

Certaines variétés de fonte contiennent plus de carbone que celles qu'indiquent les tableaux précédents; la proportion du carbone peut quelquefois s'élever dans les fontes jusqu'à 4 et  $\frac{1}{2}$  pour 100; cette composition s'approche de celle d'un carbure à proportions définies représenté par la formule  $Fe^4C$ .

**Fonte noire.** — Cette fonte peut prendre l'empreinte du marteau; elle se casse facilement; sa texture présente de gros grains au milieu desquels on aperçoit très-distinctement du graphite; la présence de ce corps lui donne sa couleur caractéristique. La fonte a donc la propriété de dissoudre du charbon sous l'influence de la chaleur, et de le laisser déposer sous la forme de graphite quand elle se refroidit lentement. La fonte noire est plus fusible que les autres fontes; lorsqu'on la traite par les acides, elle dégage de l'hydrogène mêlé d'un hydrogène carboné doué d'une odeur fétide, et laisse un abondant résidu de graphite.

Cette fonte se produit dans les hauts fourneaux lorsqu'on a employé un excès de charbon relativement au minerai; elle est très-recherchée pour les moulages en seconde fusion.

**Fonte grise.** — La fonte grise provient en général de minerais de bonne qualité, lorsque le haut fourneau fonctionne régulièrement; sa couleur est d'un gris foncé, et quelquefois d'un gris clair. Sa cassure est grenue; elle est toujours poreuse; elle ne prend jamais un beau poli. Sa densité varie entre 6,79 et 7,05. Elle se laisse limer, couper au ciseau et forer facilement. Traitée par les acides, elle laisse un résidu de graphite, qui est moins considérable que pour la fonte noire. La fonte grise contient toujours une quantité notable de silicium.

Cette fonte exposée à l'air s'oxyde avec plus de rapidité que la fonte blanche, parce qu'elle est plus poreuse que cette dernière.

Lorsque, après avoir fondu la fonte grise, on la refroidit subitement en la jetant dans de l'eau froide, on lui fait éprouver une sorte de trempé, et on la transforme en *fonte blanche*. Cette modification se produit toujours partiellement lorsqu'une fonte grise est refroidie trop brusquement; la fonte devient alors beaucoup plus dure et plus cassante; on peut, du reste, l'adoucir en la faisant fondre de nouveau et refroidir lentement. Toutes les fontes blanches ne s'adoucissent pas par le recuit; celles qui contiennent du manganèse restent toujours blanches.

Certaines fontes grises au bois, coulées dans des manchons de fer épais, éprouvent une sorte de liquation; la partie qui s'est refroidie en premier lieu ne contient environ que 1 ou 1,5 pour 100 de charbon; elle est très-dure et présente la plupart des propriétés de l'acier; tandis que les parties centrales sont riches en carbone et beaucoup moins dures. On profite souvent de cette propriété pour durcir à la surface les cylindres de fonte qui servent à la confection des laminoirs.

Le phosphore contenu dans les fontes grises diminue leur ténacité, mais augmente leur fluidité, et les rend propres au moulage des objets d'art.

La fonte grise sert, soit pour le moulage en première fusion, soit pour l'affinage.

**Fonte blanche.** — Nous avons dit que l'on peut obtenir une fonte blanche en refroidissant subitement la fonte grise; mais les fontes blanches ordinaires se produisent dans le haut fourneau, soit en réduisant les minerais manganésifères, soit en employant un excès de minerai par rapport au charbon.

Un refroidissement dans le fourneau ou le traitement d'un minerai sulfureux donnent en général de la fonte blanche.

La fonte blanche a un éclat métallique; elle est quelquefois d'un blanc d'argent; lorsqu'elle est manganésifère, elle cristallise souvent en pyramides quadrangulaires volumineuses. Sa densité varie entre 7,44 et 7,84.

La fonte blanche est très-dure; elle ne peut être entamée par la lime et casse sous le marteau sans en recevoir l'empreinte. Elle résiste à l'écrasement mieux que la fonte grise. Elle est plus fusible que la fonte grise, mais reste toujours à l'état de fusion pâteuse, tandis que la fonte grise acquiert une grande fluidité.

Le carbone paraît s'y trouver dans un autre état que dans la fonte grise; en effet, lorsqu'on traite la fonte blanche par un acide, elle ne laisse pas de résidu de graphite.

Les fontes blanches sont d'autant plus dures qu'elles contiennent plus de charbon. On les emploie quelquefois au moulage, mais elles sont presque toujours affinées. Les fontes manganésifères servent en général à la fabrication des aciers de forges ou des fers acièreux.

On donne le nom d'*acier* à un carbure de fer contenant des traces de silicium et de phosphore, et dans lequel la proportion



de carbone ne dépasse jamais un centième. L'acier contient plus de charbon que le fer du commerce et moins que la fonte.

Voici la composition de quelques aciers :

	Anglais, 1 <sup>re</sup> qualité.	Isère.	Français, 1 <sup>re</sup> qualité.	Français, 2 <sup>e</sup> qualité.
Carbone.....	0,62	0,65	0,65	0,94
Silicium.....	0,03	0,00	0,04	0,08
Phosphore.....	0,03	0,08	0,07	0,14
Fer.....	99,32	99,27	99,24	98,87
	100,00	100,00	100,00	100,00

(GAY-LUSSAC.)

L'acier peut contenir en outre de petites quantités d'azote, d'arsenic, de soufre, d'aluminium, de chlore, de manganèse, de cuivre, d'antimoine, de tungstène, de vanadium, de titane, etc. ; mais ces différents corps sont considérés comme étrangers à la constitution véritable de l'acier. Les minerais de fer manganésifères sont éminemment propres à la fabrication de l'acier.

L'acier est plus dur que le fer ; il peut prendre un beau poli ; sa texture présente des grains très-fins, égaux et serrés. Il est sonore et rend des sons agréables.

L'acier que l'on porte à une température rouge, et que l'on refroidit subitement, éprouve le phénomène de la *trempe* ; il devient excessivement dur, très-cassant, et peut même rayer le verre. Cette propriété de l'acier est celle dont les arts tirent le plus grand parti.

La dureté d'une trempe dépend de la température à laquelle l'acier a été porté, et du corps qu'on emploie pour le refroidir.

Pour produire une trempe très-dure, il faut porter l'acier au rouge blanc et le plonger dans de l'eau très-froide, ou mieux dans du mercure.

Les trempes douces s'obtiennent en refroidissant l'acier dans des corps gras ou dans de la résine en fusion.

Quelquefois, dans les arts, on trempe l'acier en le chauffant à une température élevée, et en le refroidissant subitement. Mais, le plus souvent, on fait subir à l'acier une trempe plus forte que celle qu'il doit garder, et on le recuit à des températures variables pour lui donner le degré de dureté que l'on désire. Pendant le recuit, l'acier perd d'autant plus de dureté qu'on le chauffe à une température plus élevée.

L'ouvrier apprécie le point convenable pour le recuit en profitant de la propriété que présente l'acier de prendre des teintes qui varient avec la température à laquelle il a été exposé.

Ces teintes sont dues à la formation d'une couche très-mince

d'oxyde de fer qui produit les phénomènes des anneaux colorés. La chaleur donne à l'acier les teintes suivantes :

A 220°, jaune clair ;

245°, jaune d'or ;

255°, brun ;

265°, pourpre ;

285 à 290°, bleuâtre ;

300°, indigo ;

320°, vert d'eau.

Les rasoirs, les canifs sont recuits au jaune ; les ciseaux, les couteaux se recuisent au brun ; les ressorts de montres au bleu ; les ressorts de voitures au rouge brun.

On juge encore de la température du recuit, en suivant les altérations qu'éprouve une couche de suif dont on recouvre l'acier pendant qu'on le chauffe. Pour opérer les premiers recuits au jaune, on s'arrête au moment où le suif répand des fumées blanches ; on obtient le recuit au brun en chauffant jusqu'à ce que les vapeurs soient très-abondantes et colorées ; pour le recuit au bleu, on doit élever la température de l'acier jusqu'à ce que le suif soit sur le point de s'enflammer.

L'acier éprouve par la trempe une modification comparable à celle de la fonte. Après la trempe, le carbone ne se trouve plus dans le même état qu'avant cette opération. En effet, l'acier non trempé, traité par un acide, se dissout en laissant un résidu très-sensible de graphite ; le carbone se dégage à l'état de carbure d'hydrogène.

La trempe fait aussi varier la densité de l'acier. Avant la trempe, la densité de l'acier est 7,738, et après elle devient 7,704. L'acier perd sa sonorité lorsqu'on le trempe, et ne rend plus que des sons ternes et voilés.

Nous dirons à quels signes on peut reconnaître le meilleur acier : 1° un acier de bonne qualité, trempé à une faible chaleur, devient très-dur ; 2° sa dureté est uniforme dans toute sa masse ; 3° après la trempe, il résiste au choc sans se rompre et ne perd sa dureté que par un recuit très-intense ; 4° il se soude avec facilité et sans se fendiller ; 5° il montre dans sa cassure un grain fin et égal ; il est très-dense et convient à la confection des objets polis.

On divise les aciers en quatre variétés principales : l'acier naturel, l'acier de cémentation, l'acier fondu, l'acier damassé.

**Acier naturel.** — Cet acier porte souvent aussi le nom d'acier de forge ou d'acier de fonte. On l'obtient en affinant incomplètement la fonte dans des creusets profonds au contact de



l'air ou sous l'influence de l'oxyde de fer qui la décarburent. La fonte contient plus de carbone que l'acier ; on comprend donc qu'en enlevant à la fonte une certaine partie de son carbone, on puisse la transformer en acier. Dans la préparation de l'acier naturel, on emploie toujours de la fonte manganésée, par les raisons qui ont été indiquées en parlant des forges catalanes.

L'opération se fait dans un foyer comparable aux feux d'affinerie, contenant la fonte en fusion et une certaine quantité de battitures de fer.

Cet acier est principalement employé à la confection des instruments aratoires.

Dans l'extraction du fer par la méthode catalane, on carbure quelquefois assez le fer pour le transformer en acier naturel.

On prépare depuis quelques années un acier qui porte le nom d'*acier puddlé*, que l'on obtient en puddlant incomplètement une fonte de bonne qualité.

**Acier de cémentation.** — La cémentation est une opération dans laquelle on acièr le fer en le chauffant pendant longtemps au contact du charbon en poudre. Le fer se combine alors avec 1 centième environ de carbone, et se transforme en acier.

On se sert, pour la cémentation, de creusets ou de caisses de terre ou de briques réfractaires, qui sont placées de telle manière dans le fourneau que la flamme les enveloppe de tous côtés. Les caisses sont remplies de couches alternatives d'une matière charbonneuse, nommée *cément*, et de barreaux de fer ; les barreaux métalliques ne doivent pas se toucher. On place dans les caisses des tiges de fer nommées *épreuves*, que l'on retire de temps en temps, et dont on se sert pour apprécier les progrès de la cémentation. La température ne doit pas être assez élevée pour faire entrer l'acier en fusion.

On a beaucoup varié d'opinions sur la nature des céments qui conviennent le mieux pour la production de l'acier ; on ajoute ordinairement au charbon une petite quantité de cendres et de sel marin.

On cimente quelquefois de petites pièces de fer par un procédé qui porte le nom de *trempe en paquets*, et qui consiste à chauffer dans des caisses de tôle de fer, de fonte ou de terre, des objets de fer avec un cément composé de charbon, de suie, de cendres et de sel marin.

Plusieurs corps peuvent donner de la dureté au fer ; il suffit, par exemple, de frotter une lame de fer chauffée au rouge,

avec un cristal de cyanoferrure de potassium, pour lui donner à la surface la dureté de l'acier.

L'acier de cémentation est ordinairement recouvert d'ampoules ; c'est ce qui lui fait donner dans le commerce le nom d'*acier poule*.

Lorsqu'on veut diminuer la dureté de la surface d'un acier, qu'on le destine, par exemple, au travail du burin, on le chauffe pendant cinq ou six heures, à une chaleur blanche, dans de la limaille de fer.

Les méthodes de fabrication de l'acier de cémentation et surtout de l'acier naturel donnent rarement un acier homogène, tenace et élastique. Lorsqu'on ne veut pas, ou qu'on ne peut pas le ramener par la fusion à une homogénéité parfaite, il est nécessaire de le *corroyer* d'une manière analogue à celle qui est employée pour le fer. Cet acier prend dans le commerce le nom d'*acier corroyé*.

**Acier fondu.** — Cet acier est le plus homogène et le plus estimé. On l'obtient en soumettant l'acier de cémentation à la fusion. Il est très-dur ; il peut prendre un beau poli, et présente souvent la propriété précieuse de se tremper par la seule action de l'air. Nous donnons dans la figure 114 le fourneau qui sert à fondre l'acier dans des creusets d'argile réfractaire.

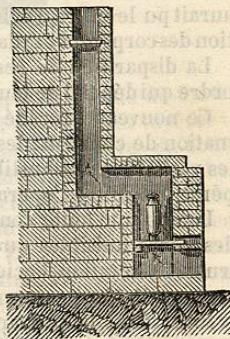


Fig. 114.

**Acier damassé.** — On donne ce nom à une variété d'acier qui se recouvre d'une espèce de moiré lorsqu'on le traite par des acides étendus : on le nomme souvent *acier Wootz* ou *acier indien*.

On obtient un acier propre au damassage en laissant refroidir lentement de l'acier riche en carbone ; il se forme alors dans la masse des carbures de fer en proportion définie qui peuvent cristalliser et apparaître ensuite par l'action des acides (M. Bréant).

On a obtenu également un acier damassé comparable à l'acier Wootz, en fondant du fer de bonne qualité avec 2 centièmes de noir de fumée ou de coke. Lorsqu'on se sert de ce dernier charbon, l'acier contient en général quelques millièmes d'aluminium ; on a du reste signalé la présence de ce métal dans plusieurs aciers damassés venant de l'Inde.



On forme également des aciers damassés, en alliant à l'acier ordinaire du chrome, du platine, de l'aluminium.

On a fabriqué de très-belles lames damassées en alliant à de l'acier de petites quantités de tungstène ou de molybdène (M. le duc de Luynes). La méthode la plus sûre pour obtenir un acier propre au damassage, consiste à fondre dans un creuset réfractaire 3 kilogrammes de fer très-pur avec  $1/12$  de graphite,  $1/32$  de battitures de fer,  $1/24$  de dolomie servant de flux. Pour faire apparaître le damassage, on décape l'acier avec du sulfate de fer contenant une certaine quantité de sulfate d'alumine. L'acier damassé ainsi préparé paraît être beaucoup plus dur que le meilleur acier fondu (M. Anocoff).

## PROCÉDÉ BESSEMER.

La méthode métallurgique due à M. Bessemer a pour but d'obtenir directement de l'acier fondu en faisant passer un courant d'air dans la fonte liquide. La découverte capitale de M. Bessemer est d'avoir reconnu que ce courant d'air traversant une masse de fonte liquide, loin de le refroidir comme on aurait pu le croire, l'échauffe au contraire par suite de la combustion des corps plus oxydables que le fer qui se trouvent dans la fonte.

La disparition de ces corps se fait successivement et dans un ordre qui dépend de leur oxydabilité et de leur affinité pour le fer.

Ce nouveau procédé d'affinage n'exige donc aucune consommation de charbon ; les métalloïdes contenus dans la fonte sont les véritables combustibles qui, en s'oxydant, produisent la température utile à l'opération.

Lorsqu'une fonte contient les éléments de l'acier, et en outre des corps nuisibles que le courant d'air peut enlever sans détruire l'aciération, l'acier Bessemer est obtenu immédiatement, en arrêtant l'affinage au moment où les corps inutiles ont été oxydés.

Mais, dans la plupart des cas, pour produire un acier pur et surtout d'une qualité déterminée, on a intérêt à éliminer complètement tous les métalloïdes qui existent dans la fonte, à produire du fer et même du fer azoté ou brûlé ; on reconstitue ensuite l'acier en mélangeant le fer fondu avec une fonte aciéreuse.

La fabrication de l'acier par la méthode Bessemer est alors d'une simplicité merveilleuse ; elle revient à introduire dans du fer fondu, et complètement affiné, des quantités variables de matières aciéreuses qui se trouvent dans une fonte convenablement choisie.

L'appareil dans lequel se fait l'élaboration, et au quel M. Bessemer a donné le nom de *convertisseur* (*converter*) consiste en une

sorte de cubilot mobile autour d'un axe horizontal formé de plaques de tôle boulonnées et garni intérieurement de terre réfractaire (fig. 115).

Le fond de ce cubilot porte une plaque de fonte trouée, destinée à laisser passer les tuyères qui y sont vissées par leur partie inférieure, et qui viennent déboucher au fond du vase, en restant entourées de lut réfractaire. Au-dessous des tuyères se

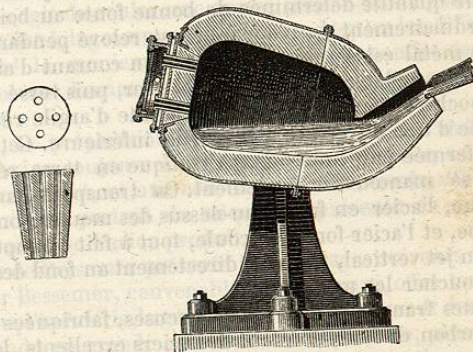


Fig. 115.

trouve un cylindre métallique, fermé par une plaque de fonte clavetée de même dimension que celle qui supporte les tuyères : l'air y est amené par un tuyau qui permet aux tuyères de conserver leur activité, quelle que soit la position de l'appareil. Le dôme porte une ouverture par laquelle s'échappent les étincelles.

La manœuvre de l'appareil est faite au moyen d'engrenages mus à la main, ou à l'aide de machines. La cornue est d'abord remplie de charbons allumés, dont on entretient la combustion très-active, jusqu'à ce que l'intérieur de la cornue ait acquis une température très-élevée. On renverse alors l'appareil pour le débarrasser du charbon qu'il contient ; puis en lui donnant la position qui est indiquée dans la figure 115, où son axe est horizontal, on y fait arriver la fonte par une conduite ; on donne au vent toute sa force, on relève l'appareil dans la position de l'axe vertical et l'opération commence.

La première impression de l'air sur la fonte produit un grand nombre d'étincelles : au bout de quelques minutes, on voit apparaître une flamme assez courte, rougeâtre, qui va sans cesse en croissant et en s'éclaircissant pendant la durée de l'opération. Avec quelque habitude, on trouve dans cette flamme



des indications précieuses pour la conduite de l'opération.

On peut, comme en Suède, arrêter la soufflerie, et par conséquent l'oxydation du métal, lorsque la fonte est arrivée au point de transformation où elle est convertie en acier.

Mais, en général, on préfère dépasser ce point, et on continue le courant d'air jusqu'à ce que la cessation presque subite de la flamme brillante et volumineuse indique l'instant où la fonte est sur le point de se transformer en fer. On ajoute alors au métal une quantité déterminée de bonne fonte au bois manganesée, ordinairement  $\frac{1}{10}$ . L'appareil est relevé pendant un instant; le métal est soumis à l'action d'un courant d'air rapide qui opère le mélange de la fonte et du fer, puis versé dans une grande poche en fer. Cette poche, enduite d'argile réfractaire, est percée d'une ouverture à la partie inférieure. Cette ouverture est fermée par une soupape conique en terre réfractaire pouvant se manœuvrer facilement. On transporte, au moyen d'une grue, l'acier en fusion au-dessus des moules; on soulève la soupape, et l'acier fondu s'écoule, tout à fait exempt de scories, en un jet vertical, tombant directement au fond des moules sans en toucher les parois.

Nos fontes françaises non phosphoreuses, fabriquées au coke ou au charbon de bois, donnent des aciers excellents, lorsqu'on les traite avec intelligence dans le nouvel appareil.

La flamme dégagée pendant la fabrication de l'acier, d'après le procédé Bessemer, examinée au spectroscope, est très-lumineuse et d'un caractère tout particulier; elle montre, pendant un certain temps, des séries compliquées, mais en même temps extrêmement caractéristiques, de lignes brillantes et de bandes d'absorption obscures.

Parmi les lignes brillantes, les plus apparentes sont celles du sodium, du lithium et du potassium, mais elles sont accompagnées d'un certain nombre d'autres lignes brillantes d'une origine non encore déterminée; parmi les bandes d'absorption, on peut distinguer facilement celles dues à la vapeur de sodium et à l'oxyde de carbone.

(M. ROSCOE.)

La production de l'acier fondu en grande masse, obtenu avec des fontes au coke par le procédé Bessemer, est une véritable révolution métallurgique dont nous devons faire ressortir ici toute l'importance.

M. Frey a développé les avantages du nouveau mode d'aciération dans le rapport qu'il a publié à la suite de l'Exposition universelle de Londres de 1862. Nous empruntons à ce travail les considérations suivantes.

Les aciers fondus sont produits par des méthodes différentes,

parmi lesquelles on peut citer : 1° la fusion de l'acier cémenté; 2° l'aciération au creuset de fers aciéreux, par un mélange de charbon et d'oxyde de manganèse; 3° la fusion d'un mélange de fonte et de fer aciéreux; 4° le procédé Bessemer.

Les trois premières méthodes peuvent donner sans aucun doute des résultats excellents, mais la fusion de l'acier n'a encore été obtenue d'une manière pratique qu'au creuset contenant 20 kilogrammes d'acier.

Lorsqu'il s'agit de couler une grosse pièce d'acier, pesant par exemple 10,000 kilogrammes, on comprend toutes les difficultés que présente le maniement de 500 creusets chauffés dans 123 fours qui doivent donner au même moment l'acier convenablement fondu.

En outre, la préparation de l'acier fondu par les méthodes anciennes exige toujours l'emploi de fers spéciaux, aciéreux, d'un prix très-élevé, et une consommation de combustible considérable qui, en partant du minerai, représente en poids six à sept fois celui de l'acier produit.

La méthode Bessemer présente les avantages suivants :

1° L'acier Bessemer, convenablement préparé, offre toutes les qualités que l'industrie, la guerre et la marine peuvent demander à l'acier fondu en grande masse; il est homogène, plus dur et plus résistant que le fer; comme il résulte du mélange du fer fondu avec une fonte aciéreuse, il peut être produit avec tous les degrés de dureté qu'exigent les applications, en modifiant les proportions de fer et de fonte.

2° L'acier Bessemer qui se produit à une température très-élevée, qui est celle de la fusion du fer, est très-fluide au moment de sa formation; il ne contient dans sa masse qu'un petit nombre de bulles; on peut donc le couler rapidement dès qu'il sort de l'appareil et donner ainsi à l'acier une première forme qui est achevée ensuite, presque sans déchet, par le martelage ou le laminage.

3° L'aciération Bessemer est une des opérations les plus simples de la métallurgie; elle se fait en quelques minutes et peut être confiée à des ouvriers même peu habiles; elle présente la régularité d'une réaction chimique et ne dépend plus des tours de main ou de l'adresse de l'ouvrier; elle remplace toutes les opérations si longues de l'aciération, qui sont l'affinage pour fer, la cémentation et la fusion au creuset.

4° Les appareils Bessemer donnent, suivant leur capacité, de 1,000 à 3,000 et 10,000 kilogrammes d'acier, et permettent d'obtenir, en combinant plusieurs de ces appareils et en réunissant leur production, des masses énormes d'acier fondu. Un atelier



Bessemer, contenant deux appareils de 3,000 kilogrammes, remplace 6 à 7 foyers d'affinage, 9 fours à puddler travaillant pendant vingt-quatre heures, et 300 creusets pour la fusion de l'acier.

5° Presque toutes les fontes au coke non phosphoreuses et peu sulfureuses peuvent être employées dans l'aciération Bessemer. C'est là le point important du nouveau procédé qui doit être pris en très-sérieuse considération par tous les pays qui ne possèdent pas de minerais à acier, et chez lesquels le combustible est rare.

En effet, la consommation de combustible, qui est si considérable dans l'affinage de la fonte, dans la cémentation et la fusion de l'acier au creuset, disparaît en quelque sorte dans l'aciération Bessemer. On peut prendre la fonte liquide à la sortie des hauts fourneaux et faire marcher la soufflerie avec une force hydraulique. En un mot, la consommation du combustible dans le procédé Bessemer, en y comprenant le chauffage des appareils, n'atteint pas les  $\frac{1}{10}$  du poids de l'acier obtenu ; tandis que, dans l'ancienne méthode, le poids du combustible employé est six à sept fois plus fort que celui de l'acier produit.

(\*) ANALYSE DES FONTES ET DES ACIERS.

Les fontes et les aciers peuvent contenir, outre le fer et le carbone, des proportions variables de silicium, d'aluminium, de manganèse, de phosphore et de soufre.

*Dosage du silicium.*

On dissout la fonte ou l'acier dans l'eau régale ; on évapore la liqueur à sec ; le résidu est mêlé avec trois ou quatre fois son poids de carbonate de soude, on le chauffe au rouge dans un creuset de platine, on le redissout dans l'acide chlorhydrique, et on évapore de nouveau à sec ; la silice devient insoluble ; on la lave avec de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique et on la pèse ; le poids du silicium est déduit de la quantité de silice qu'on détermine de cette manière.

*Dosage du carbone.*

On ne peut déterminer la proportion du carbone d'une fonte en la traitant par un acide et pesant le résidu ; en effet, on sait qu'une grande partie du carbone, et souvent même la totalité, se dégage à l'état de carbure d'hydrogène.

On analyse la fonte en la brûlant avec du chromate de plomb

dans un appareil à analyse organique ; on introduit à l'extrémité du tube à combustion du chlorate de potasse qui, en dégageant de l'oxygène, complète la combustion de la fonte et chasse l'acide carbonique qui reste dans le tube : la fonte est transformée en oxyde de fer et en acide carbonique ; cet acide se dissout dans l'appareil de Liebig qui contient de la potasse ; on détermine ainsi son poids et par conséquent celui du carbone. Le soufre, s'il en existe dans la fonte, reste à l'état de sulfate de plomb dans le tube à combustion ; on le dose dans une autre expérience (M. Regnault).

*Dosage du phosphore.*

Pour déterminer la quantité de phosphore contenue dans une fonte, on dissout la fonte dans l'eau régale ; on sépare la silice par une évaporation à sec et par des lavages avec de l'eau acidulée : on verse dans la liqueur un carbonate alcalin ; l'acide phosphorique se précipite alors à l'état de phosphate de fer basique, mêlé à de l'oxyde de fer.

Le précipité est traité par un excès de potasse au creuset d'argent, et transformé en phosphate de potasse qu'on sépare de l'oxyde de fer au moyen de l'eau ; la liqueur sursaturée par un acide est mêlée avec un excès de chlorure de calcium et précipitée par l'ammoniaque qui forme du phosphate de chaux dont la composition est connue.

On peut encore ajouter dans le phosphate de potasse une quantité de sel de fer au maximum, contenant une proportion d'oxyde de fer connue, et verser ensuite de l'ammoniaque. On obtient ainsi un mélange de phosphate de fer et de peroxyde de fer dont on détermine le poids ; on en retranche la quantité connue de peroxyde de fer provenant du sel de fer ajouté : la différence donne l'acide phosphorique, et par conséquent la proportion de phosphore contenu dans la fonte.

Enfin le phosphate de potasse, neutralisé par un acide, pourrait être précipité par un sel de plomb ; le phosphate serait dosé alors à l'état de phosphate de plomb.

*Dosage du soufre.*

On dose le soufre d'une fonte en dissolvant la fonte dans l'eau régale, en évaporant la liqueur à sec, reprenant le résidu par l'eau acidulée, et précipitant le fer par la potasse. La liqueur est ensuite rendue acide par un excès d'acide azotique, et précipitée par l'azotate de baryte ; il se forme du sulfate de baryte, d'où l'on déduit la quantité de soufre.



(\*) ESSAI D'UN MINÉRAI DE FER.

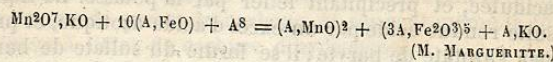
Cet essai a pour but de déterminer la richesse du minerai, la qualité de la fonte qu'il peut donner, et ensuite la nature de sa gangue, afin de connaître la proportion de castine ou d'erbue qu'il faut ajouter pour faire entrer le minerai en fusion. Cette analyse se fait ordinairement par la *voie sèche*; ce mode d'essai présente l'avantage de réaliser, en petit, l'opération qui se pratique en grand dans le haut fourneau.

On introduit dans un creuset brasqué de 10 à 20 grammes de minerai réduit en poudre et mélangé avec le fondant. On le soumet à la température d'un feu de forge pendant deux heures. Quand le creuset est refroidi, on en retire le culot, qui se compose de scorie et de fonte; on en détermine le poids; on sépare ensuite facilement la fonte que l'on pèse; la scorie est dosée par différence.

*Analyse d'un minerai de fer par le permanganate de potasse.*

Ce mode d'analyse s'applique aux minerais et aux alliages de fer; il est d'une exécution facile et comporte plus d'exactitude que l'essai dans un creuset brasqué; on peut également l'employer pour l'analyse des mélanges ou des combinaisons de protoxyde et de sesqui-oxyde de fer, tels que les battitures, les laitiers, etc., etc. Il est fondé sur l'action des sels de protoxyde de fer sur le permanganate de potasse.

Lorsqu'on verse, dans une dissolution acide et très-étendue d'un sel de fer au minimum, une dissolution de permanganate de potasse, le fer se peroxyde sur-le-champ, en empruntant de l'oxygène au permanganate qu'il décolore. Tant qu'il reste du fer au minimum, le permanganate se décompose à mesure qu'on le verse, et la liqueur prend une teinte jaune pâle très-faible, due au sel de sesqui-oxyde de fer; mais quand tout le fer s'est peroxydé, une seule goutte de permanganate suffit pour communiquer à la liqueur une couleur rose très-nette et facile à reconnaître. Ce changement de teinte indique que l'opération est terminée. La formule suivante rend compte de l'action du permanganate de potasse sur un sel de protoxyde de fer dont l'acide est représenté par A :



(M. MARGUERITTE.)

*Nouvelle théorie de l'aciération.*

M. Fremy a publié dans ces dernières années une nouvelle théorie de l'aciération qui peut être résumée de la manière suivante :

Au lieu de considérer l'acier comme un carbure de fer contenant quelques millièmes de carbone, il faut d'abord admettre l'existence d'une famille d'aciers fournis par la combinaison de plusieurs corps simples avec le fer : on arrive alors à la définition suivante de l'acier :

*Un acier est la première modification que le fer peut éprouver lorsqu'il se combine seulement à quelques millièmes d'un corps simple.*

Il paraît impossible de donner à l'acier une autre définition et de chercher à le caractériser par quelques-unes de ses propriétés physiques, telles que l'action de la trempe, la fusibilité, l'élasticité ou la nature du grain; car tous ces caractères varient avec la nature du corps simple qui a produit l'acier.

Ainsi, on fabrique aujourd'hui des quantités considérables d'aciers fondus présentant le grain, la fusibilité, la ténacité du meilleur acier et qui n'éprouvent aucun durcissement par la trempe.

Cette théorie est applicable à la fonte.

Au lieu d'envisager la fonte comme une combinaison définie de fer et de carbone, il faut admettre l'existence d'une famille de fontes formées par la combinaison de plusieurs corps simples avec le fer : on définit alors la fonte de la manière suivante :

*Une fonte est la seconde modification que le fer éprouve lorsqu'il s'unit à une quantité de corps simples plus forte que celle qui existe dans l'acier : cette modification précède la combinaison définie; elle est en général caractérisée par une fusibilité du composé, qui est plus grande que celle de l'acier correspondant.*

Tous ces états aciéreux et fonteux ne sont pas particuliers au fer : d'autres métaux peuvent, comme le fer, éprouver par l'action des différents corps simples des modifications comparables à celles qui viennent d'être examinées.

Les études sur l'aciération ne sont donc pas seulement intéressantes par les grandes questions industrielles qu'elles soulèvent, mais aussi par les considérations théoriques qui s'y rattachent. On voit en effet que les fontes et les aciers constituent une classe nombreuse de composés produits par des quantités de corps qui paraissent souvent négligeables dans les réactions chimiques, et que l'aciération appartient à un ordre de phénomènes fort remarquables qui précèdent les combinaisons définies.



## (\*) CHROME (Cr = 328,50).

Le chrome a été découvert en 1797, par Vauquelin, dans le *plomb rouge de Sibérie* (chromate de plomb).

Ce métal peut être obtenu en réduisant le sesqui-oxyde de chrome par le charbon à une température blanche, ou en traitant le sesquichlorure de chrome par le potassium. Il jouit de propriétés différentes selon qu'il a été préparé par l'une ou l'autre de ces méthodes ; mais ces différences tiennent à ce que le chrome préparé avec le potassium est pur, tandis que ce métal réduit par le charbon est toujours carburé.

Le chrome préparé à l'aide du charbon se présente en culot ou en masses agglutinées, d'un blanc grisâtre, qui sont toujours poreuses, car le chrome est infusible au feu de forge. Il est assez dur pour rayer le verre et peut acquérir un beau poli. Sa densité est égale à 5,90 ; il n'est pas magnétique à la température ordinaire, mais à  $-15^{\circ}$  ou  $-20^{\circ}$ , il agit d'une manière sensible sur l'aiguille aimantée. Il ne décompose pas l'eau. Il ne s'oxyde pas à l'air à la température ordinaire, mais, au rouge sombre, il absorbe l'oxygène et se transforme en sesqui-oxyde. Les acides concentrés ne l'attaquent qu'à la longue avec une grande difficulté ; les alcalis, au contraire, en déterminent l'oxydation, surtout sous l'influence des chlorates et des azotates ; il se forme alors des chromates alcalins.

Le chrome préparé en décomposant le chlorure de chrome par le potassium et lavant avec de l'eau froide le produit de cette réaction, est beaucoup plus altérable que le métal obtenu au moyen du charbon. Il se présente sous l'aspect d'une poudre grise amorphe, qui s'enflamme à l'air par une légère élévation de température, et brûle avec un vif éclat. Il se dissout avec facilité dans les acides chlorhydrique et azotique, et dans l'acide sulfurique faible.

On peut obtenir le chrome pur et cristallisé en faisant arriver au rouge, sous l'influence de l'hydrogène, de la vapeur de sodium sur le sesqui-chlorure de chrome (Fremy).

Le chrome est sans usages, mais il forme des combinaisons importantes dont quelques-unes sont employées dans les arts.

## COMBINAISONS DU CHROME AVEC L'OXYGÈNE.

La série d'oxydations du chrome peut être comparée à celle du manganèse et à celle du fer : elle comprend les composés suivants :

Protoxyde de chrome.....	CrO, découvert par M. Péligot ;
Deutoxyde de chrome.....	Cr <sup>2</sup> O <sup>3</sup> , id. ;
Sesqui-oxyde de chrome.....	Cr <sup>2</sup> O <sup>3</sup> ;
Bi-oxyde de chrome.....	CrO <sup>2</sup> ;
Acide chromique.....	CrO <sup>3</sup> ;
Acide perchromique.....	Cr <sup>2</sup> O <sup>7</sup> , découvert par M. Barreswill.

Nous ne parlerons que du sesqui-oxyde de chrome et de l'acide chromique.

SESQUI-OXYDE DE CHROME ANHYDRE. Cr<sup>2</sup>O<sup>3</sup>.

Ce corps est d'un beau vert foncé, insoluble dans l'eau et dans les alcalis ; il se dissout dans les acides lorsqu'il n'a pas été calciné ; mais si on le porte au rouge naissant, il présente un phénomène d'incandescence remarquable, et n'est plus attaqué que très-difficilement par les acides.

Le sesqui-oxyde de chrome chauffé au rouge vif perd une partie de son oxygène ; lorsqu'on le maintient au rouge sombre, il absorbe au contraire de l'oxygène et se transforme en bi-oxyde de chrome CrO<sup>2</sup> (M. Krüger).

Cet oxyde est irréductible par l'hydrogène, et n'est décomposé par le charbon qu'à une température très-élevée.

Le soufre est sans action sur cet oxyde ; mais les vapeurs de sulfure de carbone le font passer à l'état de sulfure de chrome.

Les verres et le borax le dissolvent sous l'influence de la chaleur, et se colorent en vert.

Les alcalis chauffés au contact de l'air avec l'oxyde de chrome forment des chromates.

Le sesqui-oxyde de chrome anhydre peut être obtenu par les méthodes suivantes :

1° En calcinant dans un creuset de platine le chromate de protoxyde de mercure, il se dégage du mercure et de l'oxygène, et l'oxyde de chrome reste sous la forme d'une poudre d'un beau vert :  $2(\text{CrO}^3, \text{Hg}^2\text{O}) = \text{Cr}^2\text{O}^3 + \text{O}^5 + 4\text{Hg}$  ;

2° En calcinant l'hydrate de sesqui-oxyde de chrome ;

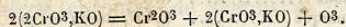
3° En chauffant du bichromate de potasse avec son poids de soufre ; il se forme dans cette réaction de l'oxyde de chrome et du sulfate de potasse :  $2\text{CrO}^3, \text{KO} + \text{S} = \text{Cr}^2\text{O}^3 + \text{SO}^3, \text{KO}$  ; on enlève le sulfate de potasse au moyen de l'eau (M. Lassaigne) ;

4° En calcinant un mélange de 3 parties de chromate de potasse, et de 2 parties de sel ammoniac ; il se produit de l'oxyde de chrome, de l'eau, de l'azote et du chlorure de potassium ;

5° En calcinant du chromate de potasse dans un creuset brulé ; il se forme du sesqui-oxyde de chrome et du carbonate de potasse qu'on enlève par des lavages ;



6° En chauffant au blanc du bichromate de potasse : ce sel se transforme en oxyde de chrome cristallin et en chromate de potasse neutre que l'on dissout dans l'eau :



7° On produit de l'oxyde de chrome cristallisé en belles paillettes vertes et quelquefois en cristaux très-durs, en soumettant, sous l'influence d'une chaleur rouge, le chromate neutre de potasse à l'action du chlore : il se forme du chlorure de potassium et de l'oxyde de chrome cristallisé, et il se dégage de l'oxygène :  $2(\text{CrO}_3, \text{KO}) + 2\text{Cl}_2 = 2\text{ClK} + \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{O}_3$  (Fremy).

8° On peut obtenir de l'oxyde de chrome en cristaux durs et brillants en faisant passer dans un tube de porcelaine chauffé au rouge des vapeurs d'acide chlorochromique :  $2\text{CrO}_2\text{Cl} = \text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{Cl} + \text{O}$ . On obtient ainsi des cristaux d'un vert noirâtre, qui présentent la forme octaédrique, comme l'alumine et l'oxyde de fer cristallisés, avec lesquels le sesqui-oxyde de chrome est isomorphe. Ces cristaux sont aussi durs que le corindon, ils rayent le verre comme le diamant. Leur densité est égale à 3,21 (M. Wöhler).

## HYDRATES DE SESQUI-OXYDE DE CHROME.

1° *Oxyde métachromique.* — Quand on précipite à froid un sel de chrome violet par l'ammoniaque, on obtient un hydrate dont la composition, après dessiccation dans le vide, est représentée par la formule  $\text{Cr}_2\text{O}_3, 9\text{HO}$ . Cet hydrate est soluble dans l'acide acétique, dans l'ammoniaque et la potasse étendue.

Les influences les plus faibles, telles que l'action de l'eau bouillante ou l'action prolongée de l'eau froide, le contact des dissolutions salines concentrées, une dessiccation prolongée dans le vide ou à l'air libre, un frottement de quelques instants, suffisent pour rendre l'oxyde métachromique insoluble dans les réactifs précédents et le changer en oxyde hydraté ordinaire.

La transformation des sels de chrome violets en sels verts, par l'action de la chaleur, doit être attribuée au changement moléculaire que subit l'oxyde métachromique, qu'on peut regarder comme formant la base des sels violets.

Soumis à la double influence d'un sel ammoniacal et de l'ammoniaque libre, l'oxyde métachromique se dissout en produisant des composés d'un beau rose violacé. Avec le chlorhydrate d'ammoniaque, on obtient un composé dans lequel la présence de l'acide chlorhydrique et celle de l'oxyde de chrome est complètement dissimulée.

Quand on abandonne au contact de l'air la dissolution de ce composé, elle laisse déposer une matière violette insoluble qui donne par l'action des acides une nouvelle série de sels ayant pour base un oxyde de chrome ammoniacal  $\text{Cr}^2\text{O}_3, 4\text{AzH}^3$  (sels roséo-chromiques). Cette base exige, comme l'oxyde de chrome, 3 équivalents d'acide pour former des sels neutres (Fremy).

2° *Oxyde hydraté ordinaire.* — C'est le précipité gris bleuâtre qu'on obtient en traitant un sel de chrome par la potasse ou mieux par l'ammoniaque et desséchant le produit pendant longtemps à l'air libre ou dans une étuve à 100°.

L'oxyde de chrome hydraté est entièrement soluble dans la potasse et la soude, et forme une liqueur d'un beau vert ; cette dissolution se décompose même spontanément, et laisse précipiter un oxyde hydraté d'un vert d'herbe, qui est complètement insoluble dans la potasse et la soude (Fremy).

3° *Oxyde bi-hydraté*  $\text{Cr}_2\text{O}_3, 2\text{HO}$ . — Cet oxyde est d'un beau vert émeraude et présente une grande importance comme couleur.

On le fabrique en chauffant au rouge sombre un mélange de 3 parties d'acide borique cristallisé et de 1 partie de bichromate de potasse, avec une quantité d'eau suffisante pour former une bouillie épaisse. La masse se boursoufle en dégageant de l'oxygène ; on l'épuise par l'eau, qui dissout du borate de potasse et laisse pour résidu l'oxyde de chrome bi-hydraté.

Cet hydrate retient ordinairement des traces d'acide borique. Bien qu'il ait pris naissance à la température rouge, il se décompose à 300° et noircit en dégageant de l'eau. Il est très-stable, résiste à l'action de la potasse en fusion et ne se dissout que dans les acides bouillants (M. Guignet).

ACIDE CHROMIQUE.  $\text{CrO}_3$ .

L'acide chromique est noir lorsqu'on le chauffe, et rouge foncé après le refroidissement ; il est sans odeur, sa saveur est styptique et désagréable ; il teint la peau en jaune. Cet acide peut cristalliser en octaèdres oblongs qui sont hydratés. Il se décompose par la chaleur en sesqui-oxyde de chrome et en oxygène :  $2\text{CrO}_3 = \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{O}_3$  ; cette décomposition est souvent accompagnée d'un vif dégagement de lumière.

L'acide chromique est très-soluble dans l'eau et même déliquescant ; sa dissolution est d'un jaune rougeâtre : il est également soluble dans l'alcool hydraté ; cette dissolution se décompose par l'action de la chaleur ou de la lumière.

L'alcool anhydre réagit vivement sur l'acide chromique, en