

- MARCHER** la terre, *Das Kneten des Lehms*, — *Leimen*. La pétrir avec les pieds, D. 24.
- MARCHOIR**, *Platz zum Leimtreten*. Place disposée pour marcher la terre.
- MARÉCHAL** (fer de), *Marschalisch Eisen*, — *Schmidteisen*. Qualité de fer marchand, C. 231.
- MARMITE**, *Kochtopf*, — *Hafen*. (voyez Moulage.)
- MARSCHAL** (acier), *Martial Stahl*, A. 78, D. 90. (voyez Acier.)
- MARTEAU**, *Hammer*, pour les essais, A. 136; — pour trier les minéraux, 149; — pour les casser, 176; — à cingler et à forger le fer. — Leur forme, C. 183. — Durcissement des pannes, 184. — Pièces qui les composent. — Leur vitesse, 185. — Quantité d'eau pour les mouvoir, 189. — Détermination de la force qui les meut, 198. — Analyse appliquée à leur soulèvement, 199. — Application, 200. — A chapeler, 205. — Marteaux anglais. — Leur forme. — Pourquoi, 215. — A ébaucher, — à platiner, — à parer, 265; — à cuveler, 301.
- à chapeler, *Vorarbeitshammer*, pour dégrossir et unir les pannes, C. 205.
- à cingler, *Eisenhammer*, avec lequel on comprime la loupe pour en former des pièces, C. 183.
- à cuveler, *Tiefhammer*, pour marteler l'intérieur des casses, C. 301.
- à étirer, *Spannhammer*, pour étirer les barres, C. 183.
- à ébaucher la tôle, *Blechhammer*. Leur poids; — leur forme, C. 265.
- à parer, *Plattenhammer*, à finir et à planir les pièces. — Leur poids; — leur forme, C. 265.
- à platiner, *Blechhammer*, à étendre les feuilles de tôle. — Leur poids; — leur forme, C. 265.
- à aboutir, *Treibhammer*, à courber les platines.
- à panne droite, *Seitenschlägel*, dont la partie inférieure est droite et plane.
- à planer, *Deibhammer*, à dresser des feuilles de fer.
- à faire les semelles, *Gleichhammer*, pour forger les semelles des tôles.
- MARTELEUR**, *Hammerschmidt*. Ouvrier qui dirige et conduit le fer sous le marteau; — qui entretient les harnois des soufflets, l'ordon du marteau, les outils de son feu.
- MARTINET**, *Hammer*, — *Hammerhütte*. Petit marteau pour martiner le fer, ou usine dans laquelle on martine le fer, C. 232. — Fer que l'on y travaille. — Instruments employés, 233. — Travail, 236. — Des barres, 237. — Forgis, 238. — Tringles, 239. — Bottelage. — Consommation. — Ouvriers, 242; — pour forger l'acier-poule, D. 117, — l'acier fondu, 122. — Forme des pannes, 123.
- à bras..... que des hommes font mouvoir par le moyen d'une manivelle, d'un balancier et d'une bascule. — Les marteaux pèsent de quatre-vingts à cent liv.
- MARTINER**, *Hammern*. Forger le fer sous des martinets, C. 236.
- MARTINEUR**, *Hammerschmidt*, qui forge le fer sous des martinets, C. 236. — Son travail, 237.
- MASSE** de fer, *Eisenblock*, — *Eisenstück*, — *Eisenmasse*, pour casser les minerais; —

- sur laquelle on casse des minerais, A. 176. — Instrument pour arranger les charbons dans le gueulard, B. 181.
- MASSE** de fonte, *Stuck*, — *Posen-Lupp*, — *Roheisenluppe*, qui se solidifie dans les fourneaux d'affinerie, C. 62. — Sa formation, 63. (voyez Loupe.)
- de minerais, *Stockwerk*. Gissement de minerais en amas, A. 92-118.
- des hauts fourneaux (grande), *Obere Schacht*, — *Kernschacht*, — *Der grosse obere Theil des Hohofenschachts*, — *Kamin*. (voyez Cheminée supérieure.)
- supérieure (petite), *Schacht*, — *Der obere kleine Theil des Schachts*. (voyez Bure.)
- MASSÉ**, *Lupp*, C. 119. (voyez Loupe.)
- MASSEAU**, *Lupplein*, — *kleine Luppe*. Lopin déjà cinglé dans les aciéries de Rives, D. 62.
- MASSELET**, *Lupplein*. Petite loupe ou lopin, C. 114.
- MASSELOTTE**, *Masse der aus Roheisen gegossenen Kanone*. Masse de fonte que l'on coule à l'extrémité des canons, pour qu'elle exerce une pression, et empêche les soufflures, B. 279-323. — Comment on la coupe, 324.
- MASSET**, *Lupp*, C. 139. (voyez Loupe.)
- MASSIF** de haut fourneau, *Masse*, — *Dichtigkeit des Hohenofens*, doit être considérable. — Pourquoi, A. 184. — De fourneau de réverbère, B. 308.
- MATIÈRE** grasse, *fetter Stoff*, — *fettige Materien*. Graisse qui recouvre les bains d'étain. — Leur différence. — Leur action. — Ordre de leur action, C. 294. — Préparations. — Observations. — Améliore l'étamage, 295. — Argile qui lui est substituée, 297.
- MATTE**, *Rohstein*. Sulfure métallique obtenu dans une fonte, B. 139. — La première fonte impure d'un minéral.
- MAZÉAGE**, *Mazung*, — *Frischen*. Affinage de fer pratiqué dans le Nivernais. — Nombre d'opérations, C. 67. — Dimension des mazeriers. — *Première opération*, 68. — Lopins obtenus. — *Deuxième opération*. — Grillage des plaques. — Différence entre ce grillage et celui des blettes en Styrie, 69. — Opinion sur ce grillage. — Choix des lopins. — Effet du grillage, 70. — *Troisième opération*. — Consommation de charbon, 71. — Mazéage à la houille. — Fourneau employé, 98.
- MAZEAU**, *Maz*. Fonte obtenue dans le mazéage, C. 66; — du Tyrol, 68.
- MAZELLE**, *Mazel*. Fonte coulée sur des scories dans l'affinage à la bergamasque, C. 66.
- MAZERIE**, *Gemazt*, — *Mazerhütte*. Usine où l'on maze le fer, C. 67.
- MAZER**, *Mazen*. Liquéfier de la fonte et la couler en plaque. — Opération qui a lieu dans le Nivernais, C. 67.
- MÉCANISME**, *Mechanismus*. Réunion de pièces pour produire un mouvement. — Appliqué au soulèvement des marteaux, C. 198. — Détermination de la force qui les fait mouvoir, 199. — Application, 200. — Des cylindres, 201.
- MÉDAILLES** (fonte de), *Schaumünze*. (voyez Moulage.)

- MÉLANGE** de minerais, *erzische Mischung*, — *Vermischung der Erze*, avec les fondants. — Déterminations des proportions, B. 186. — Essai en petit. — Manière de faire le mélange. — Avantages et inconvénients du mesurage. — Des stratifications, 187. — Dans quelles circonstances chaque méthode doit être employée. — Précaution pour l'une ou pour l'autre, 188.
- MÉLÈSE**, *Lerchenbaum*. Poids d'un décimètre cube de bois, B. 4-7.
- MENTONNET** des soufflets. Pièce de bois sur laquelle les cammes exercent leurs actions pour soulever et comprimer le volant du soufflet.
- MÉPLAT** (fer), *halbflaches Eisen*, — *flaches Eisen*, — *halbstarkes Eisen*, dont la largeur est égale ou moindre au double de l'épaisseur, C. 231.
- MERCURE**, *Quecksilber*. On y trempe l'acier, D. 144.
- MESURE**, *Mass*, — *Maass*. Masse, vaisseau, ou tringle, avec lesquels on détermine le poids, la capacité, le volume ou la longueur des corps. — de longueur, *Längenmaass*, invariable par la chaleur. — Sa construction, A. 22-23. — Densité de l'air, *Elasticitätsmesser*, — *Windmesser*, pour mesurer le ressort de l'air, B. 93. — du vent. (voyez Mesure densité de l'air.)
- MESURER**, *Messen*. Diverses manières de mesurer le charbon et les minerais, B. 203.
- MÉTALLIQUE**, *metallisch*, qui est de métal; — qui concerne le métal. — Minéraux, A. 82.
- MÉTALLOÏDES** (minerais) qui ont l'éclat métallique. (voyez Fer.)
- MÉTALLURGISTES**, *Metalkundiger*, — *Schmelzverständiger*, — *Mineralung*, qui exercent l'art de travailler les métaux. — Leur opinion sur l'action des scories, B. 139.
- MÉTAUX**, *Metalle*, qui augmentent de volume en se solidifiant, B. 293. — Malléable. — Leur division, C. 178. — Le fer, selon sa nature, peut être placé dans les deux classes. — A quoi tient cette différence, 179. — Dans lesquelles on trempe l'acier, D. 138-144. — Comment l'acier s'y refroidit. — Durcissement qu'il y prend, 145.
- MÉTHODE** d'affinage. (voyez Affinage *corse* et *catalane*.)
- METTRE HORS**, *Ausblasen des Hohofens*. — Eteindre le fourneau, arrêter le travail, B. 186-197. — A lieu lorsque les parois sont trop corrodées, 237; — lorsque l'engorgement du fourneau ne peut plus se corriger, 238; — lorsque l'engorgement du creuset ne peut être détruit; — lorsqu'il est trop fondu, 241. — Dans quelles circonstances. — Précaution pour arrêter le feu. — Diminution de la température; — de la charge des minerais, 245; — du vent. — Précaution en brûlant le charbon resté dans la cuve, 246. — Refroidissement du fourneau. — Enlèvement de la fonte; — de la tympe, 247. — Visite du fourneau, 248.
- METTRE EN FEU**. (voyez Mise en feu.)
- MEULE** de grès, *Mühlstein*, pour dégrossir la bijouterie d'acier, D. 172; — pour dresser les limes, 202.

MICACÉE, *Glimmerig*, qui a des feuilletts brillants comme le mica ; — qui contient du mica. — Gangue, B. 148.

MINÉRAIS de fer, *Eisenerz*. Leur division, A. 81. — Leurs caractères physique, géométrique, chimique, spécifique, essentiel, distinctif, 83. — Leur division par les terres est mauvaise, 115. — Proportion des différentes terres qu'ils contiennent, 116. — Tableau de leur division, 119. — Substances que l'on y trouve, 130. — Il faut les lotir pour les essayer, 132. — Essai par la voie sèche, 138. — On les rend fusibles en y ajoutant de nouvelles terres, 145. — Préparation qu'on leur fait subir, 147. — Leur triage à la main, 148 ; — au marteau, 149. — Leur lavage, 150. — Leur grillage, 153. — Ils augmentent souvent de poids et de volume, 154. — Ils ont moins de cohésion, 156 ; — sont plus faciles à réduire, 157 ; — sont fondus plus économiquement ; — se fondent moins bien pulvérisés que concassés. — Opinion de Garney, 160. — Circonstances où il est avantageux de les pulvériser. — Extinction dans l'eau après le grillage, 161. — Dégagement de la magnésie pendant leur exposition à l'air, 162. — Arrangement avec le charbon pour le grillage, 163. — Fourneau à griller, 165-167. — Degré de grillage, 169. — Métallurgistes qui l'indiquent, 170-171. — Effet d'un mauvais grillage, 171. — Pourquoi on les traite, 179. — Richesse des minerais la plus avantageuse pour leur traitement au haut fourneau, 213. — Ils doivent être placés à la proximité des fourneaux, 233 ; — traités avec de la tourbe, B. 25. — Leur peu de succès, 26-27-28 ; — avec du charbon de houille ; — fraîchement fait, 33. — Quantité de charbon employé pour les désoxyder, 47. — Leur division relativement aux fondants, 140. — Lesquels on considère comme mines sèches, 141, — terreuses, 142-144. — Substances qui les accompagnent, 148. — Leur division d'après les terres qu'ils contiennent, 170. — Leur mélange. — Choix qu'il faut en faire, 172. — Leur traitement. — Préparation du fourneau, 177. — Leur approvisionnement, 178. — Disposition. — Transport, 179. — Leur mélange avec les fondants, 186. — Epoque de leur chargement dans les hauts fourneaux que l'on allume, 192-195. — Augmentation graduelle des charges, 198. — Nature des premiers minerais que l'on charge, 199. — Mesure des charges, 203. — Durée de leur descente dans les hauts fourneaux, 212. — Comment ils se comportent en descendant. — Se placent toujours sur les charbons, 213. — Leur proportion influe sur la durée de la descente, 220. — Produit des fontes. — Température, 221. — Diminution des charges pour mettre hors, 225. — Peuvent être fondus et affinés directement. — Leur réduction, C. 102. — Désoxydation du fer par l'hydrogène. — Ses affinités pour l'oxygène varient avec la température, 103. — Actions des verres terreux, 104. — Ils peuvent être traités dans des affineries, 105 ; — dans des fourneaux de réverbère, 106. — Leur fonte et leur affinage dans des bas fourneaux, 109 ; — traité avec de la houille par la méthode à la catalane, 125 ; — dans des moyens fourneaux, 129. — De combien de manières on obtient le métal, 145. — Minerais qui donnent constamment des fers de mauvaise qualité, 152. —

- Traités directement sur acier, D. 100. — Procédé pour en obtenir directement, 99. (voyez Affinage sur acier et sur fer.)
- MINÉRAIS** de fer pauvre, *Eisenausschuss*, — *Geringes Eisenerz*, qui contiennent peu de fer. — Traités dans les hauts fourneaux, A. 15. — Désavantageusement par la méthode à la catalane, 16. — Position de la rustine et des costières des creusets des hauts fourneaux, relativement à leur fusibilité, 230-231.
- de fer réfractaire, *Eisenerz so haisgradig*, — *schwerflüssiges Eisenerz*, — *strengflüssiges Eisenerz*, qui sont difficiles à fondre. — Position de la rustine et des costières des hauts fourneaux pour les fondre, A. 230-231. — Corrigent les corrosions occasionnées par les mines chaudes, B. 237.
- de fer riche, *Eisenerz (reiches)*, — *reiches Eisenerz*. Ce sont des oxides ou des oxidules qui contiennent beaucoup de fer. — Traités par la méthode à la catalane, A. 15-16. — Division d'Haüy, — de Werner, 84. — Tous ne doivent pas être traités. — Trois espèces pour les métallurgistes, 86. — Ne contiennent pas 0,90 de fer, 87. — Métalloïdes, 89. — Métalloïdes cristallisés, 92. — Amorphes. — Arénacés, 93. — Terrain dans lequel on les trouve, 128. — Peuvent être traités dans les fourneaux d'affineries, C. 109.
- de fer fusible, *Schmelzbares Erz*, — *Leichtflüssiges Eisenerz*, qui se fondent facilement. — Position de la rustine et des costières de la tuyère pour les fondre, A. 230.
- MINE**, *Minc*, — *Grab*, — *Bergwerk*. Lieux d'où s'extrait les minerais.
- MINETTE**, *Staubertz*. Mine en poussière.
- MINÉRAIS** de fer manganésifère, *Eisenbraunsteinerz*, — *braunsteinartiges Eisen*. Minerais de fer qui contiennent du manganèse. — Ne sont pas les seuls avec lesquels on fabrique de l'acier, D. 70. — Donnent des fontes blanches, 72. — Donnent aussi des fontes grises, 75. — Les fontes qui en proviennent s'affinent aussi facilement que les autres, 77.
- MINES**, *Erze*.
- alumineuse, *aluminöses Eisenerz*; combinée avec des terres alumineuses, B. 170.
- calcaire, *kalkartiges Eisenerz*; combinée ou mêlée avec des pierres calcaires, B. 170.
- Chaudes ou corrosives, *beisendes Eisenerz*, qui se fondent et facilitent la fusion des autres substances. — Attaquent les parois des fourneaux. — Correction, B. 237. — Employée pour détruire les engorgements des fourneaux, 238; — des creusets. — Font fondre les creusets, 241.
- d'acier. (voyez Fer spathique.) D. 69.
- des gasons, *Raseneisenstein*, que l'on exploite sous les gasons, A. 110.
- des lieux bourbeux, *Sumpferz*. Que l'on extrait dans des lieux bourbeux, A. 110. — Comparées aux mines des marais, A. 111.
- des marais, *Morasterz*; exploitées dans les marais, A. 110. — Comparées aux mines des lieux bourbeux, A. 111.

- MINES** des prairies, *Wiesenerz*; que l'on extrait dans les prairies, A. 110.
 — magnésienne, *talkerdiges Eisenerz*; qui contient de la magnésie, A. 116.
 — réfractaire. (*voyez* Minéral de fer.)
 — sèche, *dürres Eisenerz*. Minerais trop riche pour être traité seul au haut fourneau.
 — Se traitent facilement aux bas fourneaux, B. 141. — Pourquoi difficilement aux hauts fourneaux. — Effets qui ont lieu, 142. — Plusieurs maîtres de forge refusent de les traiter, 143. — Fondants que l'on y ajoute. — Exemple, 144. — Peuvent être traités dans les affineries, C. 105.
 — Siliceuse, *Kieselartiges Eisenerz*. — *Quarziges Eisenerz*. A. 116. — Qui contiennent de la terre siliceuse.
 — terreuse, *erdiges Eisenerz*; combinée avec des terres, B. 147-149. — Ne peut pas être traitée par la méthode à la catalane, C. 124-125. — Traitée désavantageusement dans la vallée des Arques, 125-126. — Est traitée dans les Stuckofen, 144.
- MINÉRALOGISTE**, *Mineraloge*, — *Mineralkundiger*. Savants qui s'occupent de la science des minéraux.
- MINÉRALURGISTES**, *Mineralogen*, — *Mineralungskundige*, — *Mineralurdisten*. Savants qui s'occupent de l'art de traiter et de travailler les minéraux. — Comment ils divisent les minéraux, A. 82. — Leur division des minerais de fer, 115.
- MINETTE**, *Stauberz*. Mine en poussière.
- MISE au tain.** (*voyez* Étamage.)
- MISE** Pièce de fer méplate que l'on prépare pour souder sur de plus grosses.
- MISE en feu**, *Anzünden*. Allumer le combustible dans l'intérieur des cuves des hauts fourneaux, B. 188. — Visite. — Précaution. — Sèchement, 189. — Manière de mettre le feu. — Par le bas. — Méthode française. — Comment on allume. — Charge de charbon, 191. — Charge de minéral. — Grilles. — Débouché de la tuyère. — Avantage et inconvénient, 192. — Méthode suédoise. — Fumerons allumés dans le creuset. — Ouverture bouchée. — Entrée de l'air par le bas, 193. — Choix des charbons. — Entrée de l'air par le gueulard. — Inflammation des gaz qui se dégagent, 194. — Fermeture du gueulard. — Durée du chauffage. — Charge en charbon. — Précaution. — Charge en minéral, 195. — Débouché des plaques. — Augmentation du minéral. — Son arrivée à la tuyère, 196. — Préparation pour donner le vent, 197. — Variation dans la température. — Sa fixation, 223.
- MISE HORS.** (*voyez* Mettre hors.)
- MISPICKEL**, *Mispikel*. Pyrite ou fer arsenical. — S'évaporise par le grillage, A. 169.
- MODÈLE**, *Form*; — *Modell*. Relief de l'objet que l'on veut mouler, et que l'on veut imiter, en remplissant le moule de fonte liquide, B. 259.
 — de médaille, *Schaumünzmodell*. De quoi ils sont composés, B. 282.
 — de marmite, *Hafenmodell*, — *Hafenform*. — Leur division, 283.
 — de canon, *Kanonmodell*, 266.
 — des statues, *Bildsäulenmodell*, 272. — Pour mouler à découvert, 257-277. — Leur sortie, 280.

- MODÉRATEUR** Trou rond fermé d'une cheville de bois, placé près de la têtère des soufflets, pour diminuer la force du vent.
- MOINE**, *Schmiedeschlacke*, — *Oeffnung im Eisen*. Vide formé dans le fer qui n'a pas été soudé, C. 213. (*voyez Paille*.)
- MOISE** d'ordon, *Moses Hammergerüst*, — *Bänder in Hammergerüste*. Pièces de bois entaillées qui lient entre elles les pièces qui forment la base de l'ordon, C. 192. — De Bocard.
- MONTANT** d'ordon, *Säulen*. Pièces de bois qui soutiennent la partie supérieure de l'ordon, C. 186. — Leur fixation, 187. De Bocard.
- MONTRE**, *Sackuhr*. (*voyez Ressort*.)
- MORTIER**, *Mörstel*. Vase dans lequel on pile des substances pour les essais par la voie sèche, A. 132. — A piler le charbon, D. 32.
- *Mörtel*. Ciment employé dans la construction des hauts fourneaux, A. 240; — au double muraillement, 244; — aux étalages, 249. — Des hauts fourneaux. — Font corroder les parois lorsqu'ils sont fusibles. — Caractère, B. 237.
- Mortaises qui reçoivent le pied de la grande pièce des ordons que l'on nomme croisée.
- MOTEUR**, *Beweger*. Moyen employé pour faire mouvoir les artifices; ce qui donne le mouvement, A. 188. — Placé à la proximité des hauts fourneaux, 233. — Qui meuvent les cylindres à comprimer, C. 203. — des martinets, 235. — Des fenderies, 249.
- MOU**, *Weich*. Qui a de la mollesse. (*voyez Fer mou*.)
- MOUFLE**, *Mouffel*. Disposition faite dans un fourneau pour exposer les corps à l'action du feu sans le contact des charbons, B. 312.
- MOULAGE**, *Abformen (das)*, — *die Modelirung*. Formation des moules pour y couler la fonte. — Fonte que l'on y destine, B. 298.
- de bombe, *Bombe abformen*, — *das Modeliren der Bomben*. Division des modèles. — Des châssis. — Du noyau, B. 284. — Moulage. — Fonte des modèles. — Placement du noyau, 285. — Moyen ingénieux que l'on emploie, 286.
- des canons, *Kanonen abformen*, — *das Modeliren der Kanonen*. En terre. — Méthode ancienne. — Perfectionnement. — Modèles en terre, B. 266. — Formation. — Placement des tourillons. — Ornement. — Caractère. — Construction du moule, 267. — Sortie des modèles. — Attache de la culasse. — Placement du moule dans la fosse. — Nouveau moulage, 268. — En sable. — Châssis. — Pièces qui le composent. 278. — Modèle; — pièces qui le composent — Moulage de la culasse. — Du corps du canon, 279. — Compression du sable. — Assujétissement des châssis. — Sortie des modèles. — Dessiccation des moules, 280.
- des chaudières, *Kessel abformen*, — *Modelirung der Kessel*. En terre. — Noyau des grandes pièces. — Leur construction. — Chemises. — Manteaux, B. 271. — Pieds. — Anses. — Chaudières ovales, ou à plusieurs pans, 272.

- MOULAGE** des marmites, *Kochtöpfe abformen*, — *Die Hafenmodellirung*. En terre. — Noyau. — Chemises. — Terre employée, B. 269. — Coulée et jet. — Séparation de la chemise. — Anse et pied. — Placement des moules, 270. — En sable. — Modèles. — Division. — Châssis. — Moulage, 283. — Sortie du modèle, 284.
- de médailles, *Schaumünzisches abformen*, — *Modellirung der Schaumünzen*. B. 280. — Châssis ordinaires. — Châssis particuliers. — Procédé de Tiemann. — Sable employé, 281. — Modèle. — Moulage. — Réparation des moules. — Noircissement, 282. — Dessiccation, 283.
- de statues, *Modellirung der Bildsäulen*. En terre. — Moules. — Construction. — Modèle en cire, B. 272. — Méthode ancienne. — Noyau. — Chemise en cire. — Conduits et jets. — Manteau. — Dessiccation des moules. — Fonte de la chemise, 273. — Grandes statues. — Moules. — *Première méthode*. — Substances employées. — Chemise. — Moulage. — Noyau, 274. — *Deuxième méthode*. — Manteau définitif. — Séparation de la chemise. — *Troisième méthode*, 275. — Moule de la statue de Louis XV. — Manteau. — Conduit. — Dessiccation du moule, 276. — Ouvrage à consulter, 277.
- en sable, *Sandisches abformen*, — *die Formen in Sand schlagen*. Son ancienneté pour le cuivre. — Son transport dans les usines à fer. — Instruments employés, B. 277. — Sable. — Modification qu'on leur fait éprouver. — Usage des anciens sables. — Pièces coulées pleines, — canons, 278. — Médailles, 280. — Pièces coulées vides. — Marmite, 283. — Bombes, 284. — Objets qui doivent y être moulés. — Avantage. — Inconvénient. — Ce que l'on doit mouler ainsi, 287.
- en terre, *Erdisches abformen*, — *die Formen aus Leim machen*. Objets que l'on moule, B. 263. — Antiquité. — Terre que l'on emploie, 264. — Préparation. — Outils. — Instruments. — Moules pour couler des pièces pleines, 265. — Fixation. — Ancien moulage des canons, 266. — Nouveau, 268. — Des marmites, 269. — Des chaudières, 271. — Des statues, 274. — Ouvrage à consulter, 277. — Quels objets doivent être moulés en terre. — Statues. — Avantage, 287.
- MOULE**, *Form*, pour couler la fonte en gueuse, — saumon, — plaque, — blettes, B., 206. — Leur préparation. — Leur forme, 207. — De la fonte moulée. — Leur division. — Moules à découvert, B. 257. — Terre et sable que l'on emploie, 258. — Instruments et machines, 259. — Noyaux. — Feuillures, 261. — Moules en métal. — Avantages et inconvénients, 262. — Moules en terre, 263. — Terre employée, 264. — Outils. — Instruments, 265. — Moules des canons, 266. — de Brezin, 268. — Des marmites, 269. — Des grandes chaudières, 271. — Des statues, 272. — En sable, 277; — sable employé. — Moulage des canons, 278; — des médailles, 280; — des marmites, 283; — des bombes, 284. — Avantages et inconvénients, 286. — Position des moules pour couler, 312.
- à découvert, *offene Form*, que l'on creuse dans la sole de l'embrasure des hauts fourneaux, B. 257. — Objets coulés. — Terre employée. — Sables mélangés, 258. —

- Lieux d'où l'on tire les sables. — Formation des moules, 259. — Vides conservés dans les moules, 260. — Noyaux. — Vides des pièces. — Feuillures. — Objets enchâssés dans la fonte. — Réparation des moules, 261. — Dans quelle circonstance on doit employer cette méthode, 287.
- MOULE** en métal, *metallische Form*. Quelle substance on y coule. — Dans quelles circonstances on doit les employer. — Leurs inconvénients, B. 262. — Remède. — On y coule des boulets, 263. — Inconvénients, 286.
- en sable. (*voyez Moulage.*)
- en terre. (*voyez Moulage.*)
- MOULÉE.** (*voyez Fonte moulée.*)
- MOULEUR**, *Former*. Ouvrier qui fait les moules.
- MOUTON**, *Rammelblock*. Machine à compression par le choc; — employée pour dégrossir la bijouterie d'acier, D. 169.
- MOUVEMENT**, *Bewegung*, des pistons des cylindres à air, B. 76. — Des soufflets. — Force employée, 106. — Des animaux, — dans quelles circonstances. — Des hommes, 107, — quels soufflets ils meuvent, 108. — Des chevaux, — comment, 109. — Des chiens. — De l'eau, 110. — Des roues hydrauliques, 112—113—114. — Des pistons, 115.
- MOYEN FOURNEAU**, *Mittelofen*, de 5 à 12 pieds de hauteur. — Leur usage, C. 4. — Leur ancienneté. — D'Angermanie. — De Dalécarlie. — Forme. — Dimensions. — Construction, 5. — De Groningue. — Usages. — Inconvénients, 6. — Stuckofen, 7. — Travail, 8. — Traitement des minerais de fer décrit par Agricola, 129. — Dimensions, 130.
- MOYENNE**. Fer aplati en verge carrée de 49 lignes de largeur sur 7 d'épaisseur.
- MUFFLE** des soufflets, *Oeffnung der Busen in den Blasebälgen*. Orifice des buses.
- MUNZ-STAH**L, *Münzstahl*. Acier employé dans les monnaies, D. 111.
- MURAILLEMENT**, *Mauer*, des fourneaux de réverbère, B. 308; — des fourneaux de cémentation, D. 27. (*voyez Double muraillement.*)
- MURIATE** d'ammoniaque, *Salmiak*. Comment il agit dans le décapage. — Usage que l'on en fait, C. 280. — Dissous dans du vinaigre. — Son action sur l'oxide de fer, 281. — C'est le seul sel que l'on puisse employer, 286.
- MUREAU**. Mur qui contient la tuyère.
- MUSEAU** de la tuyère, *Rüssel*. Partie qui s'avance dans le fourneau.

N.

- NASSE** de four de fenderie. Petit berceau pratiqué dans le fond du fourneau, pour y introduire de très-grandes barres.
- NEZ** de la tuyère, *Formnaes*. Tuyau de scorie ou de fer qui s'attache à l'œil de la tuyère, B. 232. — Sa formation, C. 61.
- NERF** du fer, *Faden des Eisens*. Filaments intérieurs formés par la malléation à froid.

- Ne peut servir à juger sa qualité. — Comment on le donne, A. 63, — C. 182; — en forgeant à froid, 216–230. — Explication, 217. — Exemple dans le travail de la tôle, — extension à la surface. — Difficulté de l'obtenir à chaud, 218. — Pourquoi on lui accorde une si grande faveur. — Ce n'est pas toujours un indice de bonne qualité, 219. — Du fer de fenderie, — sa direction, 244. — Du fil de fer, 327. — Comment on le détruit, 328. — N'est pas toujours un caractère de fer doux.
- NIDS** de minerais, *Erznest*. Petit amas de minerais disséminés, A. 119.
- NICKEL**, *Kupfernickel*. Minéral jaune-rougeâtre, tirant sur la couleur du cuivre. — Sa combinaison avec le fer, A. 31. — Rend le fer brisant, C. 163.
- NILLE**..... Petit tuyau de bois dans lequel entre la branche d'une manivelle pour empêcher que le foret blesse la main en la tournant.
- NITRE**, *Salpeter*. Entre dans la composition des flux blanc, noir et cru, A. 138; — dans la composition des flux Schlutter et Crammer, 139; — dans quelques céments, D. 17–18.
- NIVEAU**, *Schrotwage*, — *Setzwage*. Instrument dont on se sert pour placer les objets horizontalement; — pour placer les modèles des moules à découvert, B. 259.
- NOIRCISSEMENT**, *Schwärzlich*, des moules de médailles, B. 282.
- NOIR FLOYANT**..... Tache brune du fer qui indique qu'il est ductile.
- NOYAU** des moules, *Decken zu figuren in Erz*, — *Kern der gegossenen Sachen*. Masse de matières qui doit conserver le creux des objets coulés, B. 261–264. — Substances dont on les fait, 265. — Des marmites, 269. — Des grandes pièces, 271. — Des grandes statues, 274, — leur composition, 276. — Des bombes, 284, — leur placement, 285, — moyen ingénieux, 286.
- NOYER**, *Nussbaum*. Arbre qui rapporte des noix.
- NUMÉROS** des gueuses, *Gussnummer*, — *Eisenganze*, — *Nummer des Roheisens*, — *der Eisenganze*. Instrument de fer pour numéroter les moules, B. 181.

O.

- OBJETS** en fonte, *Gegenstände (im Roheisen)*, — *Roheisen Gegenstände*, coulés ordinairement, — anciennement, B. 249; — aujourd'hui, 250; — en Allemagne; — en France, 251; — par les Anglais, 252; — au Conservatoire des Arts; — à Lyon, 253. — Que Réaumur annonce devoir être coulés; — qui peuvent y être réunis, 256. — Coulés dans des moules à découvert, 258; — des moules de métal, 262; — des moules en sable, 277. — Leur division, 278. — Lesquels doivent être coulés en fonte refondue, 300.
- OCBRE**, *Ocher*. Fer oxidé terreux.
- ODEUR** du fer, *Eisengeruch*, A. 22. — Du fer brisant, 67.
- OEIL** du fourneau, *Ofenaug*, — *Auge*. (voyez Chio.)

- ŒIL du marteau, *Hammerauge*. Ouverture pour passer le manche, C. 183.
 — du pertuis. Partie la plus étroite des trous de la filière.
 — de la tuyère, *Formauge*. Ouverture par laquelle l'air entre dans le fourneau, B. 182.
- OLIGISTE (Fer), *Eisenglanz*, A. 84. (*voyez* Fer oligiste.)
- OLLAIRE, *Topfstein*, — *Topfsteinartig*, A. 253. (Pierre ollaire.)
- OPINION, *Meynung*. Sentiment qu'on a sur quelque chose, — sur l'acier, — de Thunberg, — Becher, D. 3; — Aristote; — des académiciens français, 6; — de Gazeran, 70; — de Stunckel, 71.
- OR, *Gold*. Son travail est moins ancien que celui du fer, A. 7.
- ORDONS, *Hammergerüste*. Assemblages dans lesquels les marteaux de forge se meuvent.
 — Leur division, C. 185. — A drôme. — Mus par des chevaux, 190; — par l'eau, 191. — A soulèvement avec jambes de fer, 193; — à soulèvement et à manchon; — à ressorts avec jambes de fonte, 194. — Les marteaux en fonte soulevés par la tête, 197; à tôle, 265. — De casseries, 301.
 — à bascule, *Schwengellhammer*, mu par l'eau. — Marteaux, C. 185. — Hurasse. Arbre. — Camme. — Montant. — Placement des marteaux, 186. — Fixation du pied des montants. — Ressort. — Poids des marteaux. — Roues hydrauliques, 187. — Disposition particulière, 189. — Avantage qui en résulte, 190; — avec un arbre en fer, C., planche 47 bis.
 — à drôme, *Drohnhammer*, dont la charpente est maintenue par une grande pièce de bois nommée *drôme*. — En quoi ils diffèrent des ordons à bascule. — Poids des marteaux. — Description de l'ordon, C. 191. — Exige une grande solidité, 193.
 — à soulèvement, *Aufstosshammer*, — *Aufhebungshammer*, avec des jambes de fonte. — Ils occupent moins de place que ceux à drôme, — leur description, C. 193. — Et à manchon, — leur description. — Et à ressorts avec des jambes de fonte, 194, — placement des ressorts, 195. ●
 — en granit, *Hammergerüste in Granit*. On peut les construire en toute autre pierre, C. planche 47 bis.
 — mus par des chevaux, *Hammer von Pferden bewegt*. Ils étaient communs autrefois. — Description de l'un d'eux, C. 190. — Variation dans la vitesse du marteau, 191.
 — dont le marteau est soulevé par la tête, *Wo der Hammer beym Kopf aufgehoben wird*; — décrit par l'ingénieur Bonnard; — employé en Angleterre. — Autre, indiqué par M. Dobson, 197. — Description. — Comparaison. — Tentatives faites pour les introduire sur le continent, 198.
- ORBILLER des soufflets. Morceaux placés dans les angles du culeton (côté large du gîte), pour contenir fortement les rebords.
- ORIFICE, *Mündung*. Ouverture par laquelle sort un fluide. — Des machines soufflantes. — Sert à calculer la quantité d'air qu'elles donnent, B. 91-95. — Comment on détermine

- cette quantité. — Application. — Variation, 98. — Addition à la formule, 99.
- ORME**, *Ulmbaum*. Poids d'un décimètre cube de bois, B. 4. — Poids d'un mètre cube de charbon, 5.
- OSMUND**. (*voyez* Affinage pour fer.)
- OUTILS**, *Gezähe*, nécessaires aux hauts fourneaux, B. 180-181; — nécessaires aux forgerons, — aux affineries, C. 14, — aux forges; — pour réparer les marteaux, — les enclumes; — pour couper le fer, C. 205; — pour comprimer, 206.
- OUVRAGE** des hauts fourneaux, *Gestell*. Partie de la cuve entre les étalages et le creuset, A. 205. — Leur proportion, 217. — Leur construction, 248; — en fer, 250.
- OUVREAUX**, *Werklöcher*. Ouverture. — Place au-dessus des creusets dans des fourneaux de verrerie, D.
- OUVRIERS**, *Arbeiter*, employés aux hauts fourneaux, B. 177. — Fonctions qui leur sont attribuées, 202. — Employés à cémenter le fer, D. 44; — à l'affinage de l'acier, 69.
- OXIDATION**, *Oxidierung*. Combinaison de l'oxygène avec un corps. — Du fer dans les fourneaux de réverbère, C. 83. — Opinions opposées, 84. — Preuve de l'oxidation, 85. — Comment on détruit son effet, 240. — Action du fer sur l'oxide. — Action des verres terreux. — Moyen employé ordinairement, 241, — dans les chauffes des fonderies, 253; — dans les foyers des fileries. — Comment on l'empêche, 321. — Moyen de MM. Muschel, 322.
- OXIDE**, *Oxid*. Substance combinée avec l'oxygène, et qui n'est pas acide. — Empêche le fer et l'acier de se souder. — Destruction de son effet, D. 124. — Sa dissolution dans le laitier. — Dans le fer. — Observation, 125.
- blanc de fer, *weisser Eisenoxid*, — *weisses oxidirtes Eisen*. Qui contient de l'oxygène au minimum, A. 37.
- brun de fer, *brauner Eisenoxid*, — *braun oxidirtes Eisen*. Minéral manganésifère, A. 102.
- de carbone, *Kohlenoxid*. Gaz provenant de la combustion dans les fourneaux, B. 49. — Ses composants, C. 25. — Sa forme dans l'affinage, 26.
- de fer, *Eisenoxid*. On en reconnaît trois espèces contenant l'oxygène à saturation, A. 36. — Action des acides sur eux, 38. — Les minerais sont dans cet état, 81-84-87. — Ils sont souvent mêlés avec des terres et des sulfures, 99. — Pur. — Divisés en trois variétés, 100. — Son action sur la fusibilité des terres, B. 159-160. — Uni à l'oxide de manganèse, 165. — La fusibilité des terres en est augmentée, 167. — Ajouté à la fonte dans les affinages, C. 95. — Deux moyens de l'enlever à la tôle, C. 241. — Comment on l'empêche de se former en chauffant, 280. — Sa dissolution dans les acides, 281. — Leurs couleurs. — Températures auxquelles on les obtient, D. 152.
- de fer arénacé, *Sandeisenoxid*, — *Eisensand*. Leur traitement, C. 115.
- de fer compacte, *dichter Eisenoxid*, — *dichter Eisenstein*. Leurs caractères. — Leurs analyses. — Fer qu'ils contiennent, A. 106. — Rouge. — Brun. — Manga-

- nésé, 107. — Leur gissement. — Lieux où on les exploite, 123. — Effet du grillage, 156.
- Oxide de fer concrétionné, *stalagmitischer Eisenoxid*, — *stalagmitischer Glaskopf*. Connu sous le nom d'hématite, A. 102. — Ses analyses. — Fer qu'il contient, 104. — Leur division, — rouge, — brun, — noir, — rubigineux, — jaune. — Les bruns contiennent du manganèse et de la magnésie. — Leur traitement, A. 105. — Leur gissement, 121. — Lieux où ils se trouvent, 122. — Diminuent de poids et cohésion par le grillage, 155. — Leur gangue, B. 148.
- de fer mamelonné pur et mêlé d'oxidule. (*voyez Oxide de fer concrétionné.*)
- de manganèse, *Braunsteinerz*, — *Braunsteinoxid*. Augmente la fusibilité des terres, B. 167.
- jaune de fer, *gelber Eisenoxid*. C'est un hydrate, A. 102-168.
- limoneux, *Roheisenerz*, — *Raseneisenoxid*. Son analyse. — Division de Werner, A. 110.
- Son gissement. — Lieux où on l'exploite, 124. — Comment on le grille, 174.
- mamelonné, *warzenförmiger Eisenoxid*, — *Glaskopf*. (*voyez Oxide de fer concrétionné.*)
- de fer mêlé d'oxidule, *Eisenstein und Eisenbrand Handgemeng*. Leur caractère. — Sont traités ordinairement, A. 100. — Leur analyse, 101. — Fer qu'ils contiennent. — Leur division, 102. — Leur gissement, 121. — Leurs gangues, B. 148.
- métalloïde, *metallförmiges Eisenerz*. (*voyez Oxidule.*)
- noir de fer, *schwarz oxidirtes Eisen*, — *schwarzer Eisenoxid*. Fer oxidé au medium, A. 37. — Ses précipités par les alkalis et les prussiates, 39.
- de fer oxidulé, *oxidirte und Eisenbrand vermischen*. (*voyez Oxide mêlé d'oxidule.*)
- pur, *reiner Eisenoxid*. On les nomme mines sèches. — Sont traitées difficilement dans les hauts fourneaux, B. 142. — Peuvent être traitées dans les affineries, C. 105.
- rouge de fer, *rothoxidirtes Eisen*, — *rother Eisenoxid*. Fer oxidé au maximum, A. 37. — Ses précipités par les alkalis et les prussiates, 39. — Minerais, 102.
- Rubigineux, *russförmiger Eisenoxid*. A. 102.
- terreux, *erdiges Eisenerz*. Ses caractères. — Sa division, A. 108. — Son gissement. — Lieux où on l'exploite, 123. — Effet de son grillage, 156; B. 148.
- terreux argileux, *thonartiger Eisenoxid*. Ses caractères, A. 109. — Substance mêlée, 110. — Son gissement. — Lieu où on l'exploite, 123.
- terreux en fragments, *in Stücken erdiges Eisenerz*. Sa division, A. 112. — Son gissement. — Lieu où on l'exploite, 124. — Comment on le grille, 175.
- terreux en fragments agglutinés, *in zusammengebackenen Stücken erdiges Eisenerz*. A. 112. — Gluten qui réunit les fragments. — Analyse du minéral. — Contient du phosphore. — Ce sont des hydrates, 113.
- terreux en fragments séparés, *in abgesonderten Stücken erdiges Eisenerz*. Variétés des fragments. — Analyses, A. 114. — Contient du chrome. — Ce sont des hydrates, 115.

OXIDE terreux en gros morceaux, *in grossen Stücken erdiges Eisenerz*. Leurs analyses. — Ce sont des hydrates, A. 108. — Fer et phosphate de fer qu'ils contiennent. — Leur division, 109.

OXIDÉ (fer), *Eisenoher*, — *oxidirtes Eisen*. (voyez Fer oxidé). A. 84.

OXIDULE de fer, *Eisenbrand*, — *magnetischer Eisenstein*. Ce sont des minerais, A. 81. — Contiennent jusqu'à 0,77 de fer. — Analogie entre ceux de l'art et ceux de la nature (voyez Fer métalloïde), 91. — On les nomme mines sèches. — On les traite facilement dans les bas fourneaux, B. 141. — Difficilement dans les hauts fourneaux, 142. — Ils engorgent le fourneau. — Plusieurs maîtres de forge refusent de les traiter, 143. — On y ajoute des terres, 144. — Exemple de la Suède, 144-145. — Leur gangue, 148. — Est décomposé par les charbons. — Dissous par les scories, C. 47. — Son usage dans l'affinage, 59.

OXIDULÉ. (voyez Fer oxidulé.)

OXIGÈNE, *Oxygen*. Substance qui génère plusieurs acides. — Action qu'il exerce sur le fer, A. 35. — Sa proportion dans les différents oxides, 37. — Sept manières de le combiner avec le fer, 36. — Combinaison de fer et d'oxidule, 44. — Entre dans la composition des fontes, 49. — Quantité contenue dans la fonte blanche, 54; — dans la fonte grise, 55; dans le fer, 59; dans les minerais de fer, 130. — Quantité nécessaire pour brûler le charbon, B. 46; — pour obtenir cent parties de fonte, 46. — Son action sur les fontes blanches, 291. — Sa séparation du fer, C. 2. — Est contenu dans les fontes; — expériences qui le prouvent, 24. — Se combine avec le charbon dans l'affinage. — Ce que devient cette combinaison, 25. — Ne se combine avec le fer qu'à la surface. — Expériences qui le prouvent, 27. — Il ne se combine avec une seconde tranche qu'après avoir saturé la première, 28. — Il se combine dans le fer avec le carbone qui le pénètre, 30-31. — Ce qu'il devient dans le fer chauffé, 33. — Son affinité pour le fer varie avec la température, 103. — Reste dans quelques fers, D. 42.

P.

PAGES de la tympe Poids qui appuient le bout de la tympe du côté extérieur de l'ouvrage, et qui servent de point d'appui aux ringards.

PAILLES, *Stroh*. Employées dans le moulage des bombes pour conserver un courant d'air, 285.

PAILLES de fer, *Flammenschlag*. Lames de fer qui ne se soudent pas, et qui se détachent, C. 213. — Leur formation. — Comment on les détruit, 242. — Font exclure les fers de la cémentation, D. 10.

PALASTRE, *Starkes Eisenblech*. C. 162. (voyez Tôle.)

PALE Grande pelle pour boucher les vannes.

PALETTE Instrument d'affinage, C. 15.

- PALMER**, *die Nadel am Ende*, — *Abbreiten*, — *Abbreitung*, — *des Nehnadelkopfs*. Aplatissement de la tête des aiguilles, D. 191.
- PATRON**, *Muster*. Modèle en bois dont on se sert pour former les creusets et les étalages en sable, A. 249.
- PAMER** Faculté qu'ont les aciers de se désaciérer en les forgeant. — Ce qui l'occasionne, D. 15. — Opinion sur les causes, 122.
- PANNE** d'enclume, *Ambosfne*, *Ambosbahn*. Partie étroite et supérieure sur laquelle on pose le fer que l'on veut forger. — Leur durcissement, C. 184.
— de marteau, *Fäustelbahn*. Partie inférieure, et qui frappe le fer. — Leur durcissement, C. 184. — Des marteaux anglais, 215.
— des martinets, *Hammerbahn*. Leur forme pour forger l'acier fondu, D. 123.
- PANIER** à charbon, *Kohlenkorb*, dans lequel on mesure et porte le charbon.
- PAQUET** (trempe en), *das härten im Pack*, — *das härten in Bündeln*. (*voyez Trempe en paquet*.) Tremper l'acier après l'avoir fait chauffer dans un ciment, D. 8.
- PARAGE** du fer. (*voyez Parer le fer*.)
- PARER** le fer, (*des Eisens*) *Ebenen*, — *das ebenen des Eisens*, — *Abgleichen*. Dresser ses faces en le passant sous la longueur de la panne, C. 216. — Partiellement. — Totallement, 219.
- PAROIS** des hauts fourneaux, *Ofenwände*. Modification qu'ils apportent à la répartition de la chaleur dans la cuve, B. 195. — Faces de la cuve qui sont exposées à l'action du feu, A. 243. — Leur construction, 247. — Pierres que l'on y emploie, — nature, — qualité. — Essais, 253. — Briques d'argile; — de laitiers, 255. (*voyez Fausses parois*.) Leur action sur le minéral, B. 215. — Leur fusion. — Causes. — Corrections, 237. — Des fourneaux de réverbère, 308.
— des soufflets, *Balgseiten*. Faces mobiles qui permettent le rapprochement des plans supérieurs et inférieurs. — Flexibles, — inflexibles, B. 65.
- PASSE-PARTOUT** Barre plate pour comprimer le sable dans les châssis à mouler.
- PASSE-PERLE**, *eine Art sehr dünnen eisernen Draht*. Fil de fer qui sépare la série des fils gros et moyens de celle des fils très-fins. — Sa grosseur, C. 324-326.
- PATIN** Pièce des modèles de marmites, B. 283.
- PATUILLET**, *Pocherde*, — *Waschwerk*, — *Pochwerk*, — *Schlemmwerk*. Machine de rotation pour laver le minéral. — Comment il sépare les impuretés, A. 153.
- PAVILLON** de la tuyère, *weite Theil der Form*. Ouverture extérieure. — Plus grande ouverture de la tuyère, B. 182.
- PELARD** (bois) dont les arbres ont été écorcés sur pied. — Son charbon moins bon, B. 13.
- PELLES**, *Schaufeln*. Instruments de haut fourneau, B. 181; — des affineries, C. 14.
- PENDULE** (ressort de), *Pendulfeder*, — *Wanduhrfeder*. (*voyez Ressort*.)
- PERCÉE** (la), *Flössloch*, — *Stechloch*. Pour couler la fonte des hauts fourneaux, B. 207.
- PERÇOIR**, *Ofenbohrer*, — *Sticheisen*. Instrument d'affinerie pour percer le chio, C. 16.

PESANTEUR, *Schwere*. Force en vertu de laquelle les corps se portent vers le centre de la terre.

— spécifique, *specifische Schwere*. Pesanteur comparée, ou poids des corps sous un même volume. — Du graphite, A. 26. — Du phosphore de fer, 30; — de la fonte; — du fer et de l'acier, 46. — Des différentes fontes, 47-52; — de la fonte blanche, 54; — des bois, B. 3; — des gaz, 45; — des fontes, 292. — Les fontes grises sont les plus pesantes, 293. (*voyez* Densité.)

PETITE MASSE inférieure. Réunion des étalages. — De l'ouvrage et du creuset des hauts fourneaux. (*voyez* Ouvrages.)

— supérieure, *Gicht*. (*voyez* Bure.)

PETIT LAIT, *Molken*, employé pour décaper, C. 285.

PEUPLIER, *Pappelbaum*. Poids d'un décimètre cube de bois, B. 4; — d'un mètre cube de charbon, 4.

PHOSPHATE DE FER, *Eisen (phosphorisches)*, — *mit Phosphorsäure gesättigtes Eisen*. Combinaison d'acide phosphorique et de fer. — Est tout formé dans un grand nombre de corps, A. 30. — Rend le fer cassant, 30-109; — est dans les oxides de fer argileux, 109-110; — dans les oxides terreux à fragments agglutinés, 113; — rend le fer cassant, C. 152-153.

PHOSPHORE, *Phosphor*. Substance combustible qui luit dans l'obscurité; — se combine avec le fer, A. 29-58. — Son affinité pour ce métal, 30; — trouvé dans quelques fontes, 50-55; — dans l'acier, 72; — dans les minerais de fer, 130. — Sa séparation du fer, C. 3; — rend le fer cassant, 153, — et brisant, 163-166. — On corrige son action par la chaux, 166.

PHOSPHURE de fer, *Phosphoreisen*. Combinaison de fer et de phosphore. — Comment on le forme, A. 29. — Sa pesanteur spécifique. — Existe dans un grand nombre de corps; — rend le fer cassant, 30; — C. 152-153.

PHYSIQUE (caractère), *physische Zeichen*. (*voyez* Caractères.)

PIÈCE, *Theil*, — *Stück*. Nom que porte la loupe après avoir été cinglée. — Sa formation, C. 210. — Son chauffage. — Soins. — Température, 211; — difficulté de la juger. — Forgeage. — Formation de l'encrénée, 212. — Sa manœuvre sous le marteau, 214.

PIED cube, *Kubikfuss*. Poids du pied cube de charbon de bois, B. 4-5-6; — de tourbe, 23; — de houille sèche et humide, 30.

— d'écrevisse, *Krebsfuss*. Pièce de bois placée dans le pied des ordons à drôme, C. 192.

— de chaudière, *Kesselfuss*, B. 272.

— de marmite, *Hafenfuss*, B. 270.

PIERRES, *Steine*, employées dans la fondation des hauts fourneaux. — Leur dureté, A. 240; — à la construction des embrasures, 245. — Des étalages, 249, — dans le double muraillement; — dans les parois. — Leur nature. — Leurs qualités. —

- leurs essais, 253. — Choix. — Préférence. — Lieu d'où on les fait venir. — Usage des calcaires, 254; — employées à la construction des fausses parois, 256. — Fusibilité de celles qui accompagnent les minerais, B. 168. (*voyez* Fusibilité.)
- PIERRES** des costières, *Seitensteine*, qui forment les deux faces du creuset, A. 248.
- de rustine, *Reuckensteine*, qui forme le fond vertical du creuset, A. 248.
- de sole, *Bodensteine*, qui forme la base du fond horizontal du creuset, A. 248.
- ollaire, *Topfsteine*. Pierre talqueuse onctueuse, A. 253.
- PILIER** de cœur. Masse du double muraillement des hauts fourneaux qui sépare deux embrasures. — Leurs dimensions, A. 187. — Ouverture horizontale. — Pourquoi. — Fourneaux à deux piliers de cœur, 188. — Comment on les trace, 242.
- PILONS** de bocard, *Pocheisen*, — *Pochstempel*. Grands pilons de bois mus par des cammes, A. 176-177.
- PILOTIS**, *Pfahl*. Pièces de bois enfoncées dans un terrain mobile pour fonder un haut fourneau dans un terrain marécageux, A. 239.
- PIN**, *Kienbaum*. Poids d'un décimètre cube de bois, B. 4; — d'un mètre cube de charbon, 5.
- PISÉ**, *Erdmauer*. Maçonnerie en terre, A. 166; — placée dans le double muraillement des hauts fourneaux, 246.
- PISSÉE**, *Fluss der Schlacken*, — *Ablaufen der Schlacken*. Ecoulement des scories, C. 69.
- PISTON** des soufflets, *Saugerbalge*, — *Bläser*, — *Kolben im Zylindergebläse*. Leurs mouvements dans les cylindres à air, B. 76. — Volume du vide qu'ils forment, 85. — mus par des machines hydrauliques, 115-116; — par des machines à colonne d'eau, 120; — par des machines à vapeur, 125.
- PITON**. Courbure de la crosse de la faux, D. 249.
- PLANER**, *Planieren*. Rendre le fer plan à coups de marteaux, C. 308.
- PLAQUE** de creuset, *Eisenplatten zum Feuerheerd*. Plaque de fonte dont on forme l'intérieur du creuset; — du devant; — du fond; — de la vanne; — de la rustine; — du contrevent, C. 10.
- de fonte, *Roheisenplatten*. Leurs formes, B. 206; — leurs moules, 207; — leur coulée, 209; — destinée à l'affinage. — Leur grillage, C. 54.
- PLAT**, C. 231. (*voyez* Fer plat.)
- PLATEAU**, *Plan*. Espèce de tuile ou de brique sur laquelle on dispose la ferraille que l'on veut affiner, C. 22.
- PLATE-FORME** des hauts fourneaux, *Gichtbühne*. Surface supérieure, A. 183; — moins large que leur base, 185. — On y approvisionne des minerais et des fondants, B. 179.
- PLATINER**, *Blechen*, — *Blechschiemen*. Martelage que l'on fait subir aux fers que l'on destine aux tôles ou aux casses. — Précaution. — Platinage des maquettes. — Travail qu'elles subissent, C. 303. — Empêchement à se souder. — Variation dans l'extension, 304

- PLATINE** (métal). *Platin*, — *Platine*, rend le fer brisant, C. 164.
 — de casserie, *Blech*. Fer martelé en feuille, C. 301.
 — fille..... Petite platine que l'on réunit en trousse, et que l'on retient avec des platines plus larges. — Leur arrangement. — Travail qu'elles éprouvent, C. 305.
 — mère..... Grandes platines qui retiennent les plus petites. — Leur arrangement. — Travail qu'elles éprouvent, C. 305.
- PLATINEUR**, *Blechschnid*t. Ouvrier qui platine le fer.
- PLIE**, *Biegung*. Morceau de fer plié en deux pour platiner deux tôles à-la-fois, C. 269.
 — des lames de ressorts, *Falten der Stahlfeder*, — *Biegung der Stahlfedern*. Courbure qu'on leur fait prendre. — Leur fixation, D. 227.
- PLION**..... Morceau de fer plié en V destiné à former la soie qui se fixe dans la poignée des armes, D. 239.
- PLOMB**, *Blei*, fondu avec du fer, A. 33; — mélangé dans quelques minerais de fer, 130; — rend le fer cassant et brisant. — Faits opposés et contraires, C. 163. — Son ébullition, — difficulté de l'obtenir, D. 164. — Pour poser les limes que l'on taille, 205. — Pour égaliser les ressorts, 225. (*voyez* Grand plomb.)
- PLOMBAGINE**, *Graphit*. Combinaison de fer et de carbone. — Proportion des composants. — Sa densité, A. 26. — Quantité trouvée dans les fontes, 40.
- PLUME-SEUIL**..... Grosses pièces de bois destinées à supporter les empoises sur lesquelles tournent les tourillons des arbres.
- POCHE**, *Löffel*. Grande cuiller de fer enduite d'argile, pour puiser la fonte et la couler. — Couler à la poche, B. 208-302. — Précaution, 302. — Chaudière qui sert de creuset dans les petits fourneaux portatifs, 313. (*voyez* Fourneau à poche.)
- POIDS**, *Gewicht*, — *Schwere*, d'un haut fourneau, A. 239; — du charbon de bois, B. 4-5. — Diffère entre les charbons d'un même bois, 6. — Influence des terrains. — Augmente par l'humidité; — varie avec le sol. — Difficulté de la déterminer, 8. — De la tourbe, 23. — De la tourbe sèche, 24. — De la houille grasse, — sèche, — humide, 30. — Du charbon de houille, 33. — Des pièces que l'on coule des hauts fourneaux, 304. — Des marteaux, C. 187.
- POIL** de vache, *Kühhaar*, est employé dans le moulage en terre, B. 265.
- POIRIER**, *Birnbaum*. Poids d'un décimètre cube de bois, B. 4; — d'un mètre cube de charbon, B. 5.
- POITRINE** de fourneau..... Partie antérieure rentrant du côté des tympes que l'on nomme communément *marâtres*.
- POLI**, *Polirt*, — *Schein*, — *Glanz*, des aciers. — Pour les distinguer, D. 157, — de la bijouterie d'acier. — Difficulté qu'il présente, 176. — Substances employées, 177. — Des aiguilles, 193. — Des armes, 241-242.
- POMPE** à air, *Wettersatz*, B. 57. (*voyez* Machine soufflante et soufflets.)

- POMPE** hydraulique, *Wasserkunst*, pour élever l'eau ; — analogue aux soufflets hydrauliques, B. 69.
- POMPHOLIX** Sublimation métallique qui s'attache aux marâtres des fourneaux.
- POREAUX** Talon des faux, D. 249.
- PORPHYRE**, *Porphyr*. Pierre dure parsemée de petits cristaux enchâssés dans une pâte, A. 127-240-253.
- PORTE**, *Thüre*, de fourneau de réverbère, B. 310.
- PORTE-RESSORT** Pièce qui porte les ressorts des soufflets en bois.
- PORTE-VENT**, *Wetterlotte*, — *Windleitung*. Tuyau pour conduire le vent des machines soufflantes, — des trompes, B. 58 ; — des régulateurs, 103.
- POTASSE**, *Potasche*. Alkali provenant du lessivement des cendres des plantes qui ont crû dans des terres éloignées de la mer. — Entre dans la composition des flux, A. 139.
- POTASSIUM** Substance regardée comme la base ou comme un composé de la potasse. — N'altère pas le fer, C. 153.
- POTÉE d'étain**, *Zinnasche*. Oxide d'étain ; — est employé pour polir, D. 195.
- POTERIE de fer**, *Eisentöpfe*. Vases et ustensiles en fonte de fer, B. 249.
- POUDRE d'os**, *Beinstaub*, employée pour adoucir l'acier, D. 126.
- POULE (acier-)**, *Blasenstahl*. (voyez Acier-poule.)
- POULETTE**, *sandiges Eisenerz*. Minerais de fer en grains de l'île d'Elbe, A. 95.
- PRÉPARATION**, *Aufbereitung*, — *Zubereitung*, que l'on fait subir au minéral de fer, A. 147. — Leur division. — Triage, 148, — lavage, 150 ; — grillage, 153 ; — bocardage, 175. — des fourneaux, *Ofen beschieken*, — *Zurichten*, — *Zubereitung des Ofens*, pour les disposer à la fusion, B. 177. — Approvisionnement, 178. — Position de la tuyère, 182. — Effet de son inclinaison, 184.
- PRESSION de l'air**, *Druck der Luft* ; employée pour connaître la vitesse avec laquelle il sort des machines soufflantes. — Comment on la détermine, B. 91. — Méthode de Mariotte, 92, — de Vergniers-Boucher, — de M. Bancks, 93. — Les deux méthodes de mesurer les ressorts donnent le même résultat, 94. — Transformation de l'une dans l'autre. — Détermination du volume de l'air lancé, 95. — Formule que donne l'analyse, 97. — Application, 98.
- PRISMATIQUE**, *prismatisch*. Forme extérieure des hauts fourneaux, A. 181 ; — des cuves dans quelques pays, 191. — Avantages et inconvénients, 200-202. — Consomme trop de charbon, 201. — pyramidal, *prismatisch und pyramidalisch*. Prisme réuni à une pyramide à laquelle il sert de base. — Forme extérieure des hauts fourneaux, A. 181.
- PRIX**, *Belohnung*, proposé par la Société d'Encouragement, C. 178. — D. 98.
- PROCÉDÉ**, *Prozess*, pour fabriquer l'acier, — japonais, D. 2, — de Vanaccio, 3 ; — indiqué par Agricola, 4 ; — moderne et nouveau, 7 ; — avec du fer, 8 ; — avec des fontes, 44 ; — défectueux, 64 ; — appliqué à chaque espèce de fonte, 66 ; — fondu, 81.

- PROPORTION**, *Verhältniss*. Rapport entre les parties, entre les dimensions des hauts fourneaux; — ne peuvent être déterminées que par tâtonnement. — Comment elles ont été fixées en Suède, A. 214. — Indice pour les changer, 221. — Causes qui concourent à les faire varier. — Les bonnes ont une grande latitude, 232. — De charbon de bois consommé pour obtenir 100 parties de fonte, B. 38. — De charbon à houille, 39.
- PROPRIÉTÉ**, *Eigenschaft*. Faculté constante que l'on peut observer. — Du fer. — Epreuve plus de variation que celle des autres métaux. — Physique du fer, A. 21. — Chimique du fer, 26. — Du fer brisant, 66, — de l'acier cimenté, 77. — Des houilles sèches, B. 30, — maigres, — grasses, 31.
- PROVISION**, *Vorrath*, pour mettre un haut fourneau en feu, B. 178. — Disposition. — Transport, 179.
- PRUSSIANE**, *blauen*, — *Berlinerblau*, — *Blutlauge*. Sel qui a pour base l'acide qui donne la couleur bleue au fer; — précipite les oxides de fer, A. 39.
- PUISSANCE**, *Mächtigkeit*. Des gîts de minerais. — Etendue, — largeur, A. 118.
- PULVÉRISATION**, *Pulverisiren*, — *Zerreiben*. Action de réduire en poudre les minerais, lorsqu'on les essaie, A. 137. — Est désavantageuse pour les fondre dans les hauts fourneaux, 160. — Quels minerais doivent être pulvérisés, 178.
- PYRAMIDAL**, *Pyramidisch*, — *Pyramidalisch*. Forme extérieure des hauts fourneaux, A. 181. — Forme des cuves. — Dans quels pays elles existent, 191. — Leurs avantages et leurs inconvénients, 201–202.
- prismatique, *Pyramidalische und Prismatische*. Pyramide surmontée d'un prisme. — Forme extérieure des hauts fourneaux, A. 181. — Forme intérieure des cuves. — Dans quels pays elles existent, 191. — Leurs avantages et leurs inconvénients, 203.
- opposée, *Gegentheil, pyramidische Schächte, — Umgekehrte pyramidalische Schächte*. Réunion de deux pyramides par leurs bases. — Forme des cuves de plusieurs hauts fourneaux. — Dans quels pays elles existent, A. 191. — Avantages et inconvénients de cette forme, 203.
- PYRITES**, *Kies*. Combinaison de soufre et de fer. — Rendent les fers brisants, C. 156.
- cuivreuses, *Kupferiges Kies*, — *Kupferkies*. Combinaison de soufre, de fer et de cuivre. — Sont employées pour détruire l'engorgement des creusets, B. 241.
- de fer, *Eisenkies*, A. 28–85–107. (*voyez Pyrites*.)
- magnétique, *Magnetkies*, A. 85. Pyrite de fer qui a la propriété magnétique.
- PYROMÈTRE**, *Feuermesser*. Instruments pour mesurer les hautes températures; — par la loi de refroidissement du fer; — par l'augmentation de volume des métaux, — par la capacité de chaleur, A. 22; de Wedgwood, 23.

Q.

- QUANTITÉ d'air**, *Menge der Luft*. Lancé par les machines soufflantes, B. 85; — par les soufflets de bois, 86-87; — par les prismes, 87; — les cylindres, 88. — Inexactitude, 88-89. — Déterminée par la vitesse du courant, 91; — par la pression de l'air, 95. — Formule qui l'exprime, 97. — Application, 98. — Addition, 99. — Variation. — Application aux trompes, 100; — aux régulateurs, 103.
- de charbon consumé, *Menge der verbrannten Kohlen*. De charbon de bois pour obtenir cent parties de fonte dans différents pays, B. 38. — Quantité moyenne. — De charbon de houille, 39.
- QUARTZ**, *Quarz*, — *Kiesel*. Pierre silicée, A. 93-127. — Ajouté dans l'affinage de l'acier, D. 55-63-66. — Pourquoi, 57.
- aluminifère, *alaunartiger Quarz*. Silice qui contient de l'alum, A. 127.
- arénacé, *sandiger Kiesel*, — *körnigter Quarz*. Silice sableuse pulvérulente, A. 127.

R.

- RABAT-MARTEAU**, *Hammerschlag*. (voyez Ressort.)
- RABLE**, *Rührhacken*. Instrument de fer ou de bois pour étendre le minéral, le charbon, etc. — Employé dans les fourneaux de réverbère, A. 168. — Pour ramasser le charbon, B. 181.
- RABOT**, *Stobel*. Instrument de bois ou de fer pour remuer les minerais dans l'eau, A. 151. pour étendre le sable, B. 259.
- RACLOIR**, *Kratze*. Lame de fer pour racler le sable des moules, B. 277.
- RAFFINAGE**, *Fein brennen*. Opération par laquelle on purifie le métal. — De l'acier brut et forgé. — Distinction et séparation des aciers, D. 110. — Des troussees. — Travail qu'elles éprouvent. — Aciers qu'elles donnent. — Marque de l'acier, 111. — Applicable aux aciers de France, 114.
- RAPE**, *Raspel*. Instrument à dents pour réduire en poudre des substances molles. — Pour mouler en sable, B. 278. — A bois. — Sa fabrication, D. 200.
- RANGUETTE** ou Rangette Tôle de grande dimension. — Comment on la fabrique, C. 270.
- RASSE** Mesure d'osier pour charger le charbon, B. 180.
- RATEAU**, *Harkenliste*, — *Krichelrechen*. Instrument à dents pour ramasser le charbon, B. 181.
- RAUHSTAHL**, *Rauhstahl*. Acier brut. D. 110.
- RÉCHAUD** (tôle à) (voyez Tôle à réchaud.) C. 262.
- RECINGLER** Cingler une seconde fois une pièce qui ne l'a pas été suffisamment.
- RECRÉMENT** de forge Matière impure que le feu sépare des minerais, des fontes et des fers.

- RECUI**, *Ausglühung*. Échauffement que l'on fait subir au fer ou à l'acier pour le rendre plus mou. — Du fer pour lui faire perdre son nerf, C. 328; — de l'acier pour diminuer la dureté de la trempe, D. 150. — Température nécessaire. — Le recuit n'est pas toujours indispensable. — Comment on l'évite. — Température constante. — Son évaluation, 151. — Différentes méthodes. — Couleur des oxides. — Combinaison de quelques corps, 152. — Variation dans les refroidissements, 153. — Recuit des ressorts d'horlogerie, 222; — des armes, 241; — des faux, 250.
- RECUISON**, *Ausglühung*, du fil de fer. — Précaution. — Température, C. 328.
- RÉCURAGE** de la tôle, *Scheuern des Blechs*. Travail qu'elle éprouve pour enlever l'oxide qui est resté après le décapage, C. 288.
- REDRESSAGE**, *Gerade richten*, — *Geradrichtung*, des barres de fer, C. 225.
- REDRESSER** le fil de fer, *geraderücken*. Lui faire perdre les plis qu'il a contractés, C. 333.
- RÉDUCTION**, *Auflösung*, — *Reducirung*, des minerais. — Enlever leur oxigène. — Rendue plus facile par le grillage, A. 157. — Des minerais de fer dans les bas et les moyens fourneaux, C. 102-113.
- REFONDU**, *Umschmelzung*. (voyez Fonte refondue.)
- REFOULOIR** Paquet de fonte mise à fleur de terre.
- REFROIDISSEMENT**, *Verkühlung, Abkühlung*, trop prompt des fontes, les blanchit, B. 211.
— Très-lent, adoucit l'acier, D. 202.
- REGISTRE**, *Register*. Ouverture faite aux fourneaux de réverbère pour varier les courants d'air, C. 84.
- RÉGULATEUR** des soufflets, *Wendischregelmässig*, — *Regulator der Blasmuschinen*. Machine ou réservoir qui oblige le courant d'air à sortir avec plus d'uniformité. — Pourquoi on les a inventés. — Leur division, B. 79. — A eau. — Leur construction. — Leurs défauts. — Correction, 80. — A frottement. — De Montcenis, 81. — Simple et sans piston. — Machine soufflante qui se régularise, 82; — à réservoir; — de Devon. — Description. — Observations, 83. — Avantage lorsqu'ils sont secs. — Caves à eau. — Variation dans la vitesse de l'air, 84. — Analyse appliquée, 85, — comparée à l'observation, 86. — Régulateurs comparés entre eux, — à cuves. — Leurs inconvénients. — A caves. — Leur humidité. — Observation, 136. — Régulateurs à pistons. — Préférables. — Dans quelles circonstances, 137.
— d'horloge Mouvement particulier qui régularise le mécanisme des pendules et des montres. — Balancier, — ressorts, D. 214.
- RÉGULE** de fer, *Eisenkönig*, — *Roheisen*, A. 39. (voyez Fonte.)
- RELEVER** le fourneau Enlever le laitier amalgamé avec les charbons à l'entrée du creuset des hauts fourneaux, pour que le laitier intérieur puisse couler facilement.
- RENARD**, *Fuchs*. Fonte affinée dans le creuset des hauts fourneaux, B. 304. — Loupe formée dans une renardière. — Pièce cinglée, C. 210.
- RENARDIÈRE**, *Frischfeuer*. Fourneau d'affinerie dans lequel on fond la gueuse et l'on chauffe les lopins à-la-fois, C. 9-39. — Leur avantage, 147-206-210.

RÉPARATIONS, *Ausbesserung*, que doivent éprouver les fontes moulées, B. 318.

RÉSERVOIR à air, *Luftbehälter*, B. 85. (voyez Régulateur.)

RÉSISTANCE des fontes, *Widerstand*. Force qui agit contre une autre. — Forces de cohésion qui s'opposent à leurs ruptures. — Différences qu'elles présentent, A. 48. — Plus grande dans les fontes grises. — Varie dans un même fourneau. — Augmente dans une seconde fusion, 49. — Des fers ductiles. — Expérience de Texier de Norbeck, 60; — de Mussenbroech. — De différents métaux, 61. — Diminue par une incision faite au fer, 62. — De l'acier, — plus grande que celle du fer, 70. — Des ressorts. — Épreuve, D. 228.

— de l'air, *Luftwiderstand*, dans de longs tuyaux, B. 103.

RESSORT, *Spannfedern*, — *Federkraft*. Corps qui se déforme par l'action d'une force, et qui reprend sa forme primitive lorsque la force cesse d'agir. — Substances avec lesquelles on les construit, D. 213.

— d'acier, *Stahlfedern*, sont les meilleurs que l'on obtient avec des corps solides, D. 213.

— de l'air, *Luftfedern*, — *Schnellkraft*, — *Elasticität der Luft*, — *Federkraft der Luft*. On le mesure par la pression. — Rapport entre les méthodes employées pour le mesurer. Elles donnent le même résultat. — Transformation de l'une dans l'autre, B. 94. —

Tableau de transformation. — Application, 95. — Formule que donne l'analyse, 97.

— d'horlogerie, *Uhrmacher-Kunstfeder*, — *Uhrfedern*. Bandes d'acier élastiques. — Leur fabrication. — Historique, D. 213. — Combien il en existe. — Lesquels on décrira, 214. — Aciers. — Étoffe. — Propriété. — Trempe des aciers minces, — épais, 215. — Différences relativement aux ressorts. — Formation des *lames de pendule*. — Étirement à chaud, — à froid, 216. — Recuit. — Malléation. — Fentes. — Mise d'épaisseur. — Épreuve. — Lames pour les montres. — Acier. — Étirement. — Aplatissement, 217. — Mise d'épaisseur. — Lames pour les balanciers. — Acier. — Étirement. — Aplatissement, 218. — Trempe. — Condition. — Préparation pour la chauffe. — Roue. — Chauffe uniforme, 219. — Trempe dans l'huile. — Des ressorts de pendule, — de montre, 220; — de balancier. — Dresser une lame. — Ce que c'est, 221. — Faire revenir, — température. — Mise d'épaisseur. — Épreuve, 222. — Bleuissement, — des ressorts de pendule, 223; — de montre. — Fixer. — Ce que c'est. — Préparation. — Chauffe. — Température, 224. — Nombre de fois que l'on fait revenir. — Flexibilité. — Comment on l'obtient. — Machines employées, 225. — Passer par les grands plombs. — Opération. — Poli. — Bleuissement, 226. — Pli et fixation de pli. — Ouverture des crochets. — Courber les lames. — Fixer la courbure, — des ressorts de pendule, 227; — de montre, 228; — de balancier. — Chauffer les bouts des grands ressorts. — Ouvrage à consulter, 229.

— de marteau, *Hammerfeder*, — *Spannholz*. Morceau de bois placé parallèlement au manche du marteau, qui est soulevé avec lui, et qui augmente la force de sa pression, C. 187. — Exécuté par MM. Wächler, — O'Relly, 195.

- RESSORT** des soufflets. Morceaux de bandes d'acier qui compriment les liteaux contre le volant.
- RÉTREINDRE**, *Ein Stück Eisen hohl schlagen*. Diminuer le diamètre d'un cercle en le martelant. — Préparation. — Opération, C. 306. — Pièces que l'on rétreint. — Division de l'opération. — Redressage des zones. — Retreint des casses, 307.
- REVENIR**. (*voyez Recuit*.)
- RÉVERBÈRE**. (*voyez Fourneau de réverbère*.)
- REVÊTEMENT**, *Verkleidung*, en bois des hauts fourneaux, A. 184.
- RIBLONS**, *Eisen und Stahl-Abfall*. Fer ou acier gercé, des extrémités des barres forgées, D. 94. — D'acier, sont fondus en Angleterre. — Avantages qu'ils en retirent pour la fabrication de l'acier, 96. — Leur usage. — Manière de les travailler, 118.
- RINGARD**, *Hebeisen*, — *Kehrstange*, — *Stech Eisen*. Barre de fer pour manœuvrer dans les fourneaux, A. 168, — B. 181. — A dents de loup, C. 15.
- RIGOLE** pour la coulée de la fonte Petit fossé creusé pour faciliter l'écoulement de la fonte et la diriger dans les moules, B. 301. — Précaution qu'elle exige, 302.
- ROCHE** (ordon) (*voyez Ordon en roche*.)
- ROCHE**, *Gebirgsart*. Masse des pierres qui constituent les montagnes. — Leur division d'après Haüy, A. 125; — Werner, 127.
- amphibolique, *Hornblendische Gebirgsart*, A. 126.
 - argileuse, *Thonartige Gebirgsart*, A. 126.
 - calcaire, *Kalkstein*. A. 126.
 - cornéenne, *Kornennische Gebirgsart*, — *Trappgebirg*, A. 126.
 - d'alluvion, *ausgeschwemmtes Gebirg*, A. 128.
 - de topase, *Topasfels*, A. 127.
 - feldspathique, *feldspathartiges Gebirg*, A. 126.
 - jadienne, *Jadesartiges Gebirg*, A. 126.
 - micacée, *Glimmerartiges Gebirg*, A. 126.
 - pétrosiliceuse, *Petrosiliche Gebirgsart*, A. 126.
 - primitive, *Urgebirgsart*, A. 127.
 - quartzeuse, *quarzartiges Gebirg*, A. 126.
 - serpentineuse, *Serpentinstein Gebirg*, A. 126.
 - talqueuse, *Talkige Gebirgsart*, — *Talkgebirgsart*, A. 126.
 - transiforme, *Uebergangsgebirg*, A. 127.
 - volcanique, *Vulkanische Gebirgsart*, A. 128.
- ROHRBRECHT**, *Rothbrüchig*. Fer brisant, rouverain, C. 166.
- ROGNAGE**. (*voyez Rogner la tôle*.)
- ROGNER** la tôle, *Blech beschneiden*. (*voyez Équarrissage*.)
- ROGNEUR** de tôle, *Blechbeschneider*, C. 277.
- ROGNEUR** de tôle, *Abschnittsblech*. Son usage. C. 278.

- ROGNONS** (mines en), *Nierig*, — *Nierenerz*, A. 119.
- ROMAINE**, *Scnellwage*. Lévier pour peser; espèce de balance, B. 181.
- RONDELLE**, *Scherbe*, — *Scheibe*. Disque d'acier percé dans le milieu pour le fixer sur un arbre. — Leur usage pour découper le fer. — Leur arrangement, C. 246.
- de fourchettes Petites rondelles placées entre les grandes, pour séparer les baguettes de fer refendues. — Leur arrangement, C. 246.
- de taillants Grandes rondelles pour découper. — Leur arrangement, C. 246.
- ROSE** de l'acier, *Stahlblume*. Tache de couleur d'iris distinguée dans la cassure des barres d'acier de forge, A. 75. — Comment elle se forme. — Opinion sur ses effets, D. 141.
- ROUBLONS**. (*voyez* Riblons.)
- ROUE** à aube, *Räder mit Schaufeln*, — *Schaufelrad*, qui est armée, sur la circonférence, de plans que l'eau choque pour la faire mouvoir, A. 178;—C. 187.
- à auges, *Räder mit Kasten*, — *Kastenrad*, qui est couverte d'espèce d'auges sur sa circonférence, pour recevoir l'eau qui tombe dedans, et la faire tourner par son poids, C. 187.
- dentée ou dentelée, *Stirnrad*, qui a des dents pour engrener et tourner avec d'autres roues, A. 178.
- hydraulique, *Kunstrad*, que l'eau fait mouvoir. — Employée près des hauts fourneaux. — Leur couvert, A. 189. — A aubes, — à auges, — à ailes, — à pots, B. 111.
- Comment elles font mouvoir les soufflets, 112; — lorsqu'elles en sont éloignées. — Appliquées au mouvement des pistons, 115. — Leur division. — Canaux qui leur fournissent l'eau nécessaire, C. 187. — Clapet. — Vannes, 188. — Disposition particulière, 189. — Avantage de cette disposition, 190. — Roues en bois, — en fer, 203. — Des fenderies. — Leur nombre. — Leur placement pour un équipage simple, — double, — quadruple. — Usage d'une seule roue pour un ou plusieurs équipages, 249-250.
- ROUGE** d'Angleterre Oxide de fer employé pour polir. — Comment on l'obtient. — Procédé de Machy. — Retiré du sulfate de fer, — des argiles ochreuses, D. 178.
- Procédé de Frédéric Cuvier. — Éthiops martial, 179. — Procédé d'O'Relly. — Matières qui peuvent y suppléer. — Division des rouges. — Qualité des oxides, 180.
- Leur dureté. — Caractère des rouges. — Leur analogie avec le fer oligiste, 181.
- Diverses manières de le préparer, 182.
- ROULEAU**, *Rolle*, — *Walze*. Cylindre employé pour mouvoir des pièces pesantes, — pour transporter les gueuses, B. 181; — pour mouler en sable, 277.
- ROULEMENT** d'un fourneau, *Umgang des Ofens*. Son travail depuis sa mise en feu.
- ROUVERAIN**, *Rothbrüchig*. Défaut des fers, de briser, en les forgeant, lorsqu'ils sont chauds, A. 66. (*voyez* Fer brisant), C. 166.
- RUSTINE**, *Reuchen*, — *Hinterwand*. Face verticale du fond des creusets, A. 188.— Elle est perpendiculaire ou inclinée au plan qui sépare en deux parties égales le creuset des

hauts fourneaux dans le sens de sa longueur, 228. — Sa position relativement à la nature des minerais, 230. — Position de sa pierre, 248. — Dans les creusets d'affinerie, C. 10.

S.

SABLE, *Sand*. Terre quartzreuse réduite en très-petits grains. — Entre dans la composition du flux de Schlutter, A. 139; — pour construire des creusets des hauts fourneaux; — pour les étalages, — l'ouvrage, 249, — Dont on recouvre le fond des creusets, B. 198. — Pour mouler à découvert, 258. — Pour mouler dans des châssis. — Comment on le modifie. — Usage des anciens sables, 278. — Pour les moules de médailles, 281. — Ajouté dans l'affinage de l'acier, D. 55. — Pourquoi, 57. — Dans lequel on trempe l'acier, 146.

— (trempe dans le), *im Sand härten*. Refroidissement de l'acier, dans le sable, pour le durcir, D. 146.

SABLEUR. Ouvrier qui fait les moules de fontes marchandes.

SABRE, *Säbel*. Épée à lame large qui ne coupe que d'un côté. — Européens et asiatiques. — Leur usage. — Qualité de l'acier employé, D. 231. Étoffe; — sa composition, 232.

SAC à charbon, *Kohlensack*, pour transporter le charbon, B. 15. — Pour contenir la poussière dont on saupoudre la surface des moules en sable, 278.

SAPIN, *Tannenbaum*, — *Fichte*. Poids d'un décimètre cube de bois, B. 4; — d'un mètre cube de charbon, 4-5-6. — Température de son inflammation, 11.

SAPINETTE. Poids d'un décimètre cube de bois, B. 4.

SAUMON, *Eisenmulde*, — *Eisenganz*. Fonte de fer en prisme de deux à cinq quintaux, B. 206. — Leurs moules, 207. — Leur coulée, 209.

SAUT. Pente où l'eau commence à tomber sur les aubes des roues.

SAVEUR, *Geschmack*. Sensation produite sur l'organe du goût. — Du fer, A. 22.

SCHARZ-STAHLE, *Scharzstahl*. Acier pour les tranchants, pour les taillandiers, D. 111.

SCHELIN, *Schelin*, — *Wolfram*. Sa combinaison avec le fer, A. 32.

SCHIFFUNG, *Schiffung*. Poids suédois, C. 53.

SCHISTE, *Schiefer*. Pierres feuilletée servant de gangue, B. 148.

— à polir, *Polirschiefer*, employé dans la fabrication des aiguilles, D. 194-195.

— argileux, *Thonschiefer*, qui contient de l'argile, A. 127.

— micacé, *Glimmerschiefer*, qui contient du mica, A. 220-121-127-253.

— siliceux, *Kieselschiefer*, qui contient de la silice, A. 127.

SCHISTEUX, *Schieferartig*, qui est feuilleté. — Oxide terreux argileux, A. 110.

SCIURE de bois, *Holz sägspäne*, entre dans la composition de flux, A. 139.

SCORIES, *Schlacke*. Verres terreux tenant de l'oxide de fer en dissolution. — Coulent avec la fonte dans les fourneaux de Styrie. — Opinion des métallurgistes sur la distinction de laitiers, B. 139. — Opinion de l'auteur, 140. — Elles dissolvent

- l'oxide de manganèse, 169. — Leur séparation d'avec la fonte dans le travail des *blettes*, 210, — indique l'état du haut fourneau, 229-230. — Leur séparation du fer, C. 3. — Leur action dans l'affinage de la ferraille, 20. — Leur écoulement pendant l'affinage de la fonte, 38. — Addition dans l'affinage de la fonte truitée, 40. — Dissolvent l'oxidule de fer, 47-48. — Indiquent le degré d'affinage, 48. — Leur caractère lorsque le fer est trop carboné, — trop oxidé. — Correctif. — Choix dans celles que l'on ajoute, 49. — Leur usage dans l'affinage styrien, 57. Leur écoulement, 61-63. — Dans les fourneaux de réverbère, 90. — Leur action sur l'oxidule, 104. — Leur écoulement dans le travail à la catalane, 119. — Perte de fer qu'elles occasionnent, 123-124. — Combien elles entraînent de fer, 147. — Peuvent corriger les défauts des fers, 175. — Leur effet dans le fer que l'on cingle, 180. — Leur action dans le chauffage, 212. — Leur action sur l'oxide de fer, 241. — Enlèvent le manganèse aux fontes, D. 76-79. — Sont moins écoulées dans le travail de l'acier que dans celui du fer, 101-103.
- pauvres, *dürftige Schlaken*, qui contiennent peu de métal. — Leurs usages, D. 57.
- riches, *reiche Schlaken*, qui contiennent beaucoup de métal. — Leurs usages, D. 58-60.
- SECOUEUX** ou **SECOUEUR**..... Instrument de bois qui sert à rompre les chapes des moules après y avoir coulé la fonte, B. 278.
- SEIPEN-WERCK**, *Seifenwerck*. Lieux où on lave les minerais. — Amas de minerais par dépôt, A. 119.
- SEL** gemme, *Kernsalz*, — *Steinsalz*. Sel déposé, interposé, ou disséminé, dans les roches et dans les laves.
- marin, *Bodensalz*, — *Seesalz*, que l'on retire des eaux de la mer. — Entre dans la composition des flux, A. 139. — Ne rend pas le fer brisant. — Expérience, C. 155.
- SEMELLE**, *Stutz*, — *Bande*. Pièce de bois qui sert de base aux bocards, — aux fourneaux.
- SEMELLE**,..... Morceau de fer qui a été préparé, plié et forgé pour le travail de la tôle, C. 270.
- SERPENTINE**, *Serpentin*, — *Serpentinstein*. Roche formée de quartz, de magnésie, d'alumine et de fer, A. 120-127-240-253. — Gangue de, B. 148.
- SERRURE**. (*voyez Tôle.*) C. 262.
- SERVANTE**, *Mag*. Anneau de fer pour serrer les tenailles, C. 15.
- SIAM**, (*voyez Affinage pour fer.*) C. 132.
- SIDÉRITE**, *Siderit*, — *Phosphoreisen*. Phosphate de fer. — Rend le fer cassant, C. 152.
- SIDÉROTECHNIE**..... Mot composé de *σιδηρος*, fer, et *τεχνη*, art. *Art de traiter le fer.*
- SIDÉRURGIE**..... Mot composé de *σιδηρος*, fer, et *εργον*, travail. *Art de fabriquer le fer.*
- SIÉNITE**, *Syenit*, A. 127.

- SIGNES**, *Zeichen*, pour juger de la marche des fourneaux, B. 227. — De l'affinage de la fonte, — du fer, C. 48. — Par les scories, — par la couleur de la flamme 49; — par celle du fer, 50.
- SILICE** *Kieselerde*, terre quartzreuse soluble dans les alkalis; — contenue dans la fonte, A. 41-50; — dans les oxides terreux en fragments agglutinés, 113. — Sa proportion dans les minerais de fer, 116-130. — Est infusible seule, B. 155. — La plus fusible des quatre terres, 156-162. — Infusible avec une seule terre, 156. — Devient fusible avec deux autres terres, 157. — Est fusible avec trois autres, 158. — Son action sur l'oxide de fer, 160. — Dissout les oxides de fer et de manganèse. — Elle augmente de fusibilité, 167. — Ajoutée dans l'affinage du fer, C. 46, — dans l'affinage de l'acier, D. 57.
- SOIE** des armes. Morceau de fer soudé à la lame pour former la poignée, D. 240.
- SOLE** (pierre de), *Bodenstein*, — *Sohlenstein*. Pierre placée sur la sole des fourneaux. — Des stuck ofen, C. 8. (*voyez* Pierre de sole.)
- des fourneaux de réverbère, *Reverberischer Boden*, — *Sohle des Reverberirofens*. Surface intérieure sur laquelle on place les matières que l'on veut griller ou fondre, A. 168, B. 306-308.
- SOLIERE**. Fer aplati en verge carrée de cinquante-quatre lignes de largeur sur six d'épaisseur.
- SORNES**. Masse qui reste dans les foyers lorsque l'on a cessé le travail, B. 243.
- SOUCHONS**. Petites barres de fer de quarante-huit lignes de large sur dix-huit d'épaisseur, C. 232.
- SOUDAGE** du fer et de l'acier, *Aufschweisung*, — *Schweissen des Eisen und Stahls*, est empêché par l'oxide, D. 124. — Destruction de son action, 125. — Préparation que l'on fait subir à l'acier pour le souder facilement, 126. — Soudage des trousses, 249. (*voyez* Cémentation rétrogradée.)
- SOUFFLANTE**, (*voyez* Machine soufflante.)
- SOUFFLERIE**. Équipage complet d'un soufflet.
- SOUFFLETS**, *Blasbälge*, de fourneau d'essai, A. 136. — En général, B. 57; — de peau de bouc. — Division des soufflets, 65; — de cuirs, — cylindrique, — conique, — d'orgue, 66, — à une soupape; — leur inconvénient. — A deux soupapes; — comment ils aspirent et inspirent l'air, 67. — Hydraulique, 69; — de Triewald; — de Johne Laurie, 70; — de Baader. — Inconvénient. — Amélioration, 71. — De bois. — Leur histoire, 73. — Leurs descriptions. — Auteurs qui les ont fait connaître, 74. — Quantité d'air qu'ils lancent, 75. — Cylindrique, 76; — quantité d'air produit par ceux de Marche-sur-Meuse. — Comparaison avec les soufflets de bois, 77. — Simples. — Discontinuité d'air lancé, 78. — Leur accouplement, 79. — Volume des soufflets de bois ordinaires, 85. — Déterminé par Bouchu, 86; — par Grignon. — Volume des soufflets quadrangulaires de Guérigny, 87. — Cylindrique du Creusot, 88. — La quantité déterminée par le vide est plus grande que

- celle que les machines lancent. — Pourquoi, 88—89. — Quantité d'air déterminé d'après la vitesse de la sortie, 91; — d'après le ressort de l'air et l'ouverture de l'orifice, 95. — Formule obtenue par l'analyse, 97. — Application. — Variation, 98. — Addition à la formule, 99. — Influence de la chaleur; — de l'humidité. — Application aux trompes, 100; — aux régulateurs, 103. — Force employée pour mouvoir les soufflets, 106. — Force musculaire des hommes, 107. — Soufflets qu'ils meuvent. — Des maréchaux, 108. — Des fondeurs ambulants. — Des forgeurs d'enclumes. — Des forges de Madagascar. — Chevaux employés, 109. — Des chiens. — De l'eau, 110. — Roues hydrauliques employées, 111—112—113—114—115. — Machine à colonne d'eau, 119. — Machine à vapeur, 121. — Soufflets de bois comparés aux soufflets d'orgues; — aux machines soufflantes cylindriques, 126. (*voyez* Machine soufflante.)
- SOUFRE**, *Schwefel*. Se combine avec le fer à deux degrés de saturation, A. 27. — Proportion au maximum, — au minimum. — Comment on opère cette combinaison, 28. — Ses affinités pour le fer, 29. — Trouvé dans les fontes, 55; — dans le fer, 58; — dans l'oxide de fer terreux, 109; — dans les minerais de fer, 130. — Vaporisé dans le grillage, 159—169. — Partie à l'état de soufre, — partie à l'état d'acide sulfureux. — Expériences de Gueniveau et de Gay-Lussac, 169. — Il faut un grand courant d'air, 170. — Sa séparation du fer, C. 3. — Rend le fer brisant, 154.
- SOUFAPE**, *Ventell*, — *Windklappe*. Diaphragme mobile qui permet, par son mouvement, l'entrée ou la sortie d'un fluide. — A clapet, B. 64. — Des soufflets simples ou doubles, 65—74.
- SPATH calcaire**, *Kalckspath*. Roche calcaire lamelleuse, A. 107. — pesant, *Schwerspath*. Roche barytique lamelleuse, A. 107.
- SPATHIQUE**. (*voyez* Fer spathique.)
- SPATULE**, *Spadel*. Barre de fer terminée en cuiller plate, C. 14.
- SPÉCIFIQUE**. (*voyez* Caractère), A. 83. (*voyez* Pesanteur, Densité.)
- SPÉCULAIRE** (fer), *Spiegeleisen*, A. 85. (*voyez* Fer spéculaire.)
- STALACTITE**, *Stalactit*. Concrétion pierreuse, A. 122.
- STATUES**, *Bildsäule*, — *Statue*. Se moulent mieux en terre qu'en sable, B. 272. (*voyez* Moulage.)
- STÉATITE**, *Steatit*. Pierre molle et onctueuse, A. 120; — de gangue, B. 148.
- STIGAR**, *Stiger*. Mesure de charbon employée en Suède, C. 53.
- STOCK d'enclume**, *Ambosstock*. Gros billot de bois qui supporte l'enclume, C. 185—265.
- STOCK-WERCK**, *Stockwerck*. Gîte de minerais en masse, A. 118.
- STRAHLSTEIN**, *Strahlstein*. Actinote aciculaire, A. 120.
- STRATIFICATION des minerais**, *Schichtung*. Arrangement par couches superposées et successives, B. 187.
- STUCK**, *Stück*. Masse de fonte retirée du traitement des minerais par une méthode particulière. — Contient du fer et de l'acier, D. 103. — Leur situation respective. — Cau-

- ses, 104. — Elle diffère de celle des masseaux. — Pourquoi. — Affinage des stucks, 105.
- STUCKOFEN, *Stuckofen*. Fourneaux dans lesquels on obtient des stucks. — On les emploie en Styrie, A. 9—180. — Forme de leur cuve, 191. — Décrit par Courtivron, — Marcher; — d'Eisenarz, — de Schmalkalden. — Décrit par Jars et Duhamel, C. 7. — Leur construction. — Pierre de sole. — Ouverture de la tuyère. — Cheminée. — Travail qui s'y exécute, 8. — Leur dimension, 141. (*voyez* Affinage.)
- SUBSTANCE pour tremper l'acier, *harte Materie*, — *Substanz zum Stahl härten*. Opinion. — Préjugé. — Expériences, D. 143. — Résultat. — Division des matières employées, 144.
- SUER le fer Lui donner une chaude complete.
- SUIF, *Talg*, — *Unschlitt*. Sert à enduire l'intérieur des moules, B. 267. — Employé pour couvrir les bains d'étain, C. 294. — Pour tremper l'acier, D. 146.
- SULFATES, *Vitriol*. Combinaison de l'acide sulfurique avec une substance. — Sont détruits par le grillage et l'eau, C. 165.
- de baryte, *Schwererdischer Vitriol*. Combinaison d'acide sulfurique et de baryte. — Mêlé dans les minerais de fer, A. 107. — Action du manganèse pour détruire les vices qu'il occasionne, D. 80.
- de fer, *Eisenvitriol*. Combinaison d'acide sulfurique et de fer. — Dans les oxides de fer terreux, — argileux, A. 110.
- SULFATÉ. (*voyez* Fer sulfaté.) A. 84.
- SULFURÉ. (*voyez* Fer sulfuré.) A. 84.
- SULFURE de fer, *Schwefeleisen*, — *Geschwefeltes Eisen*. Combinaison de soufre et de fer. — On en distingue deux sortes, A. 27; — au maximum et au minimum. — Analysé par Gueniveau, 28. — Se trouve dans les oxides de fer terreux argileux, 110.
- SULFURE de plomb, *Schwefelblei*, *Geschwefeltes Blei*. — Combinaison de soufre et de plomb dans les oxides de fer terreux argileux, A. 110.
- de zinc, *Schwefelzinck*, *Geschwefelter Zinck*. Combinaison de soufre et de zinc mélangé dans les oxides de fer terreux argileux, A. 110.
- SURCHAUFFER le fer Lui donner une chaude forcée qui le décompose et le fond en oxide de fer.
- SUSPENSION de travail dans les hauts fourneaux, *Ausblasen*. Cause qui la détermine, — pendant quelques heures, B. 242. — Méthode employée, — en France, — en Suède. — Pendant plusieurs jours. — Précaution avant de suspendre. — Travail pendant la suspension, 243. — Reprise du travail. — Suspension pendant plusieurs mois, 244.
- SYNTHÈSE, *Synthesis*. Art de mettre ensemble, de composer un tout avec ses éléments. — Essais par la synthèse pour déterminer les causes des vices des fers, C. 160.
- SYRIE (traitement du fer dans la), *Syrische Eisenarbeiten*, C. 132.

T.

TARARIN. Morceau de bois qui forme la clef de la charpente du dôme.

- TABLEAU**, *Verzeichniss*. De la ténacité des fontes, A. 48. — Des analyses de la fonte, 51. — De la ténacité du fer, 61. — De l'analyse de l'acier, 72. — Des minerais de fer oxidulés et métalloïdes, 90. — Des fers spathiques, 96. — Des oxides mêlés d'oxidules, 101. — Des oxides mamelonnés, 104. — Des oxides de fer compacte, 106. — Des oxides des fers terreux en gros morceaux, 108. — Des oxides limoneux, 110. — Des fers oxidés terreux en fragments agglutinés, 113. — Des fers oxidés terreux en fragments séparés, 114. — De plusieurs hydrates, 117. — Des essais des minerais par la voie sèche, 145. — De la consommation et des produits de vingt-cinq hauts fourneaux de Styrie et de Carinthie, 208. — De la consommation et des produits de seize hauts fourneaux de différents pays, 210. — Des dimensions des creusets relativement au minéral que l'on traite, 231. — Des charges de différents fourneaux, et du temps qu'elles mettent à descendre, B. 218.
- TACHE** du fer par les acides. Substance contenue dans le fer, laissée par les acides sur la surface de ce métal, en le dissolvant, A. 64-65.
- TAILLE** des limes, *Feilenschnitt*. Formation des aspérités avec lesquelles on lime et use la surface des métaux, D. 203. — Loi de l'écartement des tranches, 204. — De leur croisement, 205.
- TAILLANTS** des fenderies. Rondelles de fer fixées dans un axe pour découper le fer, C. 247. — Leur refroidissement, 249. — Leurs dispositions et leurs arrangements, 256.
- TAIN** (mise au), *Verzinnen*. Etamage des feuilles de tôle, C. 279-288. (*voyez* Mise au tain.)
- TALCK**, *Talk*, A. 120. Pierre qui se divise facilement en lames minces et éclatantes.
- TALONS** des faux. Courbure qui sert à les fixer dans le manche qui les supporte, D. 249.
- TAMIS**, *Sieb*. Machine dont le fond est perforé pour laisser passer des substances plus ou moins fines. — Nécessaires dans les essais par la voie sèche, A. 132; — employés pour laver les minerais. — Disposition des mailles, 151, — pour passer la poussière de charbon, D. 32.
- TAMISAGE**, *Siebung*. Action de faire passer des substances par le tamis.
- TAQUERET**. Plaque de fonte que l'on pose sur la tympe, et que l'on appuie contre le creuset pour soutenir les étalages.
- TAQUES**, *Platten*. Plaques de fonte qui environnent les creusets d'affinerie, C. 11. (*voyez* Plaques.)
- TARTRE**, *Weinstein*. Sel qui se dépose dans les tonneaux qui contiennent du vin. — Ses divisions, A. 138.
- blanc, *Weisser Weinstein*; entre dans la composition du flux blanc, A. 138.
- rouge, *wother Reinsten*; entre dans la composition du flux noir, A. 138.
- **TAS**, *Kleiner Ambösel*. Petite enclume, cube de fer acéré et poli sur une face; — nécessaire pour les essais des minerais, A. 136.

TEMPÉRATURE, *Witterung*, de la fusion du fer d'après Makensie, A. 63. — Des hauts fourneaux. — Lois de sa répartition dans le sens de leur hauteur, 193. — Modification que cette loi éprouve par les parois, — par le combustible, 194. — Loi qu'elle suit avec la surface des tranches, 196. — Manières de déterminer les hautes températures, 196, 197. — Explication de la loi, 198. — Ligne de plus haute température. — Comment on la détermine, 199. — Examen de sa répartition dans les hauts fourneaux de différentes formes, — prismatiques, 200. — Pyramidal posé sur sa troncature, 201. — Posé sur sa base, 202. — Pyramidal prismatique et pyramidal opposé, 203. — Diminué par l'humidité des fourneaux, 235. — De l'inflammation des charbons, B. 10. — Varie avec l'état de l'air, — la nature du bois, 11. — De l'inflammation de la tourbe, 24. — Que produisent les différents charbons, 34. — Discussion sur cette température, 35. — Ordre des températures relativement aux différents charbons, 36. — Sa distribution dans un haut fourneau, 215. — Varie avec la proportion du minéral, 221. — Accroissement et fixation depuis la mise en feu, 223. — Diminution de celle d'un haut fourneau lors de sa *mise hors*, 245. — Des pièces de fonte que l'on forge. — Soins qu'elle exige, C. 211. — Difficulté de la connaître, 212. — De la fusion de la fonte de fer, D. 23. — Des fourneaux de cémentation, 37-38. — De la fusion de la fonte, du fer et de l'acier, 84. — De l'acier-poule pour être forgé, 116. — Pour forger l'acier fondu, 122. — De l'acier que l'on chauffe distingué à la vue, — à la couleur. — Degré du pyromètre de Wedgwood correspondant, 135. — Constante. — Comment Newton la détermine, 136. — Tableau de Thomson sur la température des solidifications et des gazifications, 137. — Constante, — comment on l'obtient, 138. — Du recuit. — Sa détermination, 151. — A laquelle on obtient les diverses couleurs de l'oxide de fer, 152. — De l'ébullition de l'eau, 163. — Du plomb; — son usage, 164. — Pour réunir les ressorts, 222. — Pour les fixer, 224.

TEMPÉRER. (*voyez recuit.*)

TEMPS pour affiner l'acier, *Zeit auf Stahl zu frischen*, D. 101-102.

TÉNACITÉ, *Zusammenhalt*, — *Zähigkeit*, — *Zügigkeit*, résistance des fers dans le sens de leur longueur.

— des aciers, *der Zusammenhalt des Stahls*, — *Zähigkeit des Stahls*, est plus grande que celle du fer, A. 70.

— des fers, *Zusammenhalt des Eisens*, — *Zähigkeit des Eisens*, A. 59. — Expériences de Texier de Norbeck, 60; — de Mussembroek, 61; — Diminuée par une incision faite au fer, 62. — Difficulté de la déterminer, C. 182.

— du fer et de l'acier, *Eisen und Stahl Zusammenhalt*, — *Zähigkeit des Eisens und Stahls*, D. 133. — Varie avec les proportions de carbone et avec la température, 134.

— de la fonte, *Zusammenhalt des Roheisens*, — *Zähigkeit des Roheisens*, A. 48.

- TENAILLES**, *Zange*, employées dans les essais. — Leur forme, A. 136. — Employées dans l'affinage du fer, C. 14-15. — Dans le travail des casses, 301. — Pour tirer le fil de fer. — Leur forme. — Leur mouvement, 317. — Différences qu'elles présentent. — Comment elles agissent, 318. — Machines qui les meuvent, 319.
- TENELLES**, *Zänglein*. Petites tenailles employées pour étamer, C. 289.
- TERRE**, *Erde*, ajoutée à l'affinage pour dissoudre l'oxide de fer, C. 46.
- (fusibilité des) *Schmelzbarkeit der Erden*, propriété des terres d'être liquéfiées par l'action du feu. — Des terres qui accompagnent les minerais, B. 148. — Infusibles seules, 155. — Deux à deux, 156. — Peu fusibles trois à trois, 157. — Fusibles quatre à quatre, 158. — Traitées avec de l'oxide de fer une à une, 159. — Deux à deux, 161-162. — Trois à trois. — Quatre à quatre, 163-164. — La silice est la plus fusible, et la magnésie la moins, 164. — Avec des oxides de fer et de manganèse, 166-167-168. — Acquièrent de la fusibilité. — Action de la silice et du manganèse, 169. — Comment on peut rendre les terres fusibles, 170.
- à creuset, *Tiegelerde*, terres avec lesquelles on fabrique les creusets. — Sa composition et sa préparation, D. 23-24.
- à mouler, *Formenerde*. Leur composition, B. 258. — Lieux où on la trouve, 259.
- végétale bitumineuse, *Bituminöse Erde*. — Brune-grise, B. 30.
- TERRAIN**, *Land*, — de tuf, *Tufland*, — limoneux, *Schlammland*, — marécageux, *Moohrland*, sablonneux, *Sandboden*, A. 128. — Propre à servir de sole à un fourneau de grillage, 163.
- TERREUX** (minéral), *Erdige Erze*, qui contient de la terre, A. 108.
- TEST**, *Probirscherben*. Vase de terre pour rôtir et griller les minerais que l'on essaie, A. 137.
- TÊTE** de marteau, *Hammerkopf*, C. 183.
- TÊTIÈRE** de soufflet, *Balgkopf*. Masse carrée qui termine le fût d'un soufflet, où est le centre d'oscillation, B. 66-74.
- THÉORIE** de la fusion, *Schmelzkunde*. Examen, contemplation, explication, démonstration des effets de la fusion. — Dans les hauts fourneaux. — Durée de la descente du minéral. — Sa variation. — Son influence, B. 212. — Grillage des minerais. — Désoxidation par le contact des charbons, 213; — par l'eau vaporisée; — par les gaz carbonés, 214. — État des minerais pendant la descente. — Action des parois. — Fusion. — Goutte de fonte, 215. — Leur état, — leur couleur. — Effervescence dans le creuset, 216. — Influence de la durée de la descente sur l'économie dans le combustible, 217. — Tableau de ses effets, 218. — Résultat, 219. — Plus la durée de la descente est longue, moins on brûle de combustible, — d'où dépend cette durée, 220. — La proportion de minerais produit des fontes variées et des températures différentes, 221. — Exemple dans le travail des *Fluss ofen*, 224. — Problème à résoudre. — Solution, 226.

- TILLEUL**, *Lindenbaum*. Poids d'un décimètre cube de bois, B. 4. — Poids d'un mètre cube de charbon, 5.
- TIRELAINE**. Petit crochet de laiton qui sert à retirer les tampons de laine qui bouchent les trous des moules des anses, etc.
- TIRER** les feuilles au clair. Plonger une seconde fois les feuilles de tôle dans le bain d'étain, C. 289.
- TIRERIE**, *Eisendrahtzug*. Usine où l'on fabrique le petit fil de fer, et dans laquelle le fer est ordinairement tiré à la main, C. 309. — Usage des cylindres, 323.
- TIREUR**, *Drahtzieher*. Ouvrier qui tire le fil de fer dans les fileries, B. 316.
- TISSURE**, *Gewebe*. Assemblage de grains et de lames que présente la fonte dans sa cassure. — Pour distinguer les fontes, B. 296.
- TITANE**, *Titan*. Sa combinaison avec le fer, A. 31. — Dans les minerais de Chateaudren, 90-94; — dans le fer volcanique, 94; — dans les minerais de fer, 130. — Ne rend pas le fer brisant, C. 163.
- TOCAGE** (*voyez toquerie*).
- TOILES**. Feuilles de métal très-minces, qui se forment entre les deux parties dont les moules sont composés.
- TÔLE**, *Eisenblech*. Feuilles de fer très-minces. — Leur division, C. 261. — Nombre que les barils en contiennent. — Quel fer on emploie, 262. — Fourneaux pour les chauffer, 263. — Machines pour les comprimer, 263. — Travaillée avec des marteaux, 269. — Avec des cylindres, 275. — Sa qualité lorsqu'elle est travaillée avec des marteaux ou des cylindres, 276. — Rognures ou équarrissage, 277. — Consommation de charbon. — Ouvriers employés. — Son étamage, 278.
- à cric, *Windblech*. Ses dimensions, C. 262.
- à enseigne, *Fahnenblech*. Ses dimensions, C. 262.
- à étrille, *Blech (zu Striegel)*, — *Striegelblech*. Ses dimensions, C. 261.
- à palastre, *Blech (Schlosskosten)*. Ses dimensions, C. 262.
- à réchaud, *Blech (zu Kohlenpfannen)*, — *Kohlenpfannenblech*. Ses dimensions, C. 262.
- à serrure, *Blech (zu Schlösser)*, — *Schlösserblech*. Ses dimensions, C. 262.
- TÔLERIE**, *Blechhammer*. Usine à fabriquer des tôles, C. 261. — Leur histoire, 262. (*voyez Tôle*.)
- TOQUERIE** ou **TAQUERIE**. Ouverture, pour jeter le bois, placé au-dessus des foyers des fourneaux de réverbère, C. 207-252.
- TORCHETTE**. (*voyez Spatule*.)
- TOURBE**, *Torf*. Sa composition. — Sa formation. — Ses variétés. — Sa pesanteur, B. 23. — Sa carbonisation, 24. — Employée au travail du fer. — Expériences de Lampedius. — Contradiction dans les résultats, 25-26. — Ne peut pas être employée avec du charbon, 27. — Même pour affiner le fer, 28.

- TOURBE** bourbeuse, *Moohrtorf*, B. 23.
 — de poix, *Pechtorf*, B. 23.
 — des gazons, *Rasentorf*, B. 23.
 — des marais, *Sumpftorf*, B. 23.
 — sèche, *Trockner Torf*, B. 23.
- TOURILLONS** des canons, *Zäpflein einer Kanone*. Axes cylindriques sur lesquels ils sont suspendus. — Leur placement sur le modèle, B. 267.
- TOURQ**, *Tourq*. Mesure pour charger le minéral, B. 180.
- TRAITEMENT** des minerais de fer, *Erzbehandlung*, — *Behandlung der Erze*. Opérations qu'on leur fait subir. — Pourquoi, A. 179. — Dans les hauts fourneaux, B. 177. — Préparation du fourneau. — Approvisionnement, 178. — Disposition. — Transport, 179. — Mélange des minerais et des fondants. — Leur proportion, 186. — Essai en petit. — Deux manières de mélanger. — Avantage et inconvénient, 187. — Usage de diverses méthodes. — Mise en feu des hauts fourneaux, 188. — Leur conduite, 197-202. — Travail dans le creuset des hauts fourneaux, 200, — des chargeurs, 202; — des fondeurs, 205. — Théorie de la fusion, 212. — Signe pour distinguer l'allure du fourneau, 227. — Accidents pendant le fondage, 236. — Repos ou suspension de travail, 242. — Reprise du travail. — *Mise hors*, 244. — Dans les *bas fourneaux*, C. 109. — Méthode corse, 110. — Méthode catalane au charbon de bois, 115, — au charbon de houille, 125, (*voyez Affinage*.) — Dans des *moyens fourneaux*. — Méthode d'Angermanie, 129; — de Sibérie, 131; — de Syrie; — des Hottentots, 132. — Avec du bois, 134. — Méthode de Dalécarlie, 135. — Avec du charbon de bois, 139. — A Konitoun, 140.
 — de l'acier, *Behandlung des Stahls*. Opération qu'on fait subir à l'acier et aux substances avec lesquelles on l'obtient.
- TRANCHANTS** de l'acier, *Schneide des Stahl*. Employés pour déterminer sa bonté, D. 155. — Inconvénient de cette méthode. — Correction proposée, 166. — Des sabres de Damas. — Cause de leur finesse, 235. — Des sabres européens, 239. — Des faux, 251.
- TRANCHER** le fer Le forger sous la partie droite de la panne du marteau.
- TRANCHES** Instrument pour mouler en sable, B. 278. — Espèce de coin pour couper ou fendre le fer à chaud, C. 205.
- TRANSPORT**, *Aufführen*, des charbons, B. 15, — des matières nécessaires au fondage, 179; — des charbons et des minerais, 198, — des laitiers, 199.
- TRAPPE**, *Schlackenthürlein*, — *Trapp*. Roche cornéenne et dure, A. 127.
- TRAQUER** Terminer le trou des aiguilles, D. 191.
- TRAVAIL** de l'acier, *Stahlarbeit*. Opérations qu'on lui fait éprouver.
- TRAVAIL** du fer, *Eisenarbeit*. Opérations à l'aide desquelles on l'obtient, ainsi que celles qu'on lui fait éprouver. — Est très-ancien, A. 1. — Plus ancien que celui de l'or, 7.

- Son amélioration progressive. — Agricola est le premier qui l'ait décrit, 8. — Perfectionnement en Styrie, 9; — en Angleterre, avec de la houille, 11; — en Suède, 12; — par les Allemands et les Français, 13; — en Russie, 14. — Quels combustibles on y emploie, B. 1-2. — Essai de la tourbe, 25. — Lorsqu'il a été forgé, C. 230. — Usine dans laquelle on l'exécute. — Les martinets, 232. — Les fenderies, 243. — Batteries. — Tôleries, 261. — Casserie, 300. — Filerie, 309.
- TRAVAIL** du fer dans les casseries, *Pfannenarbeit*. Pour obtenir des ustensiles de cuisine, C. 300. — Instruments employés, 301. — Travail, 302. — Platiner, 303. — Amboutir, 304. — Rétreindre, 306. — Planer, 308.
- du fer dans les platineries ou tôleries. *Blecharbeit*. Avec des marteaux. — Préparation du fer. — Formation des languettes, — des doublons ou plis, C. 269. — Méthodes employées. — Travail des languettes à Wolfsberg, — des doublons, — des feuilles, — des lames. — Usage de l'eau argilée et de la poussière de charbon, 270; — pour le fer blanc. — Formation des feuilles. — Usage de l'eau d'arbue, 271. — Chauffe des semelles. — Platinage. — Variation dans l'extension des feuilles. — feuilles entrelardées. — Nombre de platinage, 272. — Parer. — Dans la platinerie des bains. — Fourneaux employés. — Travail des languettes, — des doublons, — des semelles, 273. — A Johannersfort. — Usines d'où l'on tire le fer. — Travail. — Séparation des tôles, 274. — Nombre de chauffes qu'elles éprouvent. — Avec des cylindres. — Préparation des languettes aux espatards, — aux marteaux. — Passage des semelles aux cylindres, 275. — Rapprochement des cylindres. — Nombre de passages sans chauffer. — Discussion sur la qualité des tôles, 276. — Comparaison des deux modes de travail. — Il est avantageux de terminer au laminoir, 277.
- des chargeurs, *Petzarbeit*, dans les hauts fourneaux. — Placement des premières charges de minéral, B. 202. — Ordre dans les chargements. — Mesurage des minéraux et des charbons, 203. — Charges. — Leur variation, 204.
- des fondeurs, *Schmelzarbeit*, dans les hauts fourneaux, B. 205. — En quoi il consiste. — Formation des moules, 206. — Préparation à la coulée. — De la percée, 207; — de la coulée. — Nétoyage du creuset. — Coulée à la poche. — Préparation du creuset, 208. — Travail après la coulée, 209.
- dans les creusets des hauts fourneaux. (*voyez* Traitement du fer.)
- TREMBLE**, *Espenbaum*. Poids d'un décimètre cube de bois, B. 4. — Poids d'un mètre cube de charbon, 6.
- TRÉMIE**, *Müthrumf*, de l'égrapoir. — Espèce de pyramide creuse dans laquelle on jette le minéral, A 152. — Des fourneaux de réverbère. — Ouverture percée dans la voûte pour jeter le minéral, 168. — Des trompes. — Ouverture pyramidale, B. 60.
- TRÉFILERIE**, *Drahtzug*. Usine où l'on fabrique le gros fil de fer. — D'où vient son nom, C. 309. — Fil que l'on obtient, 324. — Forgis. — Travail de l'écoteur. — Allongement des fils. — Nerf formé, 327. — Recuit. — Précaution. — Température, 328.

- TREMPE, Härten.** Chauffer le fer et l'acier puis le refroidir promptement et le durcir. — Employée pour essayer les fers, A. 68; — l'acier, 71. — Des tôles. — Produit des effets différents sur le fer et sur l'acier, C. 279. — De l'acier. — Quelles substances peuvent être employées, D. 128. — Volume du fer et de l'acier. — Sa variation en chauffant; — après la trempe. — Effets observés. — Fragilité, 129. — Grains produits. — Leur grosseur. — Observation de Réaumur, 130. — Leur durcissement. — Leur fragilité. — Explication, 131. — Objection. — Réponse. — Nouvelle explication. — Affinité des particules de fer. — Action du carbone. — Expérience, 132. — Variation. — Concordance avec l'explication de Réaumur. — Mouvement du carbone en chauffant et en refroidissant l'acier, 133. — Variation dans la dureté et la ténacité avec la proportion du carbone, 134. — Diverses duretés. — Comment on les obtient. — Distinction de la température, — à la vue, — aux couleurs. — Sa limite pour la trempe, 135. — Température constante, 136. — Comment on l'obtient, 138. — Trempe dans l'eau. — Sa température. — Son volume, 139. — Mode défectueux. — Brisure et fentes produites, 140. — Différent dans les aciers. — De la rose. — Voilure des pièces, 141. — Tentative pour la détruire. — Moyen de la diminuer. — Dureté, 142. — Substances proposées pour tremper. — Expérience à ce sujet, 143. — Résultats qu'elles présentent. — Matière qu'on peut employer. — Dans les métaux. — Comment ils se refroidissent, 144. — Dans le mercure; — les acides. — Comment ils agissent, 145. — Dans l'huile et les corps gras. — Avantage et inconvénient. — Dans le sable, — les cendres, — l'air, 146. — Ses effets. — Exécuté à Damas, 147. — Moyen employé. — Changement proposé, 148. — En paquet, 149. — Recuit après la trempe, 150-151. — Comment on obtient une trempe uniforme, 163. — Des aciers minces, — épais, 215. — Des ressorts. — Leur préparation. — Chauffe uniforme, 219. — Dans l'huile, 220. — Des étoffes. — Résultat qu'elles présentent, 233. — Des armes, 240-241. — Des faux, 250.
- en paquet, *Härten in Bündeln*. Refroidissement rapide de l'acier après l'avoir chauffé dans un ciment carboné, D. 8. — Comment on l'exécute. — Fourneaux employés. — Avantage, 149. — Composition des ciments, 150. — Trempe de la bijouterie d'acier. — Dans quelle circonstance on l'emploie. — Comment on la pratique, 176. — Des aiguilles, 192. — De quelques limes, 210.
- TRIAGE, Auslesen, — Scheiden, — Aussuchen der Erze.** Séparation des substances mélangées, — des minerais de fer. — A la main, A. 148. — Séparation au marteau. — Grillage pour le faciliter, 149.
- TRINGLE, Stangeneisen.** Barres de fer cylindriques. — Leur travail, — au marteau, — au cylindre, C. 239.
- TROMPE, Wassertrommel.** Machine soufflante dans laquelle l'air se dégage de l'eau qui l'avait entraîné. — Est vicieuse, A. 235-237. — Son usage, B. 57. — Sa composition. — Tuyau dans lequel l'eau tombe. — Porte-vent. — Trompe de Ma-

- riotte, 58; — de Bélidor, 59; — des Alpes; — des Pyrénées. — Comparaison, 60. — Observations sur les trompilles, 61; — les trompillons; — les étranglions, 62. — Historique. — Elles ne sont en usage que dans les Alpes et les Pyrénées. — Pourquoi, 63. — Calculs qui leur sont appliqués, 100. — Observation de M. Barthès. — Formule qui en résulte. — Appliquée aux expériences, 101. — Table d'expériences, 102. — Trompes comparées aux autres machines soufflantes, 127. — Elles consomment dix fois plus d'eau. — L'air qu'elles rendent est plus humide, 128. — Elles font brûler plus de charbon, 129—130. — Ce sont les plus mauvaises machines soufflantes dont on puisse faire usage dans le travail du fer, 134.
- TROMPILLES**, *Nasenlöcher*, — *Einzugslöcher*. Ouverture par laquelle l'air entre pour se mêler avec l'eau dans les trompes, B. 60. — Supérieures, — latérales. — Discussion sur l'effet qu'elles produisent. — Expériences des ingénieurs Bonniers et Gallois, 61. — La surface de leur ouverture, 62.
- TROMPILLONS**, *Einzugsöffnung*. Ouverture par laquelle arrive l'air pour se mêler avec l'eau dans les trompes des Pyrénées, 60. — Observations, 62. (*voyez* Trompilles.)
- TROUSSES**, *Bündeln*. Réunion de lames de fer ou d'acier pour être chauffées, soudées et forgées. — Comment on les chauffe, C. 233. — Précaution. — Oxidation. — Comment on l'empêche, 240.
- d'acier, *Stahlbänder*. Paquet de lames d'acier pour être reforgees, A. 75. — Travail qu'elles éprouvent, D. 111; — pour obtenir l'étoffe de Damas, 237; — pour les lames des faux, 247.
- de découpoir Système de rondelles et de fausses rondelles pour découper le fer, C. 247. — Comment on les arrange, 256. (*voyez* Découpoir.)
- TRUELLE**, *Kelle*. Instrument employé dans la moulure en sable, B. 278.
- TRUIE**, (*voyez* Loup.)
- TUILLE**, *Dachstein*. Plan incliné sur lequel glissent les tenailles de tréfilerie, C. 320.
- TUNGSTEIN**, *Tungstein*. Nouveau métal. — Schélin. — Rend le fer brisant, C. 163.
- TUTHIE** Métal vaporisé qui s'attache aux bords supérieurs du gueulard.
- TUYAU**, *Röhre*, qui sert à faire entrer ou sortir un fluide.
- pour conduire l'air, *Luftröhr*. Résistance que l'air y éprouve, B. 103. — Expériences de Wilkinson, 104. — Expériences faites dans le Mont-Blanc, 105. — Nécessité de les répéter. — Conclusion, 106.
- des trompes, *Wassertrommelrohr*, à eau, — à air, B. 58—60. — Formes et dimensions, 61. — Observations sur les ouvertures qu'ils contiennent, 62.
- TUYÈRE**, *Form*. Tube de fer, ou de toute autre substance, qui reçoit les buses des machines soufflantes. — Des fourneaux d'essais, A. 135. — Dans les hauts fourneaux. — Sa position; — sa hauteur, 193. — Comparaison entre leur nombre et la consommation du charbon, 212. — Conclusion, 213. — Comment on la pose, 249. — Sa forme; — ses dimensions. — Variation qu'elle peut éprouver, B. 182. — Forme

du jet d'air qu'elle lance. — Tuyère d'argile, — de métal, 183. — Usage. — Leur placement. — Hauteur, — direction, — inclinaison, — vers le haut; — horizontale, 184; — vers le bas. — Variation dans le travail, 185. — Ouverture fermée pendant la mise en feu, 192. — Arrivée du minéral devant la tuyère, 196. — Nez, 206. — Sa position pendant le travail des *Fluss ofen*, 226. — Sert à observer la marche du fourneau, — par la couleur des scories, 231; — par le nez qui s'y forme, 232. Nez de laitier, — de fonte. — Leurs distinctions. — Couleur des charbons. — Couleur des gouttes de fonte, 233. — Couleur du feu, 234. — *Des bas fourneaux*. — Son placement, C. 11; — dans le plan horizontal; — trop ou trop peu avancé, 12. — Élévation au-dessus du creuset. — Déclinaison. — Horizontale; — inclinée; — forme; — dimensions de la bouche, 13. — Nez. — Engorgement, 61. — Inclinaison dans les *fineries*, 87. — Inclinaisons lorsque les fers ont des défauts, 166. — Pour l'affinage de l'acier. — Sa direction, — son inclinaison, D. 52. — Déclinaison, 53. — Moins incliné pour l'acier que pour le fer, 101.

TUYÈRE (costière de la). (voyez Costière.)

TYMPE, *Vorwand*. Plate-bande qui soutient la maçonnerie au-dessus de l'ouverture par laquelle les scories coulent dans le devant des hauts fourneaux, A. 187-227-228. — Matière dont elle est formée. — Comment on la pose, 249. — On la bouche en mettant en feu, B. 189. — Époque où l'on doit la déboucher, 199. — On juge, par la flamme qui sort de son ouverture, l'allure des fourneaux, 235. — On l'enlève après avoir mis hors, 247.

U.

USAGE des fontes, *Roheisenanwendung*, — *Gebrauch des Roheisens*. Emploi que l'on en fait, B. 249.

— du fer, *Eisenanwendung*, — *Gebrauch des Eisens*, cassant, A. 65; — brisant, 67.

— de l'acier, *Stahlanwendung*, — *Gebrauch des Stahls*, A. 69.

USINES, *Hütte*. Endroit où l'on fond et l'on affine le fer; — où l'on affine la ferraille mélangée de fonte, C. 18-21; — de la fonte et du carcas, 21. — De la ferraille seule, 22; — du carcas seul, 23. — Martinet, 232.

V.

VACHE (tirer la) Faire mouvoir la branloire dans le soufflet de cuir, soit avec la main, soit avec le pied.

VALONNE, *Walon frischen*, C. 44-45. (voyez Affinage à la valonne)

— (demi-), *halbe Walon frischen*, C. 45. (voyez Affinage à la demi-valonne.)

VAN, *Kohlenkorb*. Mesure de charbon, B. 180.

VANNE, *Schütze*. Porte de bois dont on se sert pour retenir ou lancer l'eau, C. 187. — Leur mouvement, 188.

- VAPÉUR** (machine à), *Feuermaschine*. (voyez Machine à vapeur, B. 121.)
 — d'eau, *Wasserdunst*. Particules d'eau disséminées dans un espace sous forme de fluide élastique. — Éteint le feu, B. 130.
- VAPORISATION**, *Ausdünstung*. Dissémination des substances par l'action du feu, de manière à en former un fluide élastique. — Du fer, A. 24. — Substances que l'on vaporise dans le grillage, 137—159—169. — Du soufre, exige un grand courant d'air, 170. — des substances contenues dans les minerais, B. 213.
- VARIÉTÉS** des minerais, *Verschiedenheit der Erze*, A. 81.
- VARME**, *Windseite*, — *Formseite*. C'est, dans un creuset, le côté du vent, de la tuyère, C. 10.
- VASSEREISEN**, *Wassereisen*. Phosphate de fer trouvé dans les fers cassants, C. 152.
- VENT**, *Luft*, — *Wind*. Mouvement de l'air atmosphérique différent de celui de la terre qu'il touche. — Air lancé par des machines. — A quelle époque de la mise en feu du fourneau il doit être donné, B. 197. — De sa graduation jusqu'à ce que le fourneau ait une marche uniforme, 198. — Sa diminution pour *mettre hors*, 246. — Doit être fourni en moindre quantité pour affiner l'acier que pour affiner le fer, D. 101. (voyez Air.)
 — (fourneau à), *Windofen*, A. 136. (voyez Fourneau.)
- VENTAUX**. Ouverture par laquelle l'air entre dans les soufflets.
- VENTILATEUR**. Machine à l'aide de laquelle on fait passer l'air atmosphérique d'un lieu dans un autre.
- VENTILLON**. Soupape des ventaux des soufflets.
- VENTIMÈTRE**, *Luftmesser*. Instrument pour mesurer la quantité d'air lancée dans les fourneaux, B. 93.
- VENTOUSE**, *Zugloch*. Ouvertures pour laisser sortir l'air et l'humidité des massifs des fourneaux.
- VENTRE** du fourneau, *Ofenbauch*. Endroit de la cuve où se réunissent les deux bases des pyramides, A. 205. — Influence de sa forme sur la consommation du combustible dans les hauts fourneaux, 212. — De sa hauteur, 215; — de sa largeur, 216. — Modification qu'il peut éprouver, 217. — Expérience sur la meilleure largeur, 225.
- VERGES**, *Stängeleisen*. Petite barre de fer.
 — crénelées, *Zackigt*. Petites verges de fer qui conservent encore l'empreinte des coups de marteaux, et que l'on emploie dans les clouteries et dans les fileries, C. 233.
 — de fenderie. Fer aplati sous les espatards et coupé dans les fenderies. — Fer refendu, C. 243.
- VERRE**, *Glas*. Se trempe comme l'acier, D. 128.
 — blanc, *Weisses Glas*. Entre dans la composition des flux de Schluter et de Crammer, A. 139.

- VERRE** de plomb, *Bleiglas*. Verre contenant de l'oxide de plomb vitrifié. — Entre dans la composition du flux de Borrichius, A. 139.
- terreux, *Erdiges Glas*. Terres fondues et vitrifiées. — Leur action sur l'oxidule de fer, C. 104 — 105 — 124. (*voyez* Scories.)
- VERTES - FRAICHES**, Cadmies de couleurs vertes.
- VIDE** (aller à) Laisser échapper la pièce et frapper le marteau sur l'enclume.
- VIDES** des fourneaux, *Schacht*. (*voyez* Cuve.)
- VINAIGRE**, *Essig*, employé pour décaper la tôle. — Comment il agit, C. 287.
- VITESSE**, *Schnelligkeit*, — *Geschwindigkeit*. Expression de l'espace parcouru dans un temps donné.
- de l'air, *Luftschnelligkeit*, — *Geschwindigkeit der Luft*. Influe sur la production de l'acide carbonique ou de l'oxide de carbone, B. 53. — Elle doit être en raison inverse de la densité des charbons, 54. — Sa variation par la pression dans les machines soufflantes, 67. — Son irrégularité dans les soufflets simples, 78. — Comment on la varie dans les régulateurs, 84. — Peut servir à déterminer la quantité que les machines fournissent, 85, — par la pression et l'ouverture de l'orifice, 91. — Sur la loi de la résistance qu'elle éprouve, 105. — Nécessité de répéter ces expériences, 106.
- des marteaux. *Hammerschnelligkeit*, — *Geschwindigkeit des Hammers*, C. 188. — Variation qu'elle doit éprouver. — Elle est produite par la quantité d'eau qui arrive sur la roue, 189.
- VITRIÈRE**, Fer aplati, de trente-trois lignes de largeur et trois d'épaisseur.
- VIVES FONTES**, Fontes de mines qui sont très-coulantes.
- VOIE** humide (analyse par la), *Probiren auf nassem Weg*. (*voyez* Essais.)
- sèche, *Probiren auf trockenem Weg*. (*voyez* Essais.)
- VOILURE** de l'acier, *Krümmung des Stahls*. Courbure qu'il prend en le trempant, D. 140.
- Comment on l'empêche, 141. — Nouveau moyen, 142.
- VOLANTS** des soufflets, Diaphragme mobile, celui que l'on meut pour aspirer et inspirer l'air, B. 74. — Vide formé par leur mouvement, 85. — Soulèvement et abaissement, 112. — Leur élévation moyenne. — Comment on les fait relever, 113; — par des leviers indépendants, — réunis. — Inconvénients; — remèdes, 114.
- des machines, *Schwungrad*. Cercle de fer qui régularise le mouvement.
- VOLCANIQUE** (fer). (*voyez* Fer volcanique.)
- VOLUME**, *Volumen*, — *Grösse*, — *Maas*. Étendue d'un corps; — espace qu'il occupe.
- d'air, *Maas der Luft*, aspiré par les machines soufflantes; — déterminé par le mouvement du piston, — dans les soufflets de bois ordinaires, B. 85. — Comparé à celui qui a été déterminé par Bouchu, 86; — par Grignon. — Dans les soufflets quadrangulaires. — Application à ceux de Guérigny, 87. — Les cylindres du Crousot. — Leur quantité déterminée par le vide est plus grande que celle de l'air lancé, 88. — Cause de cette différence, 90. — Cas dans lequel il n'y a pas d'air exprimé, 91. — Quantité déterminée par la pression et par l'orifice de sortie, 95. —

Formule que donne l'analyse, 96. — Application. — Variation, 98. — Addition à la formule, — par la température, 99; — par l'humidité. — Application aux trompes, 100.

VOLUME du fer, *Volumen des Eisens*; augmenté par la chaleur, A. 22. — Du fer et de l'acier en les chauffant et en les trempant, D. 129.

VOUSSOIR, *Gewölbstein*, — *Hohofenbrust*. Emplacement creusé dans le massif du haut fourneau pour arriver près du creuset. (*voyez Embrasure.*)

W.

WOORZ, *Wootzstahl*. Acier de Perse, D. 81. — Température pour le forger, 123.

Z.

ZINC, *Zink*. Sa combinaison avec le fer, A. 33. — Est dans quelques minerais de fer, 130. — Rend le fer rouverain, C. 163; — est malléable, 179.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES AUTEURS CITÉS DANS CET OUVRAGE.

A.

- A**CADÉMICIENS FRANÇAIS. Leurs expériences sur la fonte, le fer et l'acier, A. 40; — sur l'acier, 71; — sur le carbone combiné dans le fer, C. 26; — sur la couleur des fontes, D. 76.
- ACHARD.** Ses expériences sur la fusibilité des terres, B. 154; — avec et sans oxide de fer, 159.
- AGRICOLA.** Son ouvrage intitulé *de Re metallica*, A. 9; — ne parle pas des trompes, B. 63; — sur les soufflets, 65; — les fourneaux ambulants, 109; — les fourneaux de réverbère, 305. — Traitement ancien des minerais de fer; — fourneaux employés, C. 129. — Procédés, 130-131, — sur la fabrication de l'acier, D. 4-44.
- AKINSI-DEMIDOFF;** améliore le travail du fer en Russie, A. 14.
- ALLEN.** Son opinion sur l'oxidation du fer, C. 84.
- ANGENOUST.** Poids du charbon de bois, B. 6.
- ARAGO;** sur la densité des gaz, B. 45.
- ARISTOTE,** A. 8; sur le travail de l'acier, D. 2. — Son opinion détruite par les académiciens français, 6. — Procédé qu'il a décrit, 44.
- AUBERTOT.** Poids du pied cube de charbon de bois, B. 5-7.

B.

- BAADER.** Son soufflet hydraulique, B. 71; — ses régulateurs, 83; — son ouvrage sur les machines cylindriques, 123.
- BABEAU.** Sa machine à tirer le fil de fer; — en quoi elle consiste. — Tirerie aux cylindres, — aux bobines; — foyer, C. 323.
- BADIN.** Son acier dur, D. 97.
- BAILLET-BELLOY;** sur les machines soufflantes, B. 76; — sur les machines à colonnes d'eau, 120; — sur la correction des fers cassants et brisants, C. 168-169; — sur la fabrication des aiguilles, D. 189.
- BAMBERG** (l'évêque de); invente les soufflets de bois, B. 73.
- BANCKS.** Son ventimètre, B. 93.
- BANCKS** (Joseph); sur l'acier fondu, D. 81.

- BARRAL.** Poids du pied cube de charbon de bois, B. 5.
- BARTHÈS.** Ses expériences sur les trompes, B. 62. — Analyse qu'il y applique, 100-101.
- BAUNIER.** Ses expériences sur les trompes et les trompilles, B. 61-127.
- BAUSSIER.** Poids de divers charbons, B. 6-7.
- BAYEN.** Son analyse du fer spathique, A. 94.
- BECKER.** Son opinion sur l'acier, D. 3.
- BÉLIDOR.** Sa description des trompes, B. 59; — sur les cammes, 117.
- BERGMANN.** Affinité du soufre, A. 29; — du fer pour les métaux; — des acides pour l'oxide de fer, 38. — Expérience sur la différence qui existe entre la fonte, le fer et l'acier, 39-41. — Analyse de la fonte, 51; — du fer ductile. — Densité des fers, 59. — Analyse de l'acier, 71-72; — du fer spathique, 94. — Flux qu'il emploie dans les essais par la voie sèche, 140. — Analyse des gangues des minerais de fer, B. 153; — sur la fusibilité des terres, 154; — sur la combinaison de l'oxide avec le fer, C. 27; — sur la fragilité des fers, 152-153; — sur le fer brisant à chaud, 154-156-157; — sur la cémentation sans charbon, D. 17. — Analyse des fers spathiques, 69.
- BERTHIER.** Ses analyses des fontes de fer, A. 50. — Ses observations sur la magnésie du fer spathique, 99; — sur les hydrates, 103-109; — sur les oxides de fer en gros morceaux, 108; — sur les fers oxidés terreux en fragments agglutinés, 113; — sur les oxides terreux en fragments séparés, 114. — Ses analyses des scories, D. 76; — des fontes mazéées, 80.
- BERTHOLLET.** Ses expériences sur la plombagine, A. 26; — sur les différences entre la fonte, le fer et l'acier, 40; — sur l'acier, 71. — Son analyse des houilles, B. 29; — sur l'eau dans le charbon, 48. — Analyse des gangues de fer, 153; — sur le carbone combiné dans le fer, C. 26; — sur la couleur des fontes, D. 76; — sur l'acier fondu, 82.
- BERTHOLLET (Amédée).** Décomposition de l'oxide de fer par l'hydrogène, C. 104. — Le gaz ammoniac rend le fer cassant, 153.
- BERTHOUD.** Art de l'horlogerie, D. 229.
- BIOT.** Sa manière de déterminer les hautes températures, A. 23. — Sa densité des gaz, B. 45.
- BLAVIER.** Poids du pied cube de charbon de bois, B. 5. — Traitement des minerais de fer avec de la houille par la méthode à la catalane, C. 125.
- BLUMENSTEIN.** Essais sur le traitement des minerais de fer avec de la houille, C. 107-127.
- BOFFRAND;** sur la fonte des statues, B. 277.
- BONJOUR.** Sa participation aux expériences sur la congélation du mercure, A. 158.
- BONNARD (de);** sur l'inclinaison des tuyères, B. 185; — sur les outils à affiner la fonte avec de la houille, C. 16; — sur l'affinage de la fonte de fer avec de la houille dans des creusets, 81; — dans des fourneaux de réverbère, 86; — sur les *fineries*, 92; — sur les marteaux en fonte de fer, 197.

- BORRICIUS.** Flux qu'il emploie dans l'essai des minerais, A. 139.
BOUCHARDON; sur la statue de Louis XV, B. 276.
BOUCHU. Ses essais des oxides de fer concrétionnés, A. 104-155. — Sur les soufflets de bois, B. 74. — Volume d'air qu'ils lancent, 86.
BREZIN. Sa manière de mouler les canons en terre, B. 266-268. — Refonte du fer, 316.
BROCHANT. Son traité de minéralogie. — Sa division des minerais, A. 83.
BROCHIN. Poids du pied cube de charbon de bois, B. 5.
BUFFON. Son opinion sur les défauts des fers, C. 150.
BUCK; essaie de traiter les minerais de fer avec de la houille, C. 106.

C.

- CATON;** sur le fer fondu, D. 82.
CHALUT. Analyse de la sidérite, C. 153. — Flux pour fondre l'acier, D. 86. — Fusion de l'acier, 88-89.
CHAMPEAU. Son opinion sur l'affinage à la houille de MM. Sabathier et Dufaud, C. 97.
CHAPPE (l'abbé). Essai des minerais de fer de Sibérie, A. 90. — Leur diminution de poids par le grillage, 155.
CHAPTAL. Son flux pour traiter les minerais de fer, A. 140. — Sur la fusibilité des terres seules, B. 154-155; — avec l'oxide de fer, 159.
CHARBAUD. Ses expériences sur la résistance de l'air dans les tuyaux, B. 105.
CHAUSSEUR; décompose l'oxide de fer par l'hydrogène, C. 104.
CHENEVIX. Analyse des gangues des minerais de fer, B. 153.
CLÉMENT et DESORME; sur l'existence de l'eau dans le charbon, B. 48.
CLIFFORT; sur la fabrication des clous avec des machines, C. 258.
CLOUET. Ses expériences sur les fontes, le fer et l'acier, A. 44; — sur les machines soufflantes, B. 77; — sur les fers brisants, C. 154. — Ses expériences sur la cémentation, D. 9. — Flux pour fondre l'acier, 86. — Fusion de l'acier, 88. — Différentes manières de l'obtenir. — Expériences répétées. — Expérience principale, 89. — Epreuve de l'acier. — Effets qui ont lieu, 90. — Différence entre son procédé et celui de Mushet, 91. — Sabres de Damas, 236-237.
CONSEIL DES MINES. Analyses des fontes de fer qui y ont été faites, A. 51. — Analyses d'acier, 72; — de l'oxidule de fer, 90; — du fer spathique, 96; — de l'oxide de fer compacte, 106; — de l'oxide terreux en fragments séparés, 114.
CORDIER. Ses expériences sur le fer volcanique, A. 94.
COULOMB. Sa manière de déterminer la quantité du fer contenu dans un corps, A. 25. — Sa manière de déterminer la température des milieux, B. 9 et 10.
COURTIVRON; remarque que les fontes grises blanchissent par le refroidissement, A. 53; — sur les soufflets de bois, B. 74. — Volume d'air qu'ils lancent, 86. — Sur les *stuck-ofen*, C. 7.

- GRAMMER. Son flux pour traiter les minerais, A. 139; — sur la fusibilité des terres, B. 154; sur les fers brisants, C. 157.
- CRONSTEDT. Ses expériences sur la combinaison du fer avec les métaux, A. 30.
- CRUISKAND; sur l'eau contenue dans le charbon, B. 48.
- CUVIER (Frédéric). Son procédé pour obtenir le rouge d'Angleterre, D. 179.

D.

- DANGENOUX. Comment on obtient les blettes, B. 209. — Séparation des grains de fonte, 210. — Affinage de l'acier, D. 65.
- DANICAN. Son soufflet hydraulique, B. 69.
- DARCET; sur la fusibilité des terres, B. 154.
- DAUBUISSON. Ses expériences sur les hydrates, A. 103-117. — Traitement du fer avec de la houille, B. 27. — Mise en feu des hauts fourneaux, 193.
- DELAUNAY. Refonte du fer, B. 316.
- DEMIDOFF (Akinsi); améliore le travail du fer en Russie, A. 14.
- DESAGLIER. Sa pompe hydraulique, B. 69.
- DESCOTILS. Analyse des fers spathiques, A. 95-96.
- DIÉTRICH (le baron de). Ses expériences sur le traitement des mines terreuses pauvres par la méthode à la catalane, A. 15. — Degré de calcination des minerais de fer, 170. — Traitement des mines terreuses dans les bas fourneaux, B. 142. — Détail sur la méthode à la catalane, C. 117. — Ses essais des mines terreuses, 123; — sur le décapage de la tôle, 284-286; — sur l'étamage, 295.
- DIODORE; sur le travail de l'acier, D. 2-44.
- DOBSON; sur les ordons anglais à manche de fer, C. 197.
- DOLOMIEUX. Son analyse des houilles sèches, B. 32.
- DRAPPIER. Son analyse du fer spathique, A. 95.
- DUBOIS; sur les fontes moulées, B. 253. — Refonte du fer, 316.
- DUDLEY; sur le traitement des minerais de fer par la houille, A. 11.
- DUFFAUD; sur l'affinage du Nivernais, C. 71. — Ses expériences avec M. Sabathier, 96. — Opinion sur ses expériences, 97. — Son affinage à la houille, 98-100.
- DUPREL; sur les fontes moulées, B. 253.
- DUHAMEL père, inspecteur des mines; sur le degré de calcination des mines de fer, A. 170. — Fourneau qu'il décrit, 191. — Ses expériences sur le poids de la houille, B. 30; — sur la quantité de scories nécessaires à la fusion, 145-146; — sur le travail des blettes, 209. — Séparation des grains de fonte, 210; — sur les fourneaux de réverbère, 306; — sur les *stuck-ofen*, C. 7. — Affinage à la française. — Affinage à deux fusions, 52-53. — Affinage à trois opérations, 59. — Charbon et fer consommés, 64. — Sur la méthode catalane, 117; — sur les *stuck-ofen*, 143; — sur les tôles, 274; — sur les charbons de cémentation, D. 20; — sur les fourneaux de cemen-

- tation, 30-31; — sur les ciments, 39; — Combustibles employés, 43. — Couleur des fontes propres à fabriquer l'acier, 65. — Travail de l'acier fondu, 82-83. — Affinage des stuck, 105. — Affinage de l'acier-poule, 107.
- DUHAMEL-DUMONCEAU.** Soufflets pour chauffer les enclumes, B. 109.
- DULUC.** Ses expériences sur l'extension du fer par la chaleur, A. 46. — Sa densité des gaz, B. 45.
- DURAND.** Poids d'un pied cube de charbon de bois, B. 5-7.

E.

- ECOLE pratique des mines de Moustier.** Analyses que l'on y a faites. — Des fontes de fer, A. 51; — de l'acier, 72; — de l'oxidule de fer, 90; — du fer spathique, 96; — des oxides concrétionnés, 104; — des oxides de fer compactes, 106; — des oxides de fer en gros morceaux, 108; — des oxides de fer en fragments agglutinés, 113; — des oxides terreux en fragments séparés, 114. — Son fourneau d'essai, 132. — Expériences qui y ont été faites sur la propagation de la chaleur dans les hauts fourneaux, 193. — Analyse faite des houilles, B. 31; — des gangues des minerais de fer, 161; — des laitiers, 175.
- EGGER** (baron d'). Son bocard tournant, A. 177. — Ses soufflets de bois, B. 75.
- EHMANN;** sur la fusibilité des terres, B. 154.
- ENSIEDEL** (le comte de); sur les fontes moulées, B. 250.
- ETTLER;** son acier pâteux, D. 97.

F.

- FABRONI.** Analyse des houilles, B. 29.
- FANNEN SCHMIED;** perfectionne les soufflets de bois, B. 73.
- FISCHER de Schaffouse.** Son acier soudable, D. 97.
- FLEUR;** sur les équipages des fenderies, C. 250; — sur les fileries, 310-311; — sur les filières, 316.
- FOURCROY.** Observation sur la tourbe, B. 25. — Analyse des gangues des minerais de fer, 153. — Sur le décapage de la tôle, C. 280; — l'étamage, 282.
- FRANÇAIS** (les); améliorent le travail du fer en Suède, A. 13.
- FRÈREJEAN;** sur les fontes moulées, B. 253. — Essai sur le traitement des minerais de fer à la houille, C. 107-127.
- FURGAUD.** Poids d'un pied cube de charbon de bois, B. 5-7.

G.

- GADOLIN;** sur le fer cassant, C. 166.
- GAERTNER.** Son opinion sur la carbonisation, B. 15; — sur l'état le plus favorable à la combustion de charbon, 16; — sur l'invention des soufflets de bois, 73.

- GALLOIS.** Ses expériences sur les trompes et les trompilles, B. 61-62-127.
- GARNEY.** Sa construction des hauts fourneaux; — sa fonte des minerais de fer, A. 12-93; — ses observations sur le grillage des minerais de fer, 154-155-160. — Sur le degré de calcination des minerais de fer, 171. — Description d'un grillage, 172. — Grillage des mines limoneuses, 174. — Sur la meilleure forme des cuves des hauts fourneaux, 222. — Son tableau des dimensions des creusets des hauts fourneaux, 231. — Son classement des charbons de bois, B. 12. — Sur la carbonisation, — Influence du goudron, 14. — Son opinion sur l'état du charbon qu'il faut employer, 16. — Mise en feu des hauts fourneaux, 191. — Sur le traitement des minerais de fer avec du bois, C. 135.
- GAUCHEROT** (les frères); sur les soufflets de bois, B. 74.
- GAZERAN.** Son opinion sur l'influence du manganèse dans la fabrication de l'acier, A. 73; — sur les composants de l'acier, D. 70. — Réfutation, 71.
- GAY.** Son acier dur, D. 97.
- GAY-LUSSAC.** Ses expériences sur la vaporisation du soufre, A. 169. — Son analyse des bois, B. 3. — Composition de l'air atmosphérique, 44; — de l'eau, 48. — Sur le fer cassant, C. 153.
- GELLER.** Ses expériences sur la combinaison du fer avec les métaux, A. 30; — sur l'arcane, C. 292.
- GENTILS** (les frères). Leur acier dur, D. 97.
- GERARD.** Ses observations sur l'inclinaison de la rustine, A. 229.
- GERHARD.** Ses expériences sur la fusibilité des terres, B. 149-154-155; — sur le fer cassant, C. 153; — sur le fer brisant, 155; — sur les fers cassants, 170-171; — sur les fers brisants, 172-173.
- GEYER;** sur la fusibilité des terres, B. 154.
- GILBERT;** sur la fusibilité des terres, B. 154.
- GILLET-LAUMONT.** Ses observations sur la trempe, A. 75; — sur les fers arénacés de Chatelaudren, 93; — sur les fontes moulées, B. 251. — Rapport fait à la Société d'Encouragement sur les fontes moulées, 253-255; — sur le fer brisant, C. 155; — sur l'acier fondu, D. 85; — sur l'acier dur, 98.
- GIBLIN;** sur le décapage de la tôle, C. 284.
- GOLDEN;** sur la malléabilité du zinc, C. 179.
- GRIGNON.** Sa traduction de l'analyse du fer de Bergmann, A. 40-52. — Ses observations sur les trompes, B. 63; — sur les soufflets hydrauliques, 69; — sur les soufflets de bois, 75; — sur le volume d'air qu'ils lancent, 87. — Son opinion sur les scories et les laitiers; — sur la quantité de laitiers nécessaire à un bon fondage. — Son opinion sur l'action des terres dans l'affinage, C. 46; — sur le fer brisant, 155; — sur le décapage de la tôle, 284-287; — sur l'étamage, 296.
- GU;** sur la statue de Louis XV, B. 276.
- GUENIVREAU.** Son analyse des sulfures, A. 28; — des fontes de fer, A. 50. — Ses expériences sur la vaporisation du soufre, 169.

GUYTON DE MORVEAU. Son article *acier* de l'Encyclopédie. — Ses expériences sur la blancheur des fontes, A. 54; — sur l'hydrogène retiré du fer par l'eau, 89. — Son fourneau d'essai, 136. — Son flux, 140. — Ses expériences sur la combustion du charbon, B. 9. — Son opinion sur l'état le plus favorable à la combustion du charbon, 17. — Eau contenue dans le charbon, 48. — Sur la fusibilité des terres, 154; — sur la blancheur des fontes carburées, C. 85. — Expériences de la décomposition de l'eau, 103.

H.

HACHETTE; a coopéré aux expériences sur la congélation du mercure, A. 158.

HANS-SIEN; a construit le premier haut fourneau, A. 180.

HARVEY; sur la malléabilité du zinc, C. 17.

HASKING. Sa pompe hydraulique, B. 70.

HASSENFRATZ. Ses expériences sur la combinaison du fer avec les métaux, A. 30. — Ses observations sur la magnésie du fer spathique, 99; — sur la congélation du mercure, 158. — Ses expériences sur la loi de la répartition de la chaleur dans les hauts fourneaux, 194. — Sa méthode de mesurer les hautes températures, 197. — Ses expériences sur la densité des bois, B. 3; — sur la combustion des charbons, 9. — Ses analyses des houilles, 31. — Sur l'eau contenue dans les charbons, 48; — sur la résistance de l'air dans de longs tuyaux, 105. — Son opinion sur les laitiers, 140. — Son analyse des gangues des minerais de fer, 153. — Sur la fonte des canons, 323. — Ses expériences sur la composition de l'eau par le fer, C. 103; — sur les fers brisants, 155; — sur la correction des fers cassants, 169; — sur le cinglage et le forgeage, 211; — sur la distinction des fers qui doivent être cimentés, 13; — sur les fontes provenant du fer spathique, 77; — sur le travail du fer, 78; — sur l'acier fondu, 89; — sur les substances propres à essayer la dureté des aciers, 162; — sur la fabrication des aiguilles, 188; — sur le choix des aciers propres à la fabrication des armes, 234.

HAÛY; sur les caractères des minéraux. — Ses espèces minéralogiques, A. 83. — Sa division des minerais de fer, 84. — Son opinion sur l'hématite, 103. — Ses oxides de fer, 106. — Sa division de l'oxide terreux en fragments, 112. — Sur la division des roches, 128. — Sa division des houilles, B. 30. — Sa division des métaux, C. 179. — Sur la dureté des substances minérales, D. 161.

HÉRICART DE THURY; sur l'emploi de la ferraille dans le traitement de la galène, C. 171.

HERMANN. Son opinion sur l'extinction des minerais dans l'eau, A. 162. — Son opinion sur le traitement des minerais avec du bois, C. 134.

HÉRON DE VILLEFOSSE; sur les noms allemands, D. 271.

HERSART; sur la correction des fers cassants, C. 169; — des fers brisants, 174; — sur les casseries, 309.

HOLL. Ses machines à colonnes d'eau, B. 119.

HOMBERG; sur la fusibilité des terres, B. 154.

HOMÈRE; sur les soufflets, B. 66.

HOURY. Expériences sur l'affinage du fer avec de la houille, C. 76.

HUARD; sur les machines soufflantes, B. 77.

HUMBOLD; sur la composition de l'air atmosphérique, B. 44; — sur la composition de l'eau, 48.

HUNCKEL. Ses expériences sur la combinaison du fer avec les métaux, A. 30.

HUNTZMAN. Son acier, A. 78; — D. 90-93.

I.

IROY; sur la carbonisation du bois, B. 14.

J.

JAGER SCHMIEDS. Expérience sur la résistance de l'air dans les tuyaux, B. 105.

JARS. Ses expériences sur la blancheur des fontes, A. 53. — Degré de calcination des minerais de fer, 170. — Fourneaux que l'on y emploie, 191. — Sur les blettes, B. 209. — Séparation des grains de fonte, 210. — Sur les fourneaux de réverbère, 306. — Sur les *stuck-ofen*, C. 7. — Affinage à la française, 45; — à deux fusions, 52-53; — à trois opérations, 59. — Charbon et fer consumés, 64. — Travail des *stuck-ofen*, 141-143. — Sur les défauts des fers, 150; — sur les fers brisants, 157; — sur les tôles, 274; — sur l'étamage, 296; — sur les fourneaux de cémentation, D. 30; — sur les couleurs des fontes propres à l'acier, 47. — Affinage de l'acier, 65. — Sur l'acier fondu, 82-83. — Affinage des *stuck*, 105. — Affinage de l'acier-poule, 117. — Taille des limes, 206.

JUNGER, sur la combinaison des métaux avec le fer, A. 30.

K.

KLAPROTH. Ses analyses du fer spathique, A. 96. — Des oxides terreux en fragments séparés, 114. — Est un des plus célèbres docimasistes du siècle, 129. — Ses analyses de la houille, B. 32. — Expériences sur la fusibilité des terres, 149-150. — Des gangues des minerais de fer, 153. — Sur la fusibilité des terres, 154-155.

KELLER; sur la fonte des statues, B. 277.

KIRWANN. Son flux pour essayer les minerais, A. 140. — Sur la densité des charbons de bois, B. 4. — Ses analyses des houilles, 29-32. — Des gangues des minerais de fer, 153. — Sur la fusibilité des terres, 154.

L.

LAMPADIUS. Ses observations sur le grillage, A. 155. — Proportion des cendres dans le bois, B. 3. — Son traitement des minerais avec de la tourbe, 25-26-27. — Sur la

- fusibilité des terres, 154; — avec de l'oxide de fer, 160; — sur la combinaison de l'oxygène dans les fontes, C. 24. — Expérience de l'affinage de la fonte de fer par la houille, 79.
- LAPETROUSE**; sur l'affinage par la méthode catalane, C. 117.
- LAPLACE (de)**; sur le calorique produit par la combustion du charbon, B. 44; — par la combustion du charbon et de l'hydrogène, 129; — sur l'action de l'air humide dans la combustion, 133.
- LAUGIER**. Son analyse des gangues de minéral, B. 153.
- LAUNAY**; sur les fontes moulées, B. 251.
- LAVOISIER**. Son affinité des acides pour les oxides de fer, A. 38. — Son fourneau d'essai, 136. — Sur le calorique produit par la combustion des charbons, B. 44; — sur la pesanteur des gaz, 45; — sur les quantités de calorique dégagé de la combustion du carbone et de l'hydrogène, 129; — sur l'action de l'air humide dans la combustion, 133; — sur la fusibilité des terres, 154; — sur la décomposition de l'eau, C. 103; — sur un fourneau de fusion, D. 84.
- LAURIE (John)**. Ses soufflets hydrauliques, B. 70-71. — Son régulateur à eau, 80.
- LEBOULANGER**. Ses expériences sur le manganèse combiné avec le fer. — Il est entraîné dans les scories, B. 169.
- LEFEBVRE D'HELLANCOURT**; sur la fonte des canons, B. 323. — Expériences sur la décomposition de l'eau par le fer, C. 103; — sur la fonte des fers spathiques, D. 77; — le travail du fer, 78; — sur la fabrication des aiguilles, 188.
- LEFROY**; sur la courbure des cammies, B. 117.
- LELIÈVRE**; sur la fusibilité des terres, B. 154.
- LELIVEC**; sur l'affinage à la bergamasque, C. 65.
- LEMERY**. Son éthiops, D. 179.
- LEMPEREUR**; sur la fonte des statues, B. 277.
- LENORMANT**. Son affinage de la ferraille, C. 22.
- LÉONHARDI**; sur le décapage de la tôle, C. 284.
- LEVASSEUR**; sur la statue de Louis XV, B. 276.
- LEVAVASSEUR**; sur les aciers propres aux armes blanches, D. 234.
- LEVIS**. Ses observations sur les trompilles, B. 61.

M.

- MACHY**. Son procédé pour obtenir des rouges à polir, D. 178.
- MACKENSIE (Georges)**. Température de la fusion du fer, A. 24. — Température de la fusion de la fonte, du fer et de l'acier, D. 84.
- MACQUER**; sur la fusibilité des terres, B. 154. — Son fourneau, 317-318; — D. 90.
- MARCHER**. Son ouvrage sur la fonte de fer, A. 209. — Sur la pesanteur des différents charbons de bois, B. 6. — Division des tourbes. — Leur pesanteur, 23. — Composants

- des tourbes, 24. — Sur les charges des hauts fourneaux, 204-205. — sur les *stuck-ofen*, C. 7-141-143. — Correction des fers cassants, 172.
- MARIETTE; sur la fonte des statues, B. 277.
- MARIOTTE. Trompes qu'il décrit, B. 58-60. — Détermination de la pression et du ressort de l'air, 92.
- MARSHALL. Son acier, A. 78; — D. 90-93-96.
- MAYER; sur la fragilité du fer; — sur le phosphate de fer, C. 152.
- MOLARD; sur les laminoirs, C. 268; — sur la coulée de l'acier fondu, D. 83; — sur l'acier dur, 98; — sur le poli des aiguilles, 198.
- MOLL (le baron de). Traitement du fer avec de la houille, B. 27.
- MONGE. Ses expériences sur la plombagine, A. 26; — sur la fonte, le fer et l'acier, 40. — sur l'acier, 71; — sur l'affinage des blettes, B. 209; — sur la dissolution du graphite par le fer, 289; — sur la fonte des canons, 325; — sur le carbone contenu dans le fer, C. 26; — sur l'acier fondu, D. 82.
- MOORE; sur la température propre à forger l'acier fondu, D. 123.
- MOUCHEL (les frères); sur l'oxidation du fer, C. 281; — sur la recuisson des fils de fer, 322; — sur leur redressage, 333.
- MÜLLER. Affinage des carcass, C. 23-79; — sur l'acier sauvage employé dans les filières, 313.
- MUSSET. Ses expériences sur la quantité de carbone qui distingue chaque espèce d'acier fondu, A. 73. — Fondants qu'il propose pour les minerais de fer, 140. — Sur la proportion de cendre contenue dans les bois, B. 3. — Ordre de bonté des charbons de bois, — des tourbes, 24, — des charbons de houille, 33. — Proportion de carbones qu'ils contiennent, 39. — Sur l'affinage du fer à la houille, C. 76. — Ses essais pour traiter les minerais avec de la houille, 106-113-127-128. — Son flux pour fondre les aciers, D. 88. — Son brevet d'invention pour fabriquer l'acier, 90. — Son procédé. — Substances qu'il emploie. — Proportion de carbone, 91. — Il veut traiter directement les minerais; — obtenir de l'acier sans charbon. — Cémentation qu'il propose, 92. — Adoucissement de l'acier. — Cémentation rétrograde, 127-128.
- MUSSENBRÖCK. Ses expériences sur la combinaison du fer avec les métaux, A. 30; — sur la résistance des fers; — des autres métaux, 61; — de l'acier. — Expériences sur la ténacité des fers et de l'acier, D. 133.
- MUTHUON. Instrument d'affinage en usage dans les Pyrénées, C. 16. — Sur la méthode catalane. — Dimensions des fourneaux, 116-117. — Travail, 118. — Traitement des minerais de fer avec la houille par la méthode catalane, 126.

N.

- NEWTON. Sa loi du refroidissement des corps, A. 197.

O.

O'RELLY. Son projet de fourneau à trois tuyères, A. 182. — Tube noir qui se forme dans l'intérieur des fourneaux, B. 56. — Sur les soufflets de bois, 73; — sur les machines soufflantes cylindriques, 76. — Expériences sur l'effet de l'air humide dans un haut fourneau, 130. — Forme des tuyères, 182. — Sur l'affinage de la fonte dans des fourneaux de réverbère, C. 86; — sur les *fineries*, 92; — sur les ressorts des ordons, 195; — sur la fabrication des clous avec des machines, 259; — sur les fourneaux de cémentation, D. 31; — sur le rouge d'Angleterre, 180.

P.

PALLAS; sur le traitement du fer à Konitoun, C. 140.
 PANZERBERG. Son analyse de la houille, B. 32.
 PEARSON; sur la température pour forger l'acier fondu, D. 123.
 PELAIS. Son flux pour essayer les minerais, A. 139.
 PERRET. Sa température pour forger l'acier fondu, D. 123. — Sa méthode, 125. — Fente dans l'acier trempé, 144; — Trempe dans l'air, 147. — Trempe en paquet, 150. — Essai des aciers, 155. — Sabre de Damas, 236-237.
 PERRIER; sur la refonte du fer, B. 316-318; — sur les laminoirs, C. 267.
 PETITWALLE. Essai d'acier fondu, D. 90.
 PHILIPPE (George). Malléabilité du zinc, C. 179.
 PLINE; sur le traitement de l'acier, D. 2-44.
 PLUTARQUE; sur le traitement de l'acier, D. 2-44.
 POERNER; sur la fusibilité des terres, B. 154.
 PONCELET (les frères). Leur acier, A. 79. — Acier fondu, D. 83; — Acier fondu soudable, 97; — Acier dur, 98.
 PRIESTLEY; sur la décomposition de l'oxide de fer par l'hydrogène, C. 104.
 PRONY. Ses observations sur la résistance des fers, A. 62; — Ses machines à vapeur, B. 123.
 PROUST. Son analyse des sulfures, A. 28; — des fers spathiques, 97. — Sur les hydrates de fer, 108. — Ses expériences sur les charbons, D. 19.

Q.

QUANTS. Ses expériences sur l'action du manganèse, D. 80.

R.

RAMBOURG; sur les soufflets de bois, B. 75; — Sur les machines soufflantes, 127; — sur la séparation des grains de fonte, 210; — sur l'affinage de l'acier en Styrie, D. 64; sur le travail du fer, 78.

RAMUS. Ses expériences sur l'état du charbon le plus favorable au traitement du fer ; B. 17 ; — sur la refonte du fer, 312-315 ; — sur l'affinage de la ferraille, C. 21 ; — sur l'affinage à la houille dans des creusets, 82.

RAOUL. Limes qu'il fabrique, D. 213.

RÉAUMUR ; sur la distinction des fontes des fers et des aciers, A. 39 ; — sur l'extension du fer par la chaleur, 46. — Expériences sur l'acier, 71 ; — sur le poids des tombes, B. 24. — Sur les soufflets de bois, 75 ; — de fondeurs ambulants, 109. — Sur les fontes moulées ; — son travail sur cet objet, 251 ; — négligé par les Français ; — exécuté par les Anglais, 252. — Objet que l'on peut mouler et couler, 256. — Châssis à moules, 281. — Sur l'augmentation de volume des fontes en se solidifiant, 292 ; — sur la fusibilité des fontes blanches, 294 ; — sur la ductilité des fontes grises, 295 ; — sur la distinction des fontes, 296. — Son petit fourneau à fondre le fer, 314. — Adoucissement de la fonte, 320-322. — Sur le carbone combiné dans le fer, C. 26 ; — sur la combinaison de l'oxygène avec le fer, 27. — Adoucissement du fer fondu, 31-32-33. — Observations sur les carcasses, 77. — Méthode d'affinage qui s'en déduit, 78. — Son opinion sur les fontes blanches carbonées, 85. — Fusibilité des fontes blanches, 143. — Sur le décapage de la tôle, 284-286 ; — sur l'étaimage, 294-295 ; — la fabrication de l'acier, D. 3. — Sa distinction des fers par les grains, 10. — Sa cémentation des fers sans charbon, 17. — Essais de divers ciments. — Composition qu'il propose, 18. — Usage du charbon seul, 20. — Ses caisses de cémentation, 21-22. — Ses fourneaux, 29-30. — Fer cémenté, 29. — Des ciments, 39. — Augmentation de poids et de longueur des barres cémentées. — Combustible employé, 43. — Couleur des fontes propres à fabriquer de l'acier, 47-48. — Préparation de l'acier pour être forgé. — Son adoucissement, 126-127-128. — Fragilité de l'acier trempé, 129. — Opinion sur la grosseur des grains de l'acier trempé, 130. — Explication de la trempe, 131 ; — dans les métaux, 138. — Substances dans lesquelles on trempe, 143-144. — Trempe en paquet, 150. — Distinction des aciers, 156 ; — par les grains, 158-159-160. — Leur dureté. — Substance employée pour la déterminer, 161. — Du corps des aciers. — Des trempes uniformes, 163. — Essais des aciers par le tranchant, 166. — Art d'adoucir l'acier, 202.

RINMANN. Son histoire du fer, A. 12. — Ses expériences sur la distinction de la fonte, du fer et de l'acier, 39 ; — sur l'extension des fers par la chaleur, 46 ; — sur la densité de la fonte, du fer et de l'acier ; — sur la blancheur des fontes, 53 ; — sur la densité des fer ductiles, 59. — Ses expériences sur l'acier, 71 ; — sur la combinaison de l'oxygène avec le fer, C. 27. — Son opinion sur les fontes blanches carburées, 85 ; sur le décapage des tôles, 284 ; — sur la fabrication de l'acier, D. 3 ; — sur la cémentation sans charbon, 17.

RINMANN fils. Sa manière de corriger le fer cassant, C. 166.

RINMANN (Swan) a été nommé, le premier, grand maître des hauts fourneaux en Suède, A. 14.

ROEBUCK. Ses observations sur l'air comprimé dans les caves de Devon, B. 83-137.
ROVENSON a traité le premier les minerais de fer avec de la houille, A. 11.

S.

SABATHIER. Son affinage du fer par la houille, C. 79. — Ses expériences en commun avec M. Dufaud, 96. — Opinion sur leur résultat, 97.
SAGE. Ses analyses du fer spathique, A. 94. — Son flux pour essayer les minerais, 140. — Ses analyses des houilles, B. 29.
SAUSSURE. Sa combustion du charbon, B. 46. — Ses analyses des gangues des minerais de fer, 153; — sur la fusibilité des terres, 154.
SCHEY. Sa manufacture d'acier poli, D. 184.
SCHLUTTER. Son flux pour essayer les minerais, A. 139; sur les soufflets de bois, B. 73-74.
SCHNACK. Son flux pour essayer les minerais, A. 140.
SCHMIDT (Jacques). Son travail des faux, D. 246.
SCHMITH (Thomas-Pierre); sur l'acier fondu, D. 82; — sur le flux pour fondre l'acier, 87.
SCHMOLDER (Frédéric-Guillaume); sur la fonte d'acier, D. 98.
SCHOELBORN; invente les soufflets de bois, B. 73.
SCHOTTE (le père). Ses machines soufflantes hydrauliques, B. 57.
SCHREIBER; sur le fer natif, A. 84-86; sur les noms allemands, D. 271.
SCOTT. Son acier fondu, D. 81.
SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT. Prix qu'elle accorde pour les fontes moulées, B. 253-255; — pour l'amélioration des fers, C. 178; pour les aciers fondus, D. 97-98.
SPENCER. Sa fabrique de clous avec des machines, C. 258.
SPENGER; sur la fonte des statues, B. 277.
STERNBERG (le comte de). Ses expériences sur la fonte de fer avec de la tourbe, B. 25-26-27-28. — Son fourneau à traiter les minerais de fer, 37.
STAHLBERG (le chevalier); sur les améliorations des fers cassants, C. 172.
STOUTZ; sur la fonte des canons, B. 323. — Expériences sur la décomposition de l'eau par le fer, C. 103; — sur la fabrication des aiguilles, D. 188.
STUNCKEL le jeune. Sur l'action du fer sur le manganèse, A. 53; — sur l'action du manganèse dans la fabrication de l'acier, D. 47-48. — Son opinion, 70. — Précis de cette opinion, 71-72. — Comment le manganèse agit, 73. — Réponse aux faits avancés, 74. — Conclusion qui détruit cette opinion, 79-81.
STURTEVANT; invente le traitement des minerais par la houille, A. 11.
SUIDAS; sur le travail de l'acier, D. 2-44.
SWAN RINMANN; est nommé, le premier, grand maître des fourneaux de Suède, A. 14.
SWEDENBORG. Son traité du fer, A. 12. — Croit qu'il existe des minerais de fer qui tien-

nent jusqu'à 0,90 de fer, 87. — Décrit un grillage de la Dalécarlie, 175. — Ses détails sur les hauts fourneaux, 190; — sur le traitement du fer avec du bois en nature, B. 2; — sur les soufflets de bois, 75; — sur la mise en feu des hauts fourneaux, 193; — sur l'affinage de la ferraille, C. 19. — Du fer d'Osmund, 41; — à la wallonne, 45; — à l'allemande, 59. — Sur la correction des fers, 134. — Sur le traitement des minerais avec du bois, 166-174; — sur le cinglage, 211; — sur les équipages des fenderies, 250; — sur le travail de l'acier, D. 2; — sur la couleur des fontes propres à l'acier, 47.

T.

- TEXIER** de *Norbeck*. Ses expériences sur la résistance des fontes et des fers, A. 59.
- THÉNARD**. Son oxide de fer-blanc, A. 37. — Son analyse de bois, B. 3. — Sa densité des gaz, 45. — Sur les fers cassants, C. 153. — Poids des gaz, 314-315.
- THOMSON**. Ses affinités du fer pour les métaux, A. 33. — Sur la résistance des métaux, 61; — sur la composition des tourbes, B. 24; — sur la densité des gaz, 45; — sur la température de la solidification des métaux, D. 136; — sur les couleurs que l'acier prend en s'oxidant, et sur les températures auxquelles ces couleurs se forment, 152.
- THUNBERG**. Son opinion sur l'acier, D. 3.
- TRÉMANN**. Sa densité des fontes, A. 52. — Indication de la bonté des aciers de forge, 76. — Sa division des fourneaux de grillage, 163. — Ses conseils sur le grillage. — Forme des fourneaux à griller, 165. — Sur le degré de calcination des minerais de fer, 170; — sur les soufflets hydrauliques, B. 71; — les soufflets de bois, 73. — Son opinion sur le traitement de la mine spéculaire, D. 145; — sur la fusibilité des terres, 154; — avec de l'oxide de fer, 159. — Moulage des médailles, 281. — Sur l'affinage de la fonte en grains, C. 41; — sur la méthode Osmund marchaise, 42; — sur l'affinage par attachement, 43; — à la wallonne, 45; — sur l'affinage à la houille dans des creusets, 82.
- TRIEWALD**. Sa machine soufflante hydraulique, B. 70.
- TRONÇON DUCOUDRAY**; sur les méthodes catalanes, C. 117.

V.

- VANACCIO**. Son procédé pour obtenir de l'acier, D. 3. — Examen, 7.
- VANDENBROECH**; sur les fineries, C. 92; — sur le décapage, 283-285-286-287; — sur l'étamage, 287-295-297; — sur l'acier fondu, D. 85. — Manière de l'obtenir avec de la fonte, 93.
- VANDERMONDE**. Ses expériences sur le carbure de fer, A. 26; — sur la différence entre la fonte, le fer et l'acier; — sur le carbone combiné dans le fer, C. 40; — sur la couleur des fontes, D. 76; — sur l'acier fondu, 82.
- VAUQUELIN**. Son analyse des fontes du Jura, A. 50. — Ses analyses de l'acier, 72. —

- N'a pas trouvé de manganèse dans l'acier, 74. — Son analyse du fer spathique, 97. — Des fers terreux en gros morceaux, 108. — Est un des plus célèbres docimatiste de ce siècle, 129. — Son analyse des gangues des minerais de fer, B. 153. — Sur le fer brisant, C. 155-157.
- VERGNIER BOUSCHERE. Son anémomètre à eau, B. 93. — Son opinion sur la fusion du fer dans le traitement par la méthode catalane, C. 121.
- VILANTROY; sur l'acier propre à la fabrication des armes blanches, D. 234.
- VILLEFOSSE, voyez HERON.
- VOIGT. Sa division des houilles, B. 30.

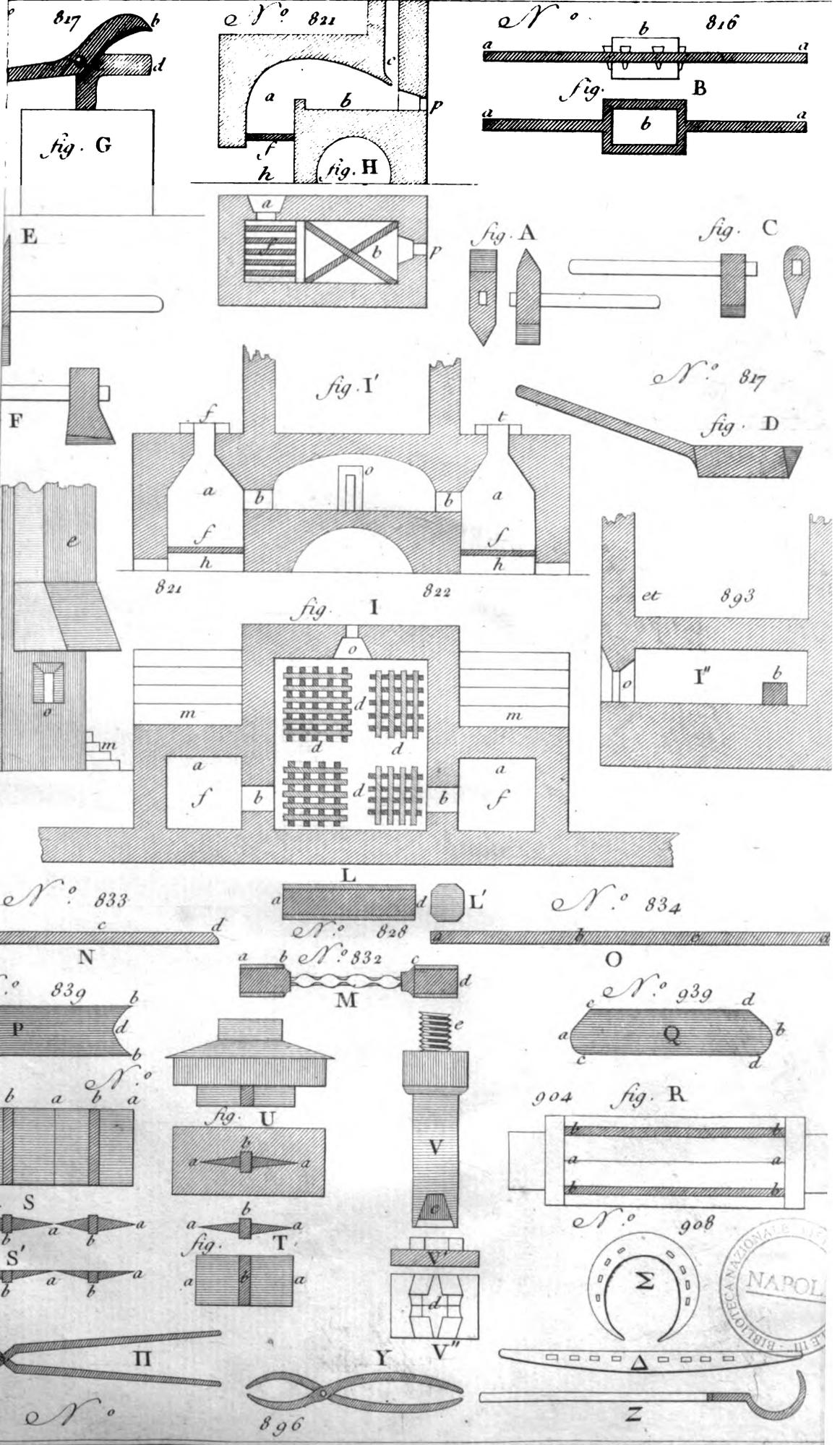
W.

- WAHLER. Son ordon à jambes de fer, C. 193.
- WAGNER. Ses expériences sur le traitement du fer avec de la tourbe, B. 26-27-28.
- WALLERIUS. Ses expériences sur la combinaison du fer avec les métaux, A. 30.
- WEDGWOOD. Son pyromètre, A. 23, B. 156.
- WEIGEL. Ses expériences sur la combinaison du fer avec les métaux, A. 30.
- WENDEL; sur le traitement des blettes, B. 209; — sur la séparation des grains de fonte, 210; — sur l'affinage de l'acier, D. 65.
- WERNER. Son espèce minéralogique, A. 83. — Sa division des minerais de fer, 84-106. — Sa division des mines limoneuses, 110-111. — De l'oxide terreux en fragments, 112. — Sur la dureté des substances minérales, D. 161.
- WERIGT; sur les fourneaux de réverbère, B. 305-306.
- WIEGLEB. Son analyse des houilles, B. 32. — Des gangues des minerais de fer, 153.
- WILDMANN. Son traitement des minerais de fer avec de la houille, C. 106.
- WILKINSON. Ses expériences sur la résistance de l'air, B. 103-104-105. — Son opinion sur l'oxidation du fer, C. 84.
- WILLIAM MOORCROST. Sa fabrication des fers à cheval avec des machines, C. 260.

FIN.

030159

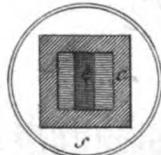
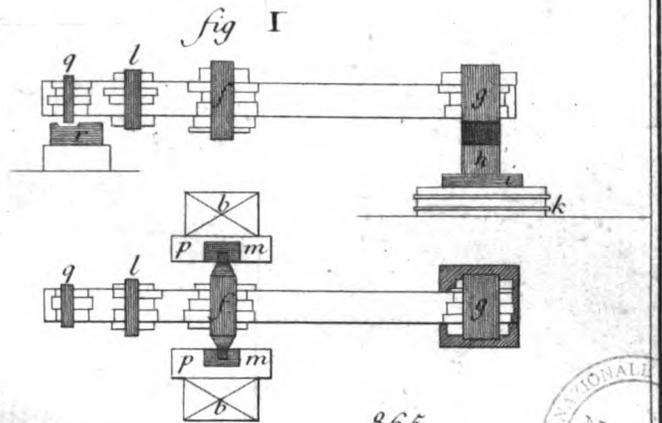
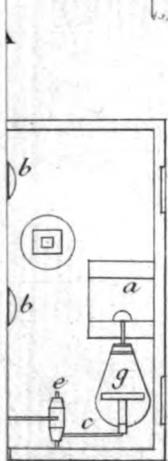




64 et 866

N^o

865



865

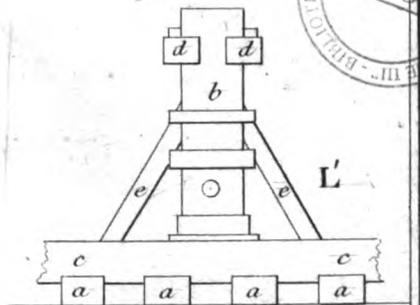
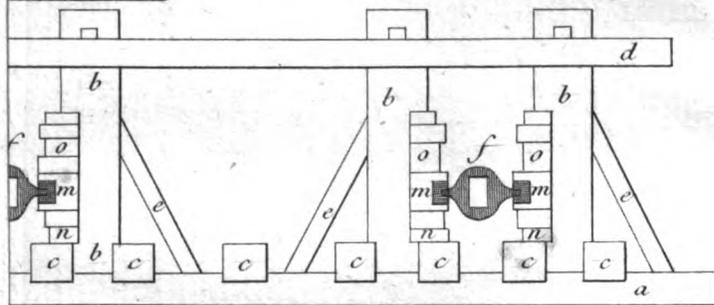
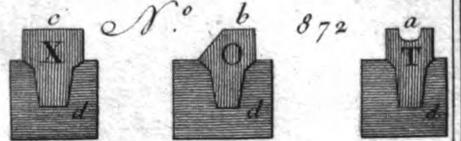
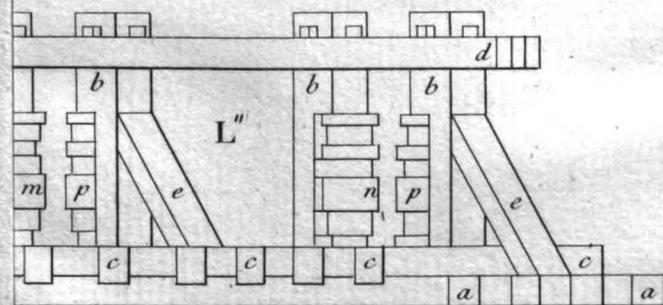
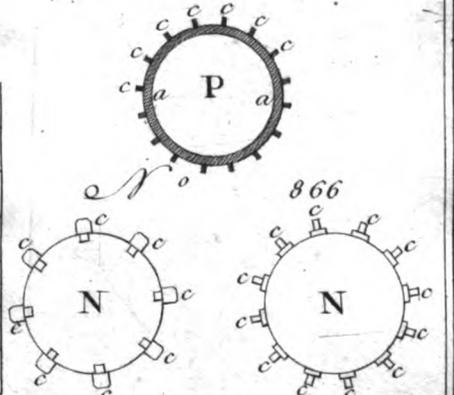
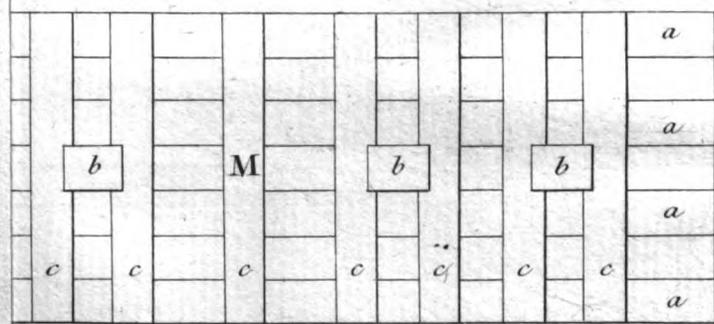


fig. L

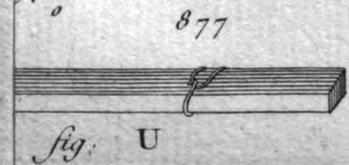


N^o 870

N^o 866



fig. Q



877

fig. U



N^o 867 et 873

fig. R

fig. V

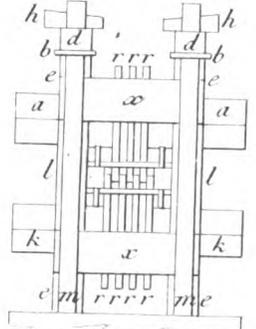
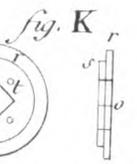
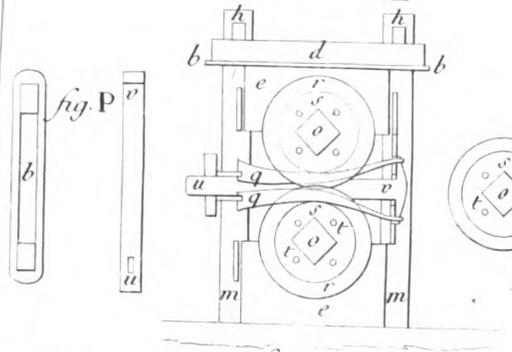
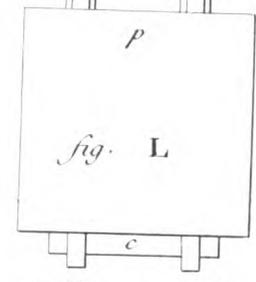
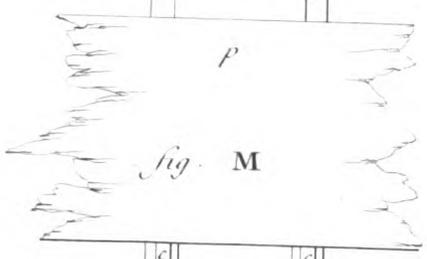
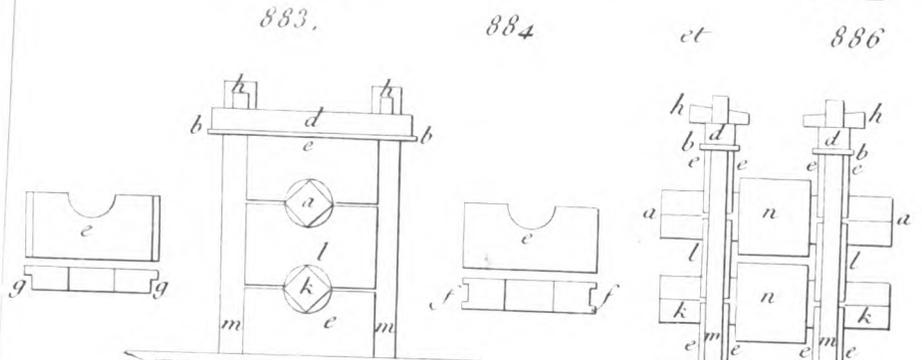
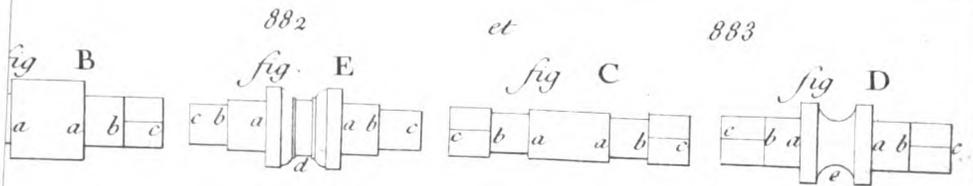
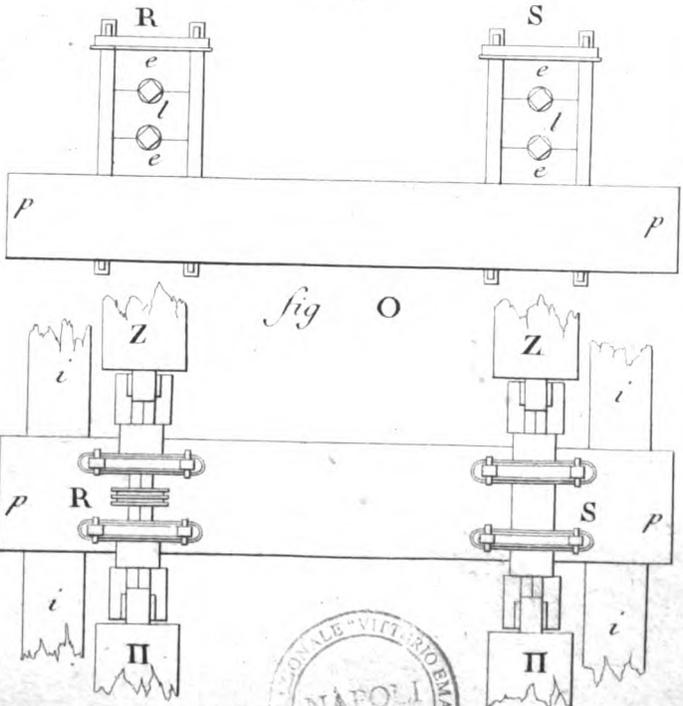
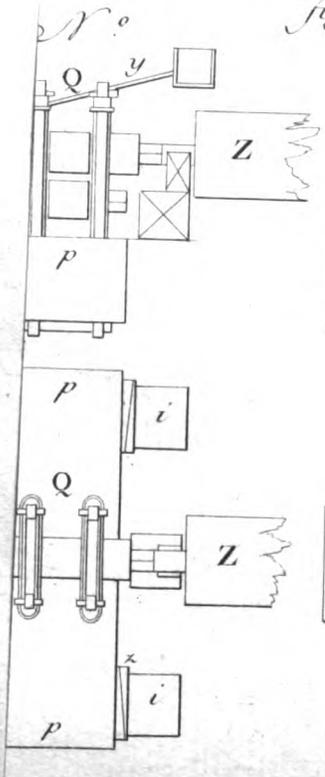
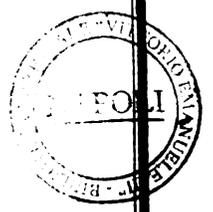
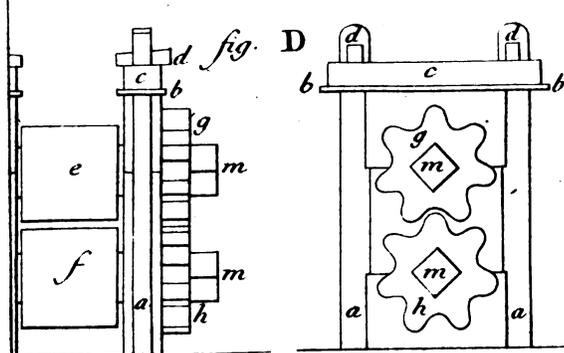
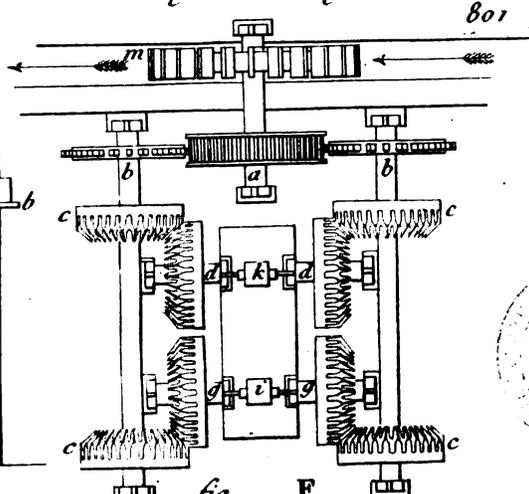
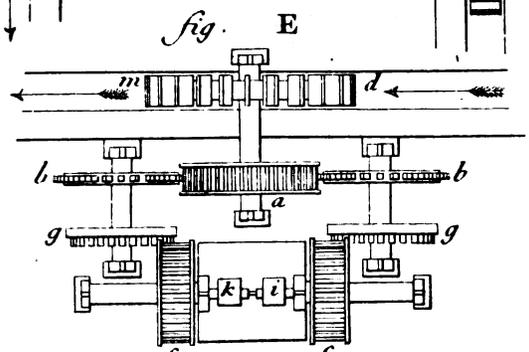
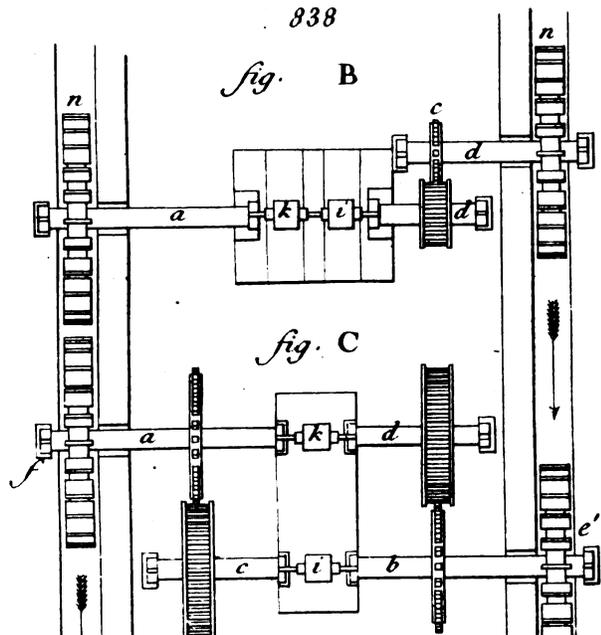
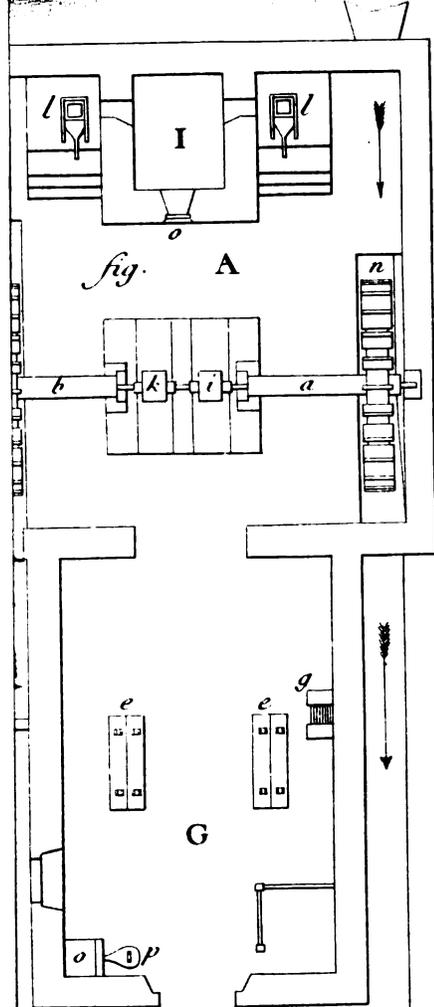
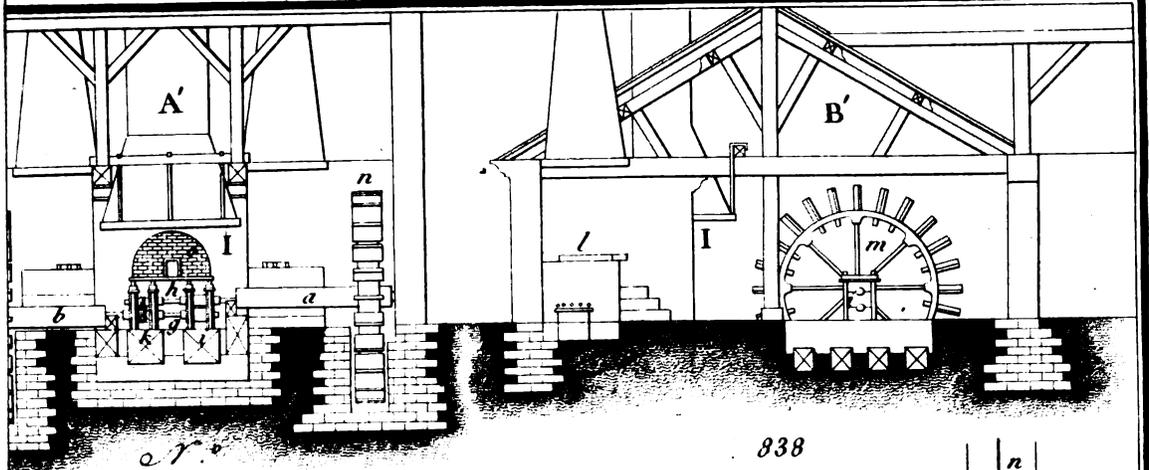


fig. I

fig. H





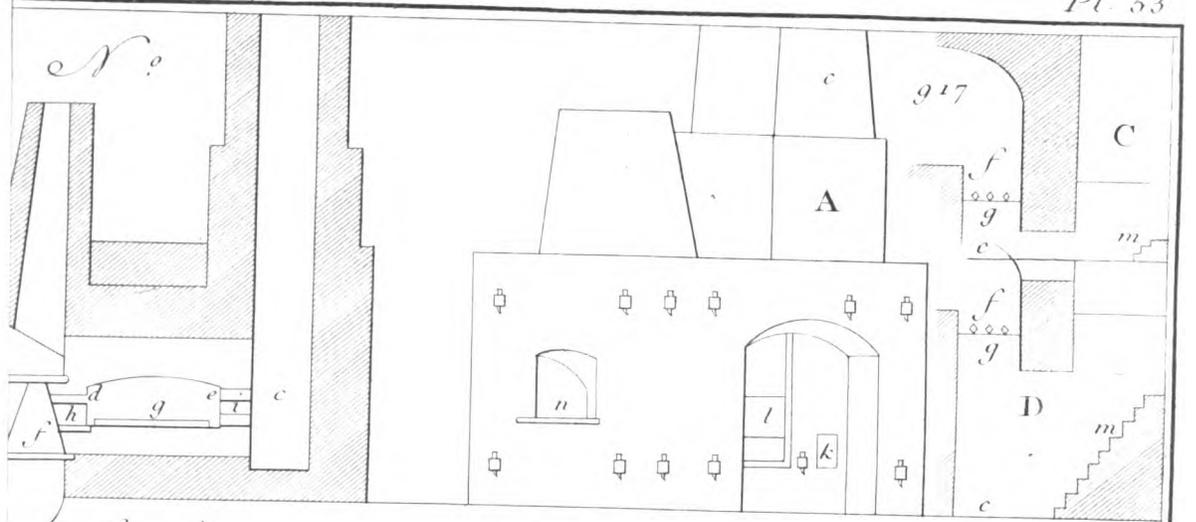
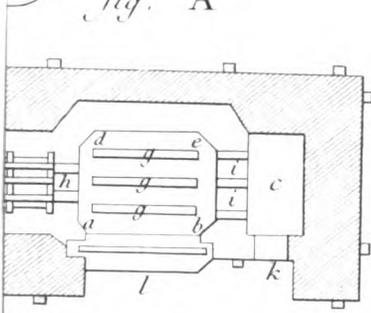


fig. A



918

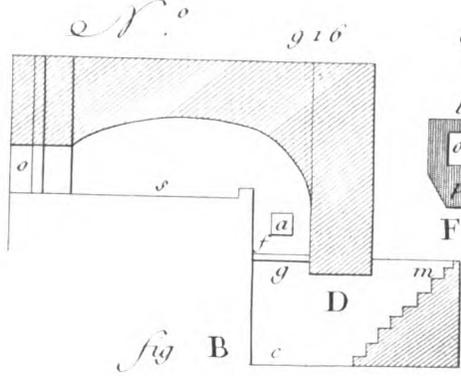
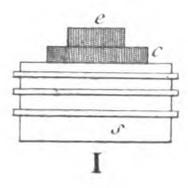
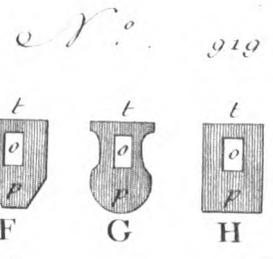
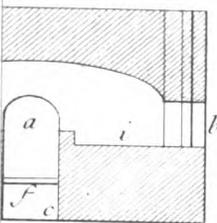


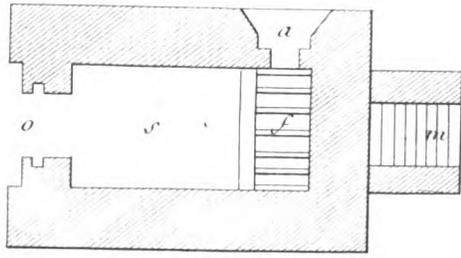
fig. B



I



F



K

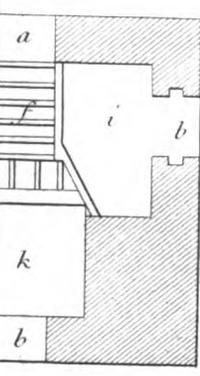


fig. M

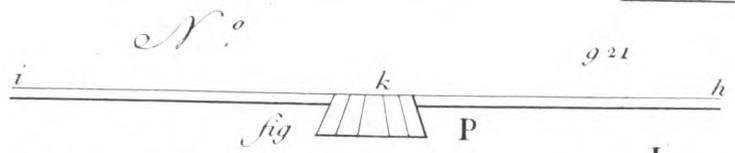


fig. P

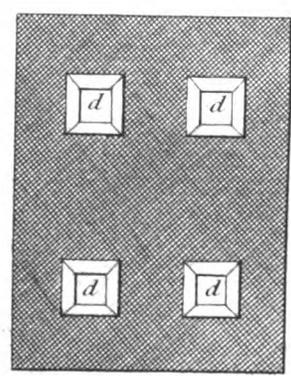
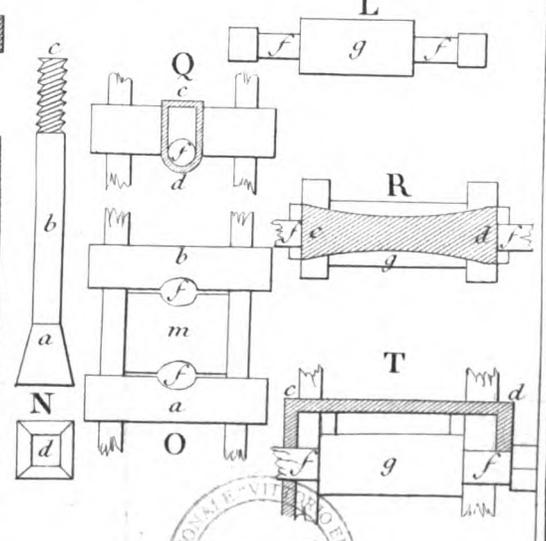
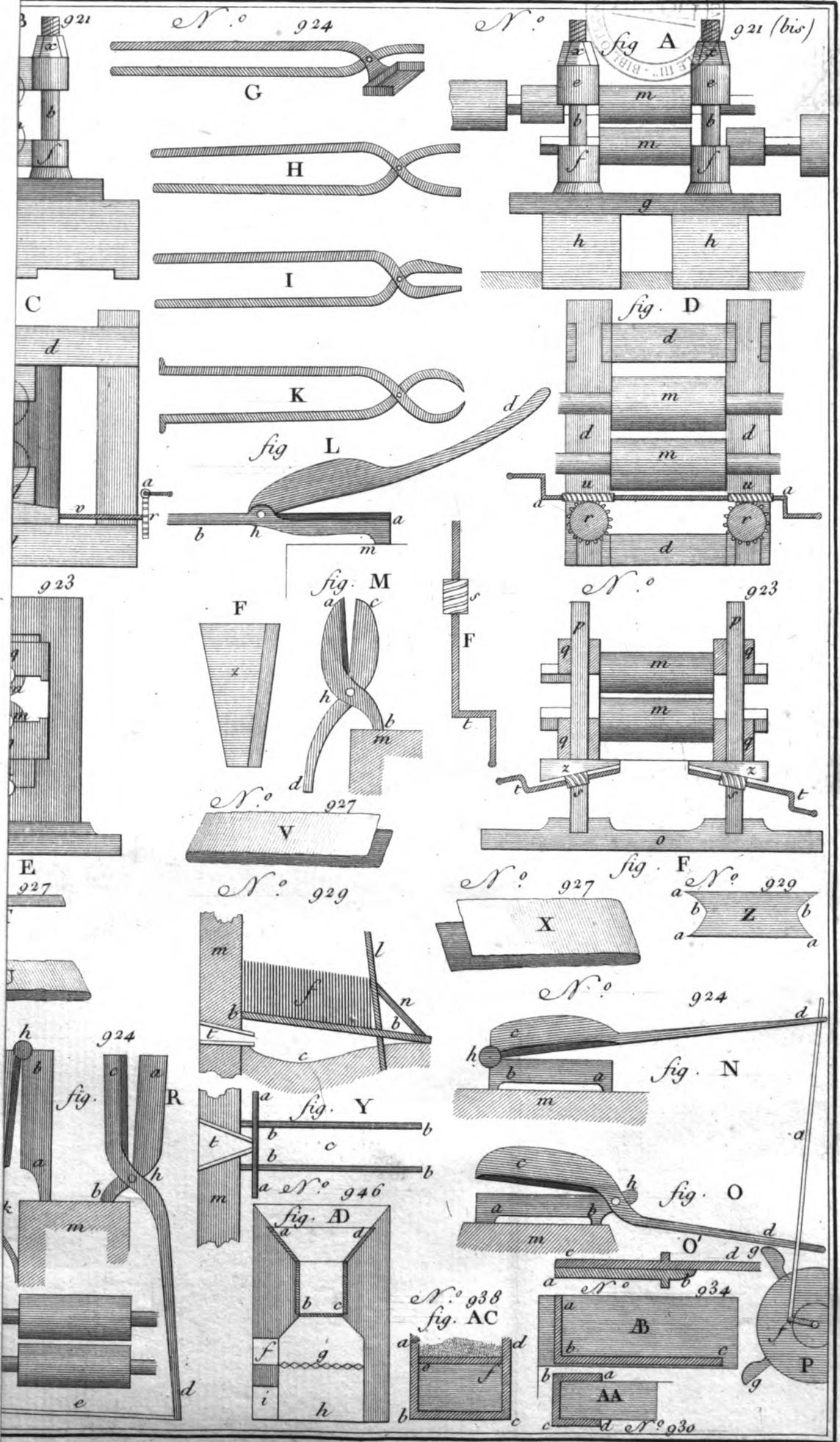
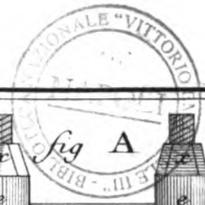
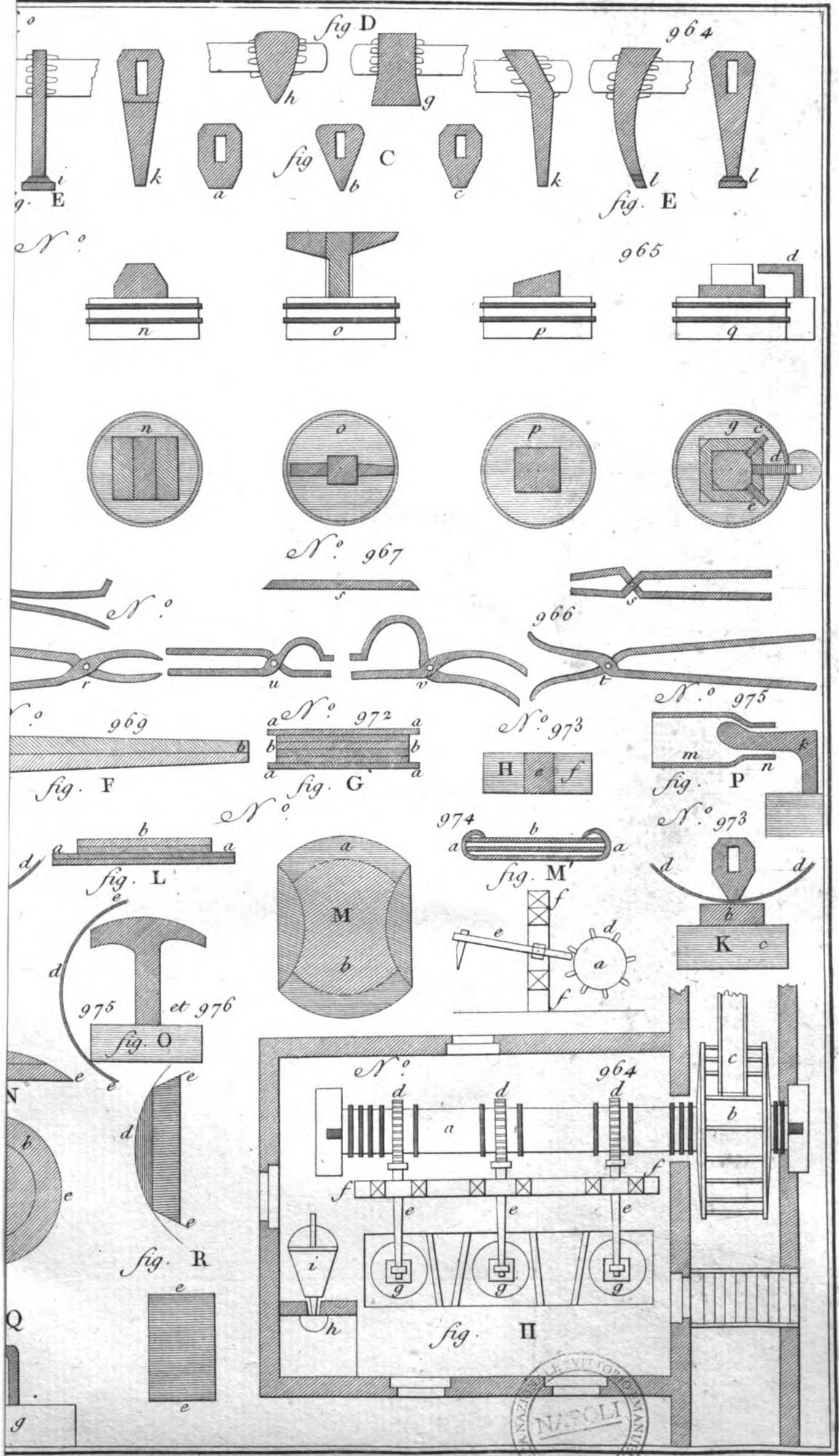


fig. S







N^o 985

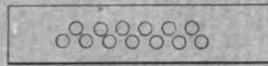


fig. A



N^o 992

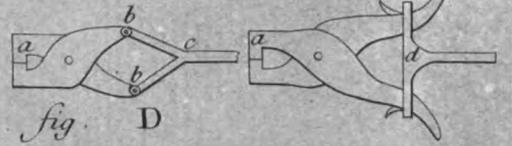


fig. D

fig. B

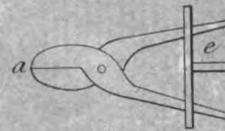


fig. C

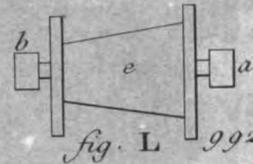
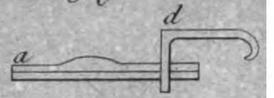


fig. L 992

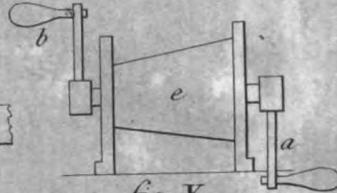
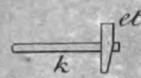


fig. K



995

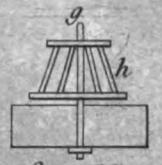


fig. M

994

et

996

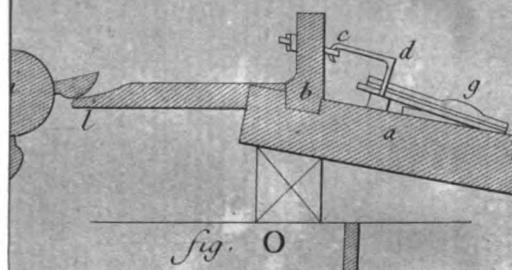


fig. O

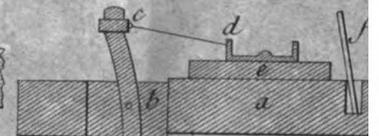
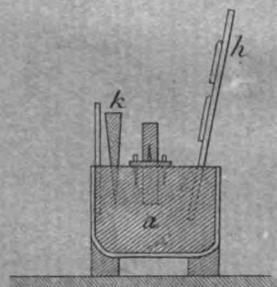
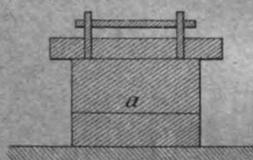
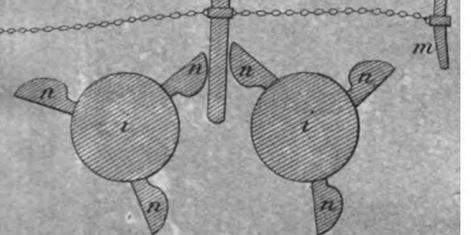


fig. N



S



T

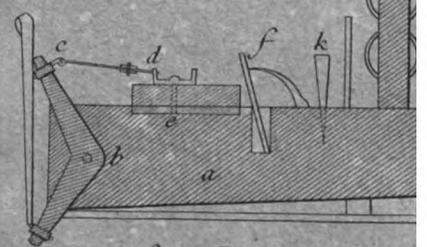
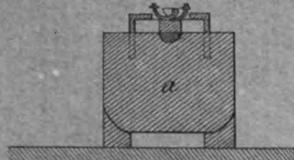
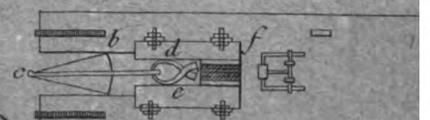
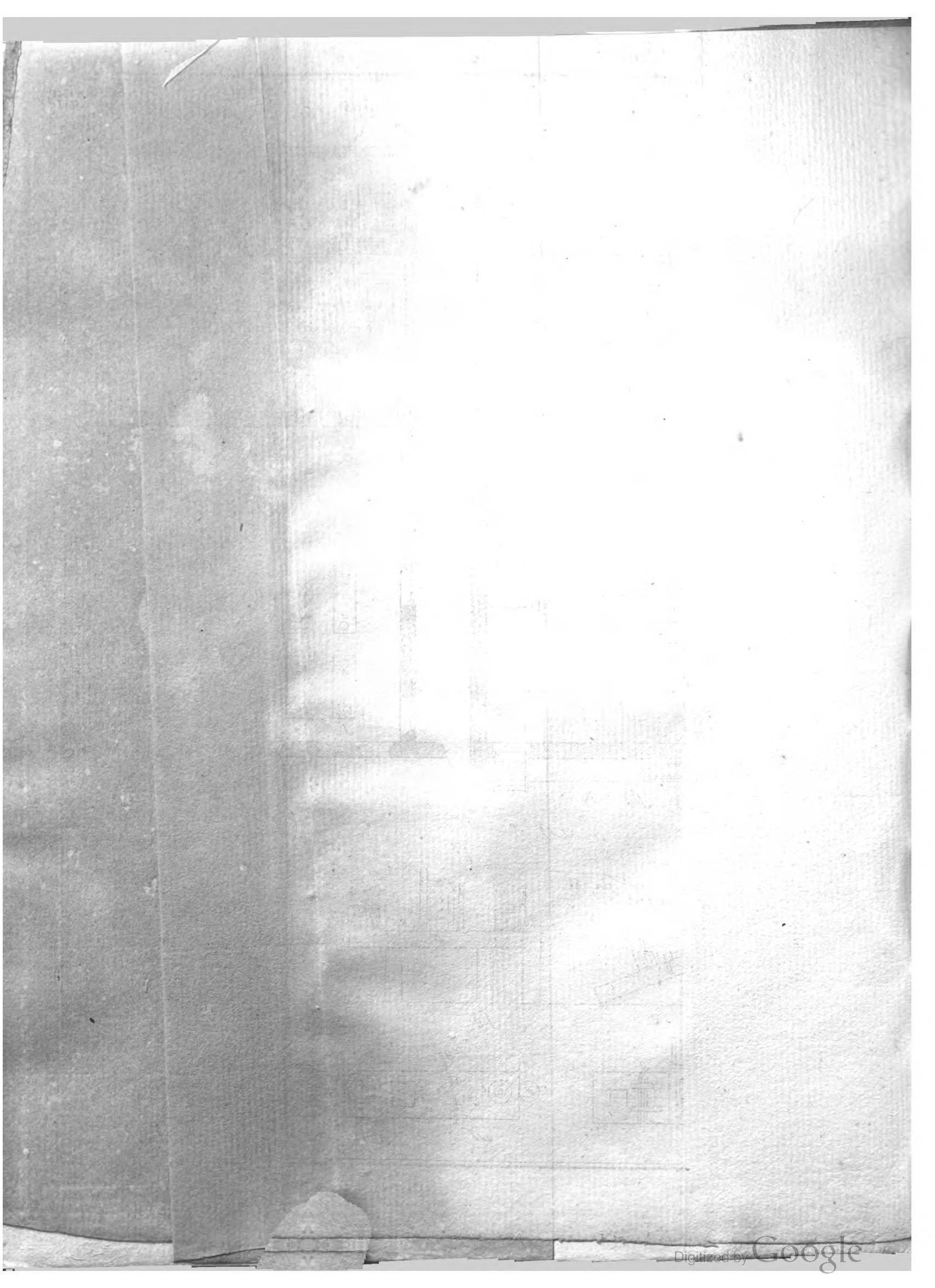


fig. R



U





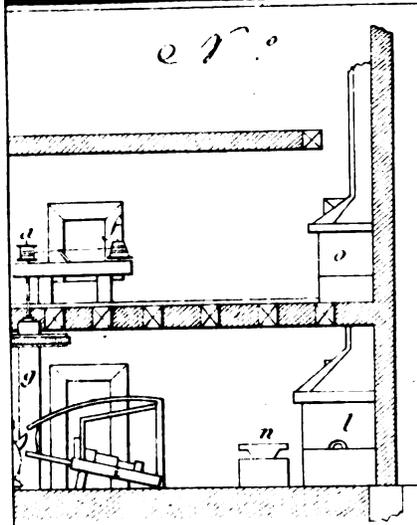


fig. C

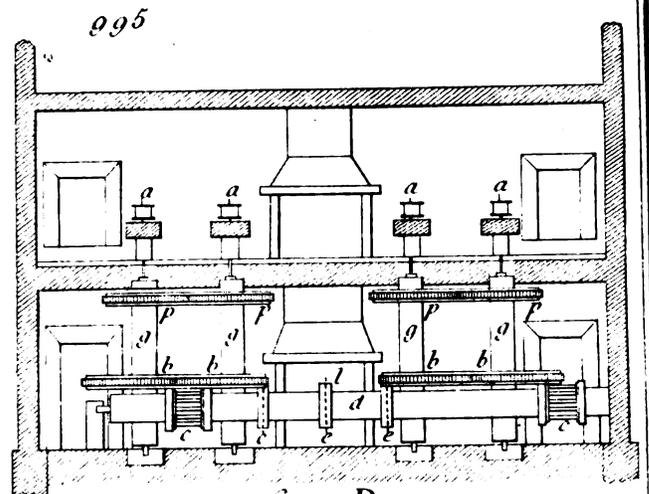


fig. D

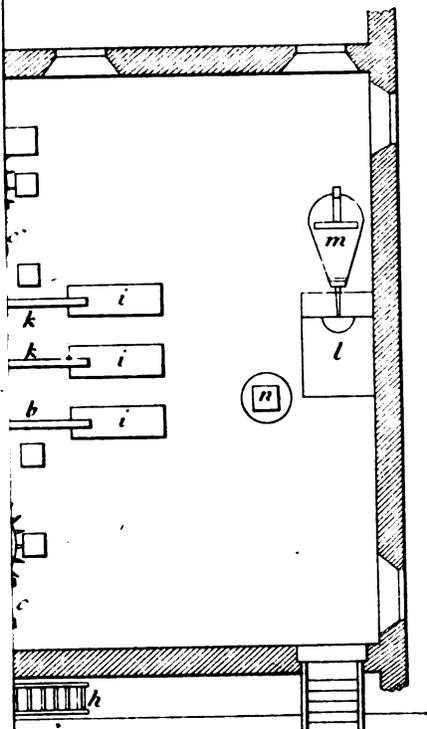


fig. A

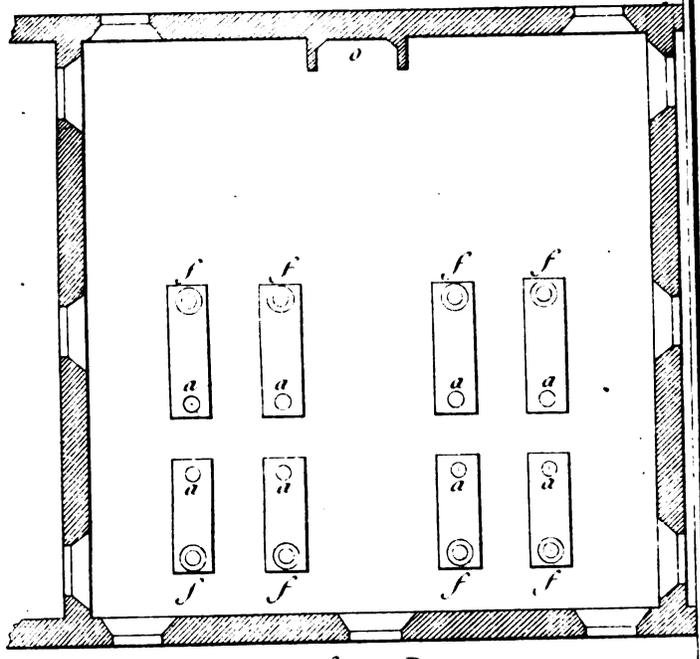


fig. B

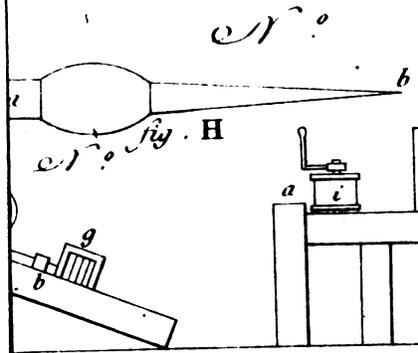


fig. H

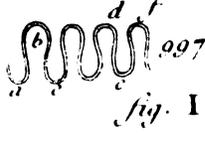
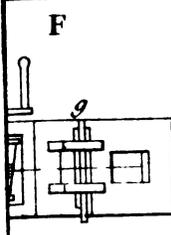


fig. I



F

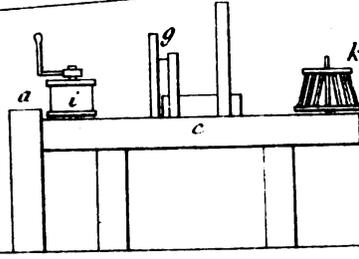


fig. G

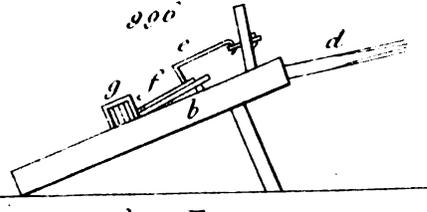
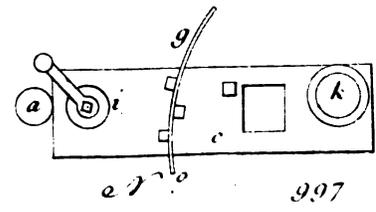
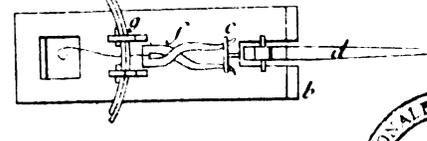


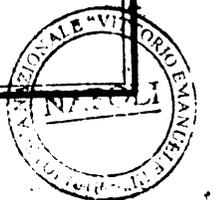
fig. E



997



990



N^o

999

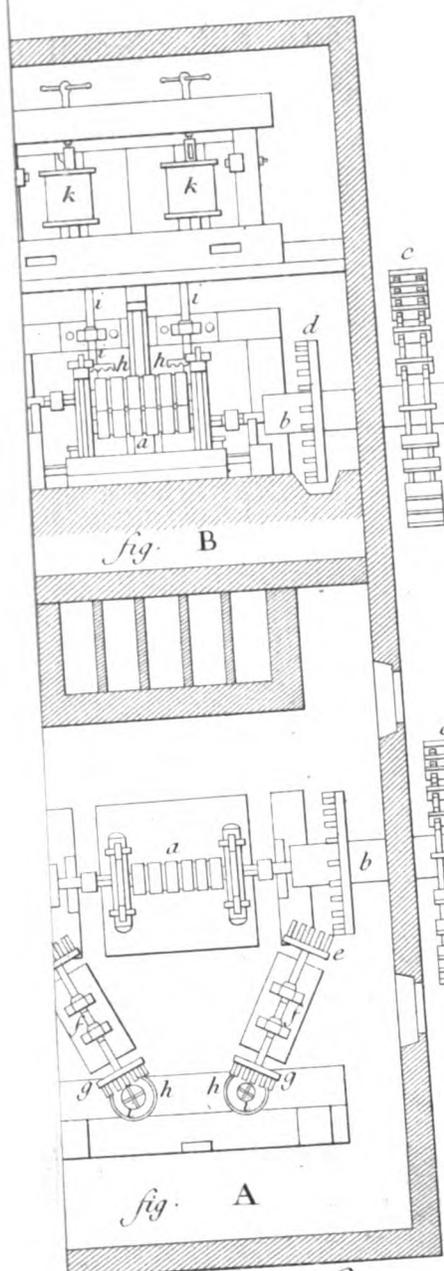


fig. B

fig. A

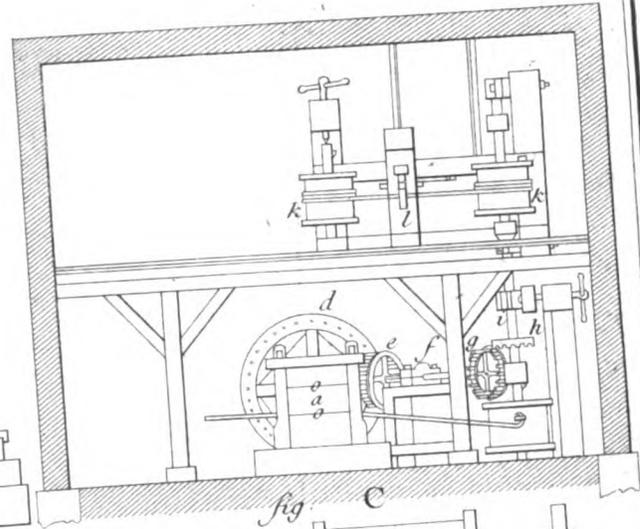


fig. C

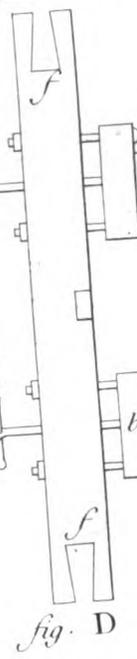


fig. D

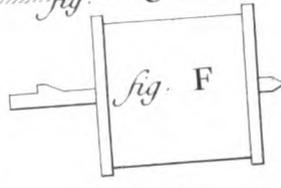


fig. F

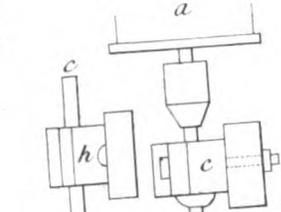


fig. G

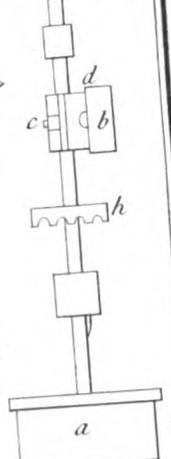


fig. E

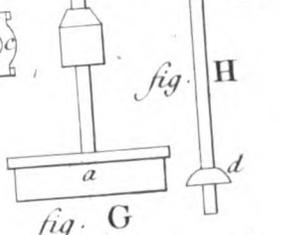


fig. H

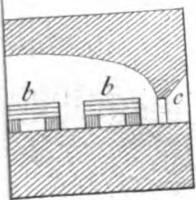


fig. I

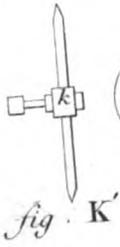


fig. K'



m

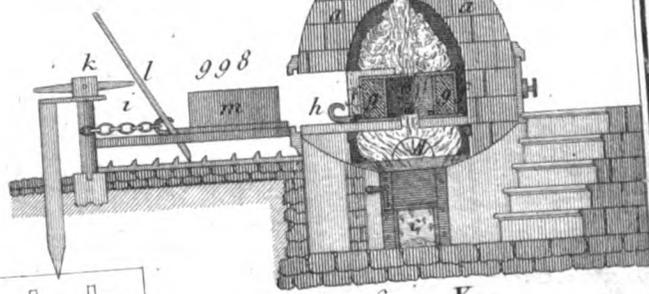


fig. K

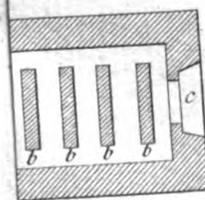


fig. L

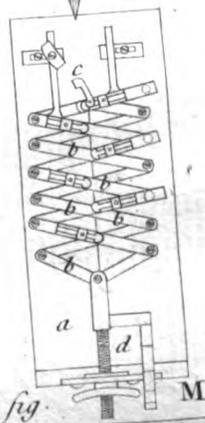
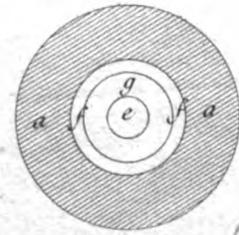
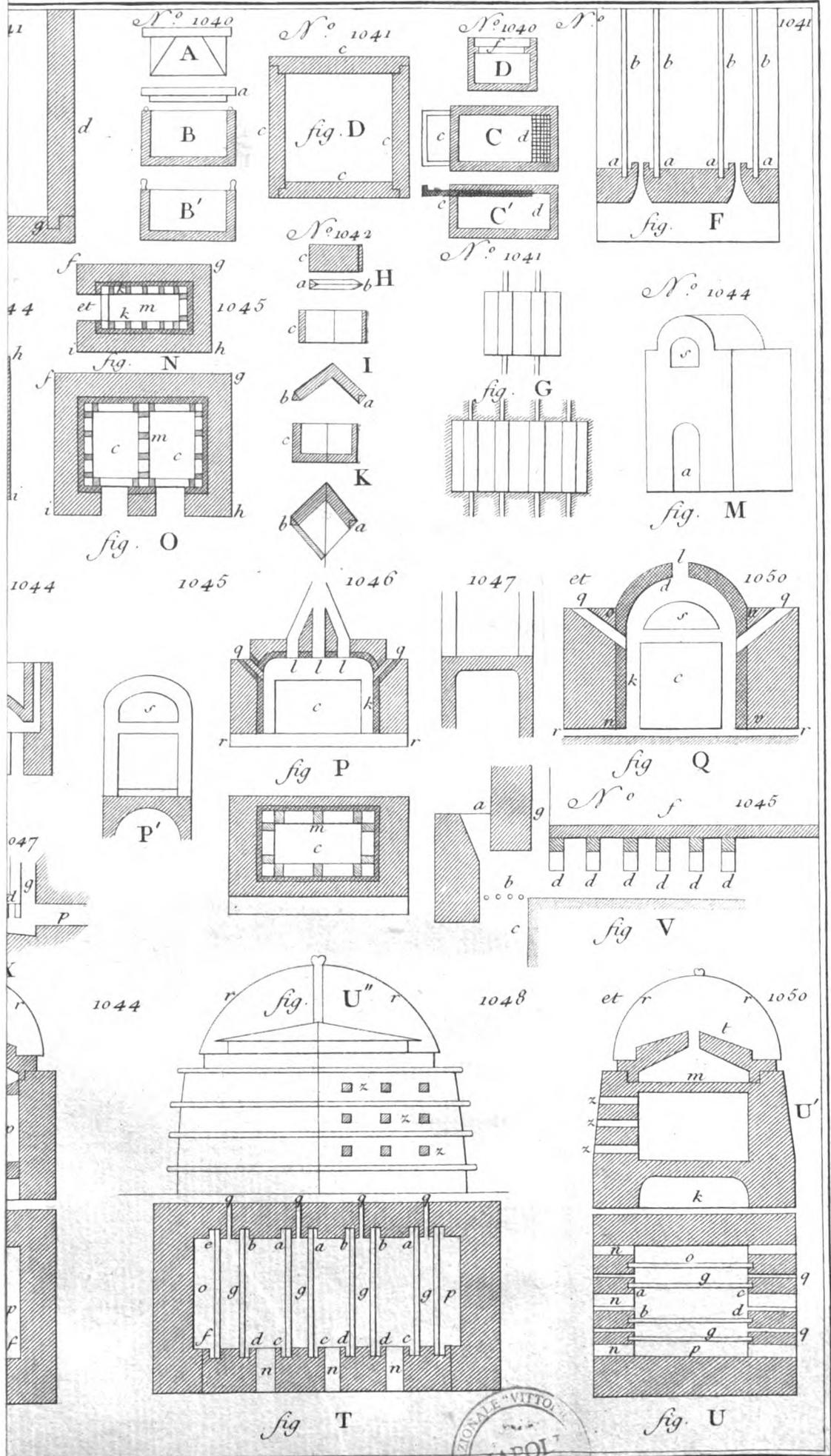


fig. M



a





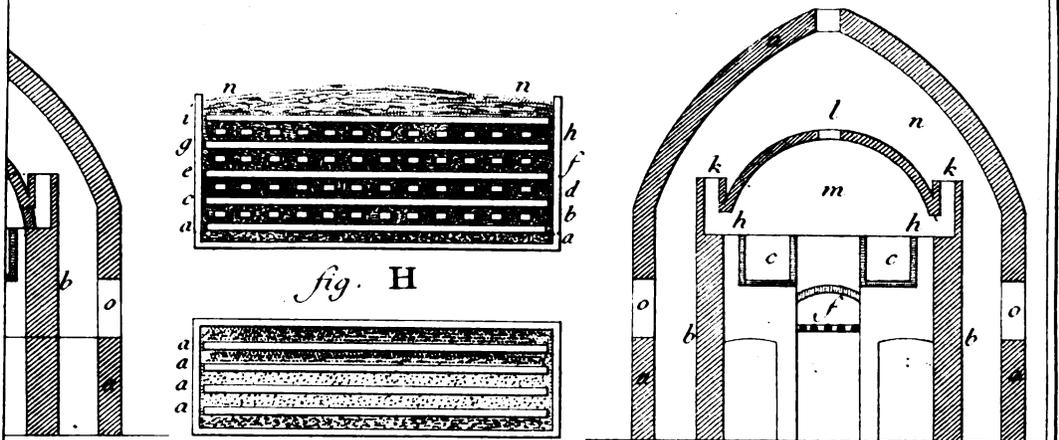


fig. H

fig. G
N° 1055

fig. B

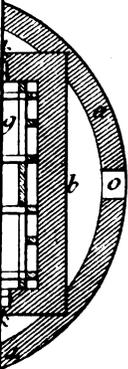
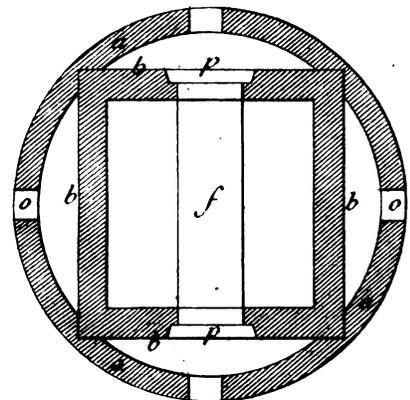


fig. I



N° 1046 - 1047 et 1050

1047 et 1050

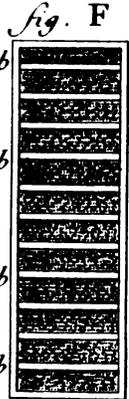


fig. F

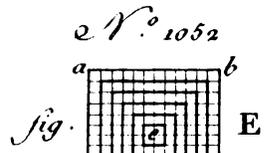
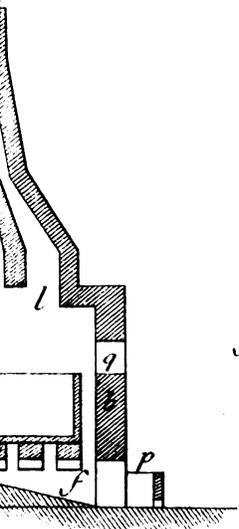


fig. E

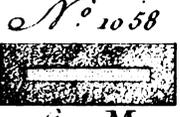


fig. M

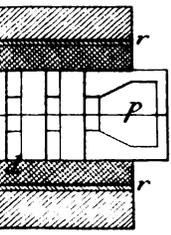


fig. L

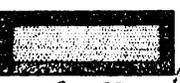


fig. K

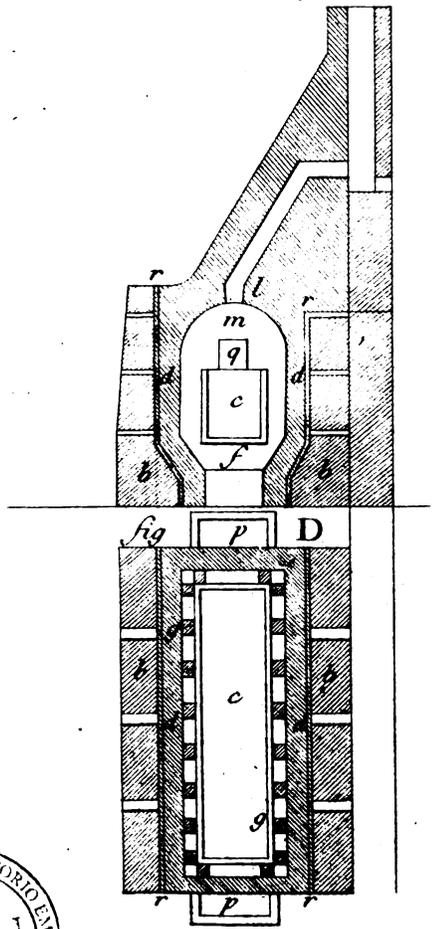
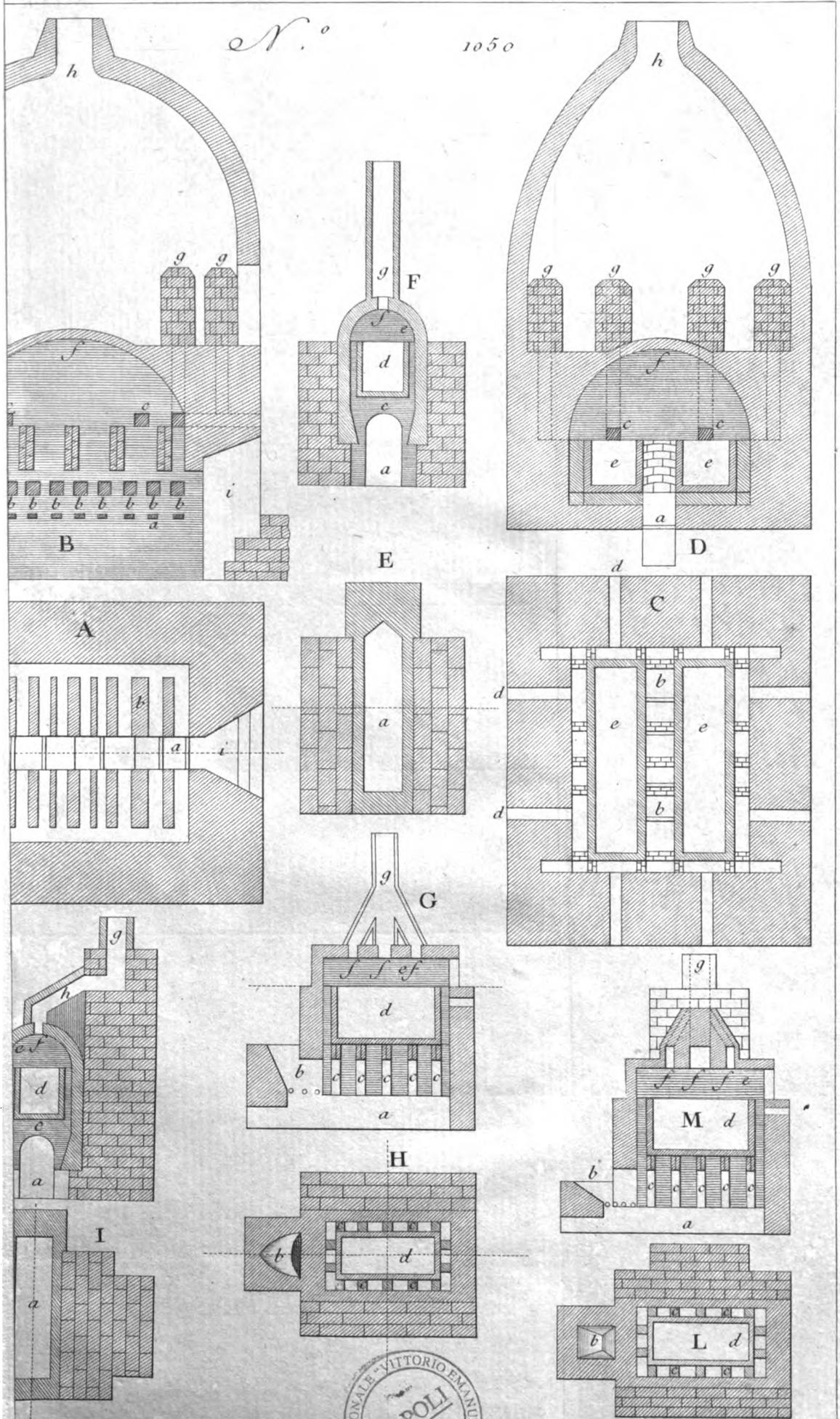
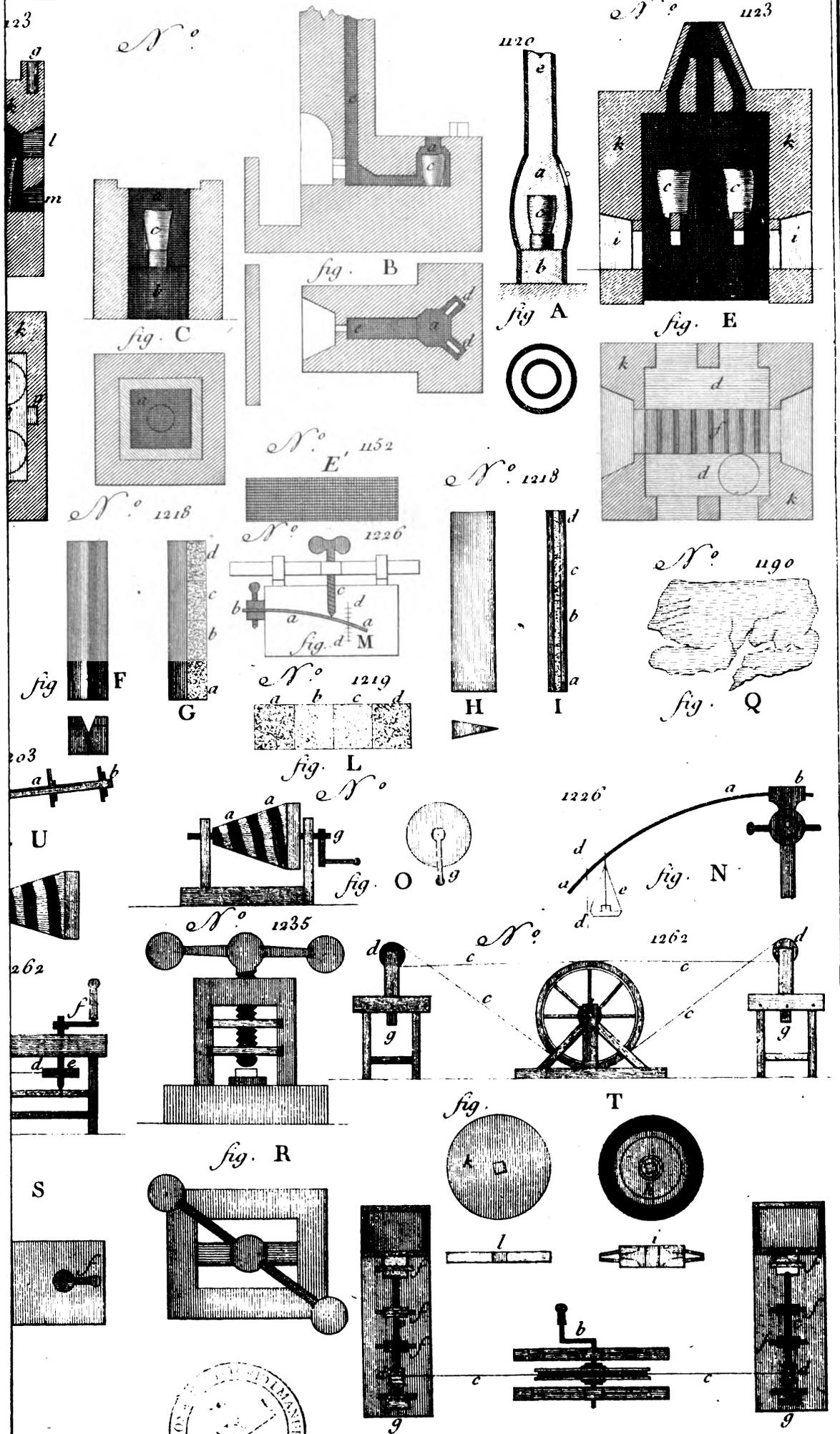


fig. D

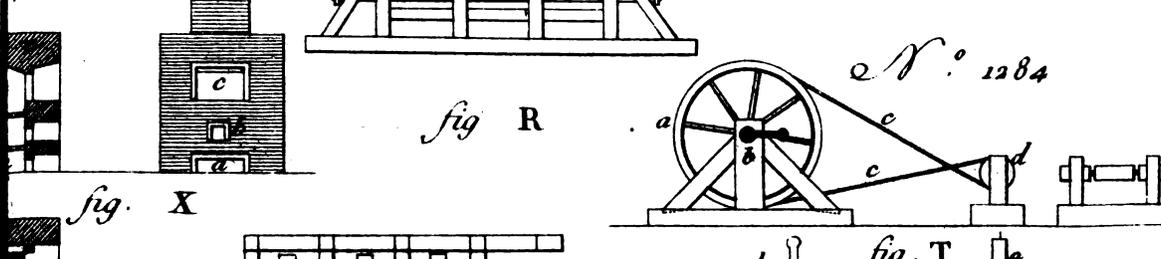
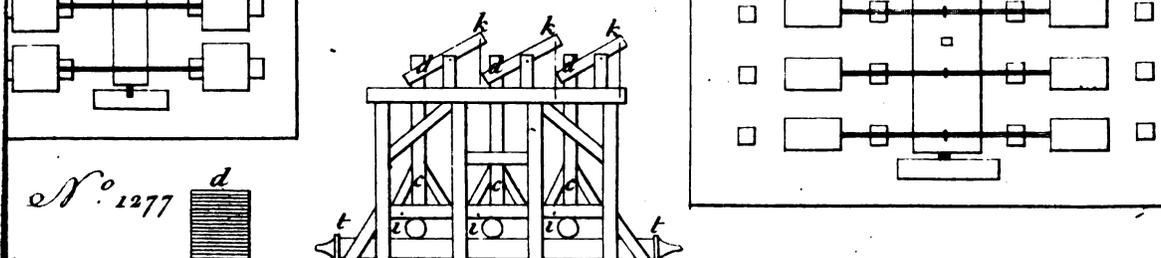
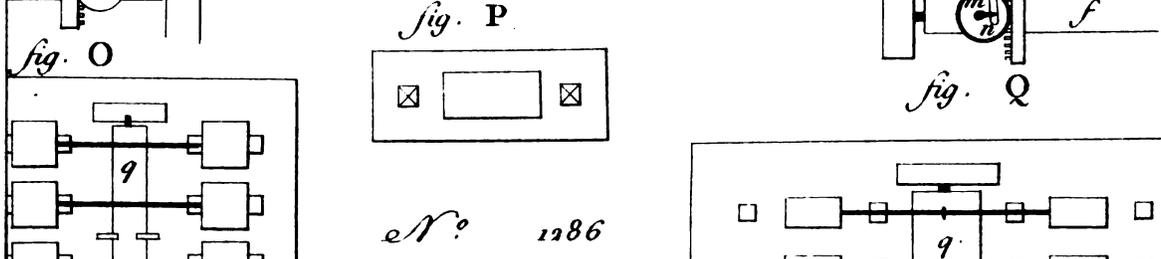
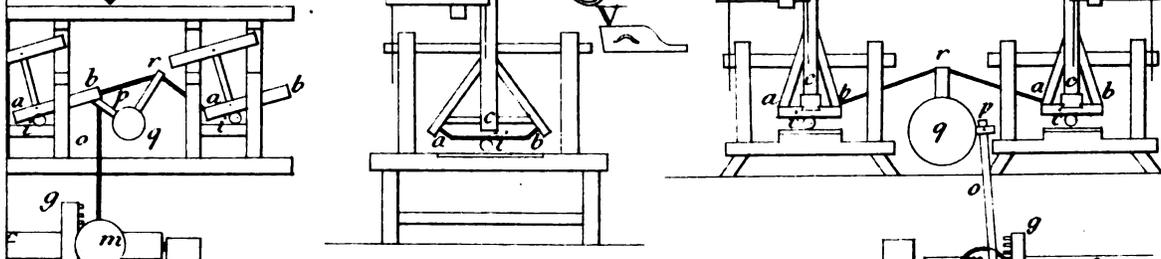
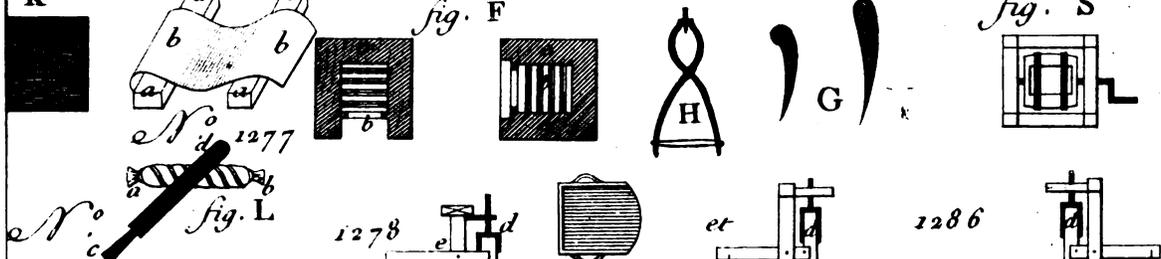
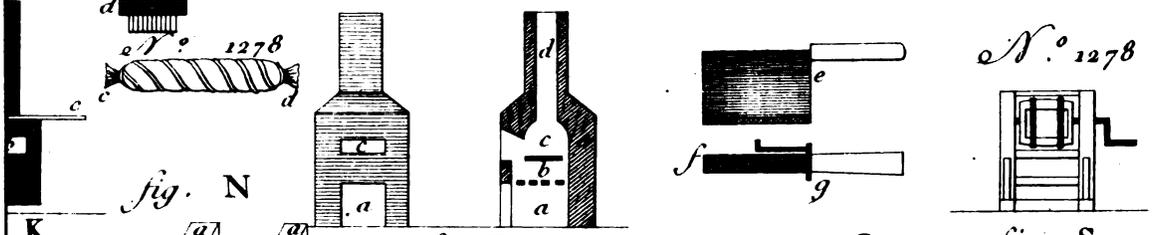
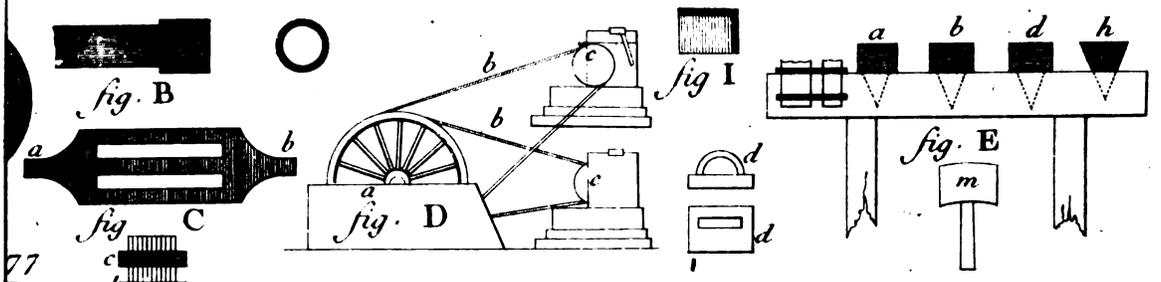






N^o

1275



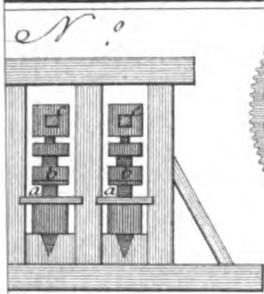
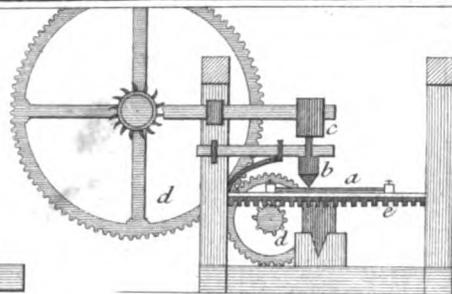


fig. L



1312

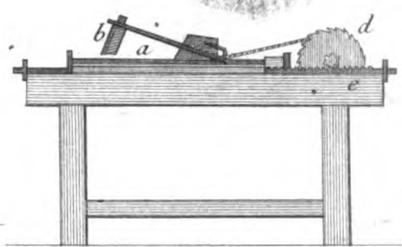
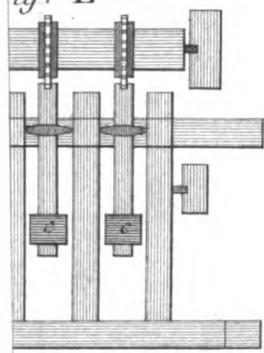


fig. K



1298

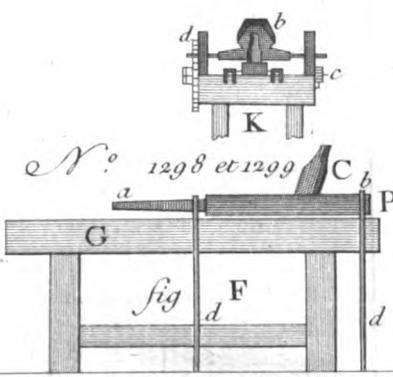
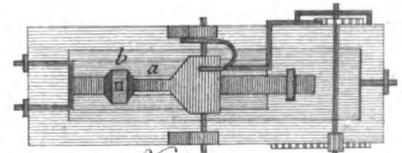
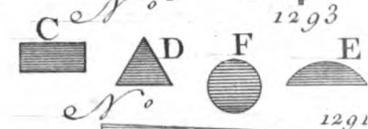


fig. F



1293



1291



H

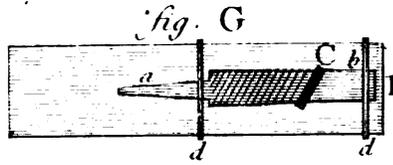
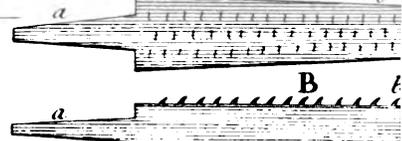
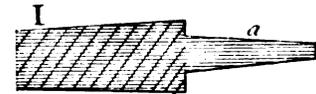


fig. G



B



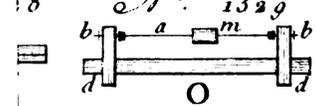
1329



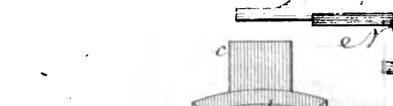
M



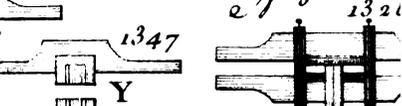
A



1335



1333



1347



1334



1335



1342



1352

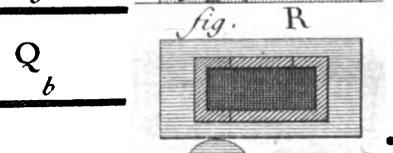
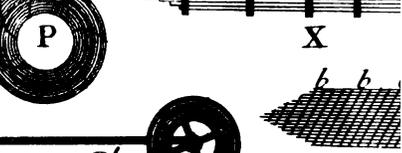
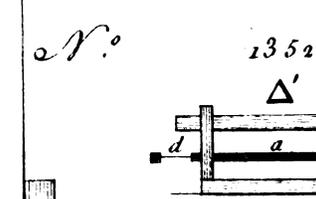


fig. R



X



Δ'

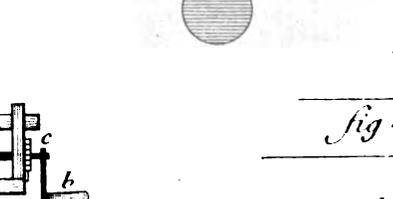
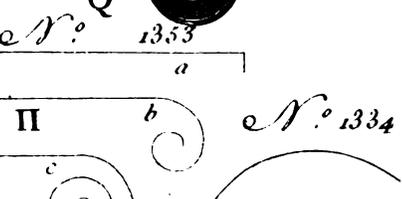
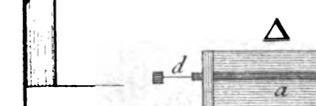


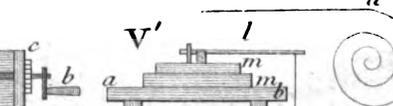
fig. II



N° 1334



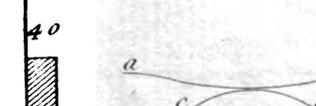
Δ



134



1346 et 1347



40

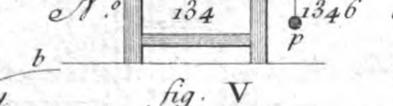


fig. V



V''



U



N° 1350



Z

fig.



