

UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

**SCIENCE DES MATERIAUX  
DE CONSTRUCTION**

Responsable: Dr. GHOMARI Fouad

## METAUX FERREUX ET NON FERREUX

En raison de son altérabilité et sa faible résistance mécanique, le fer n'est plus utilisé industriellement. Les métaux les plus utilisés dans la construction sont la fonte et l'acier puisqu'ils présentent les avantages suivants :

haute résistance, plasticité, conductibilité thermique élevée, assemblage par soudage.

En revanche, ces matériaux présentent aussi des inconvénients à savoir : corrosion en présence d'eau et déformation sensible avec l'augmentation de la température.

## Propriétés des métaux :

*physiques* : sont caractérisés par :

la couleur, la masse spécifique, le point de fusion, la conductibilité et le coefficient thermique de dilatation.

la densité de la majorité des métaux dépasse  $7000 \text{ kg/m}^3$ , celle des métaux légers (Al, Mg) est inférieure à  $3000 \text{ kg/m}^3$ . Plus la densité du métal est petite et plus les éléments de construction qui en découlent sont légers et efficaces. Cela explique le fait que les alliages d'aluminium sont de plus en plus utilisés dans la construction,

il est important de connaître le point de fusion des métaux pour pouvoir les traiter à chaud afin d'obtenir des éléments coulés,

la dilatation produite par l'échauffement est caractérisé par le coefficient de dilatation linéaire ou volumique. Ces coefficients sont pris en compte lors de toute étude de construction métallique puisque des désordres peuvent survenir à la suite d'une variation de température.

*mécaniques* : sont caractérisés par :

la résistance, la dureté, la résilience, la fatigue et le fluage.

la résistance mécanique est la capacité d'un métal de résister aux efforts extérieurs. Suivant la nature de ces efforts on distingue : les résistances à la traction, à la compression, à la flexion, et à la torsion qui sont caractérisées par les charges limites par lesquelles le métal se rompt,

la dureté d'un métal détermine son pouvoir de résister à l'enfoncement d'une bille en acier ou d'un cône,

la résilience est caractérisée par la quantité de travail nécessaire à la rupture d'une éprouvette subissant des chocs,

la fatigue est la propriété de soumettre un métal aux effets alternés, répétés et conjugués d'efforts externes (statique ou dynamique),

le fluage caractérise la capacité d'un métal à se déformer à la suite d'une charge constante. Il peut donc conduire à l'accroissement des flèches des éléments des constructions et à la perte de stabilité.

*technologiques* : sont caractérisés par la possibilité d'usinage des métaux, ce qui est conditionné par leur plasticité.

## La fonte

### Processus d'élaboration :

Ce métal est obtenu à partir de matières premières naturelles qui sont les minerais de fer. Ces minerais sont un mélange naturel :

d'oxydes de fer :

magnétite	$\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,
hématite	$\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,
hématite brune	$2 \text{Fe}_2\text{O}_3, 3 \text{H}_2\text{O}$ ,
Sidérose	$\text{FeCO}_3$ .

Hématite avec rutile

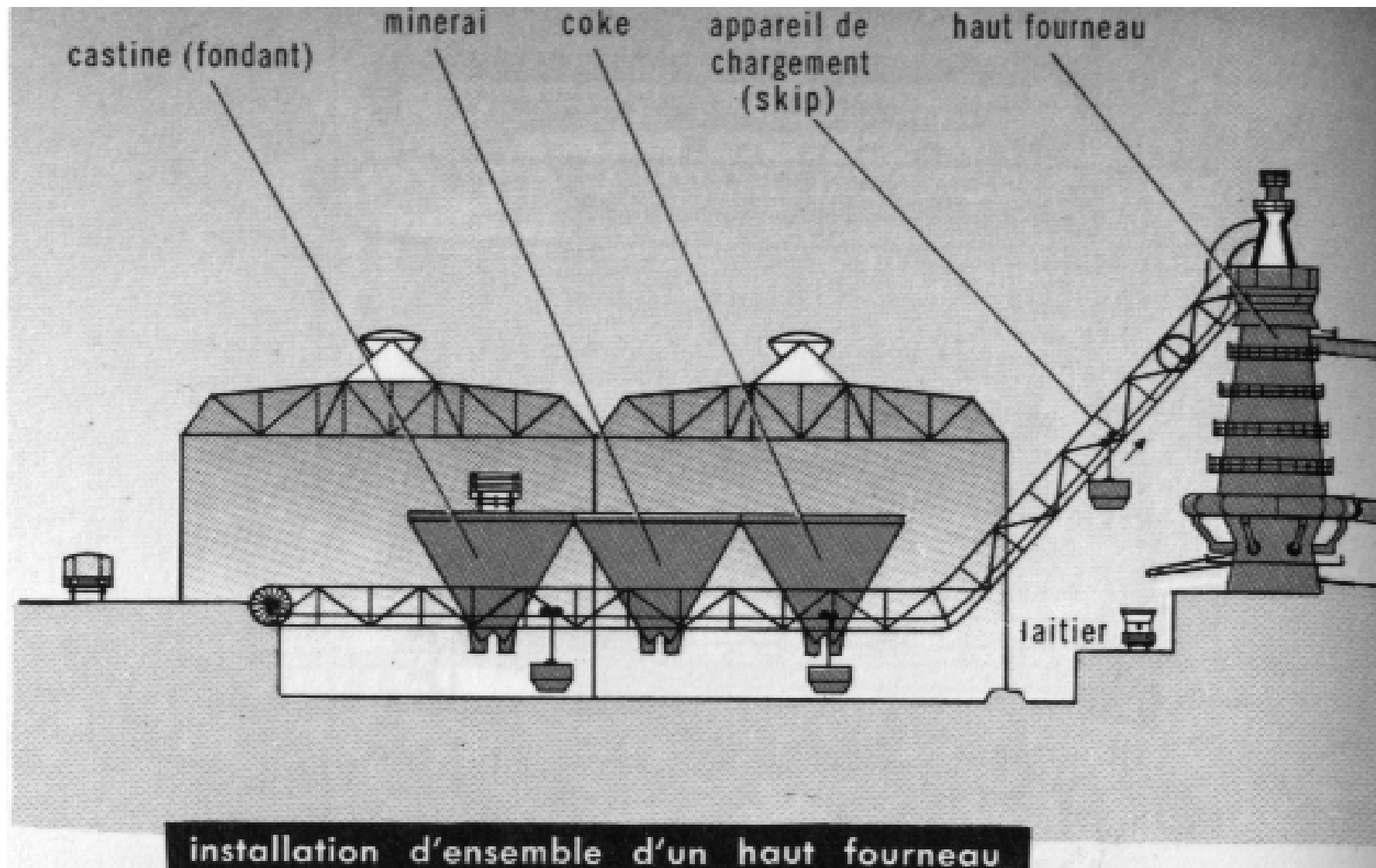


Hématite mamelonnée

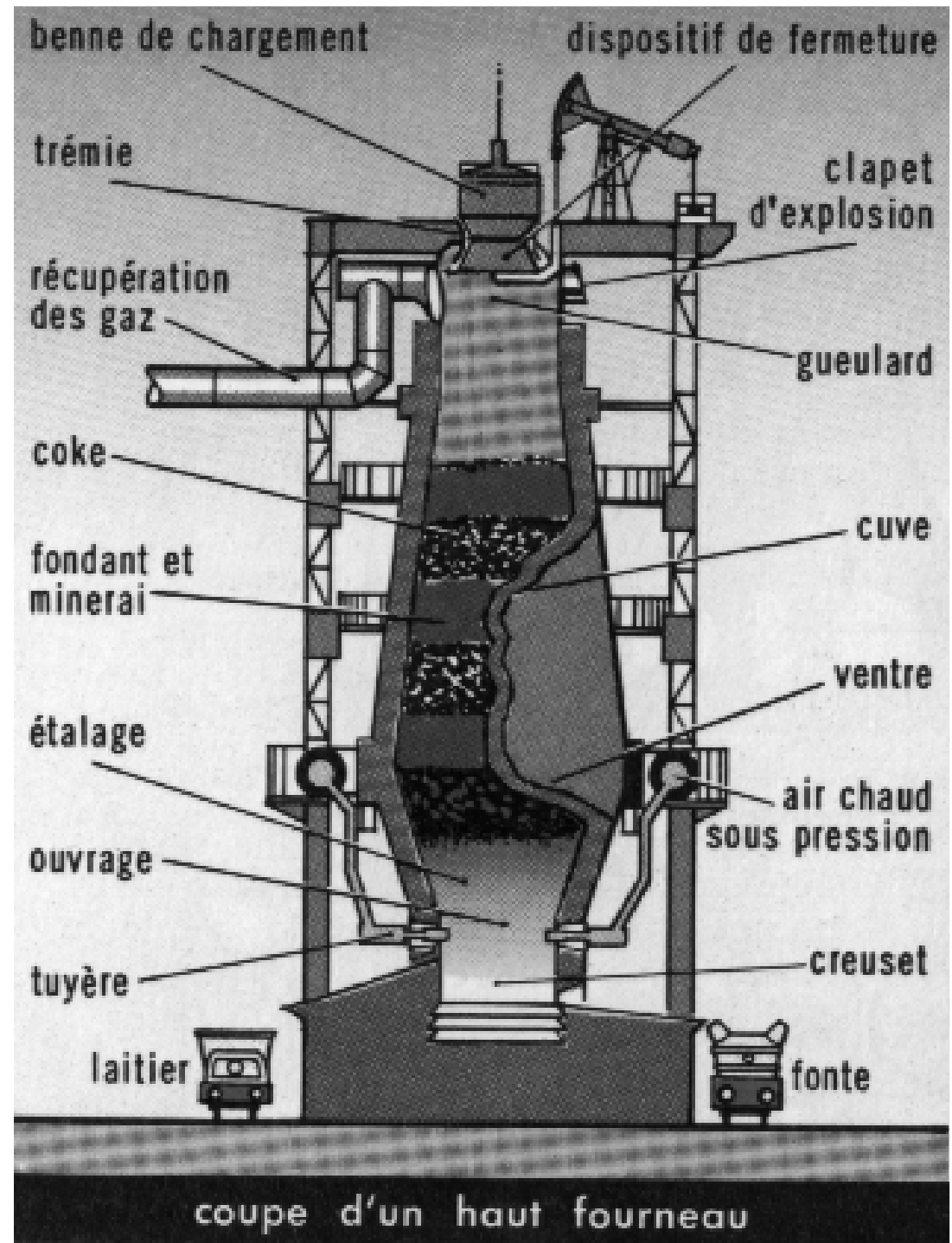


la gangue : partie minérale sous forme de silice, d'alumine, de calcaire, ...etc.

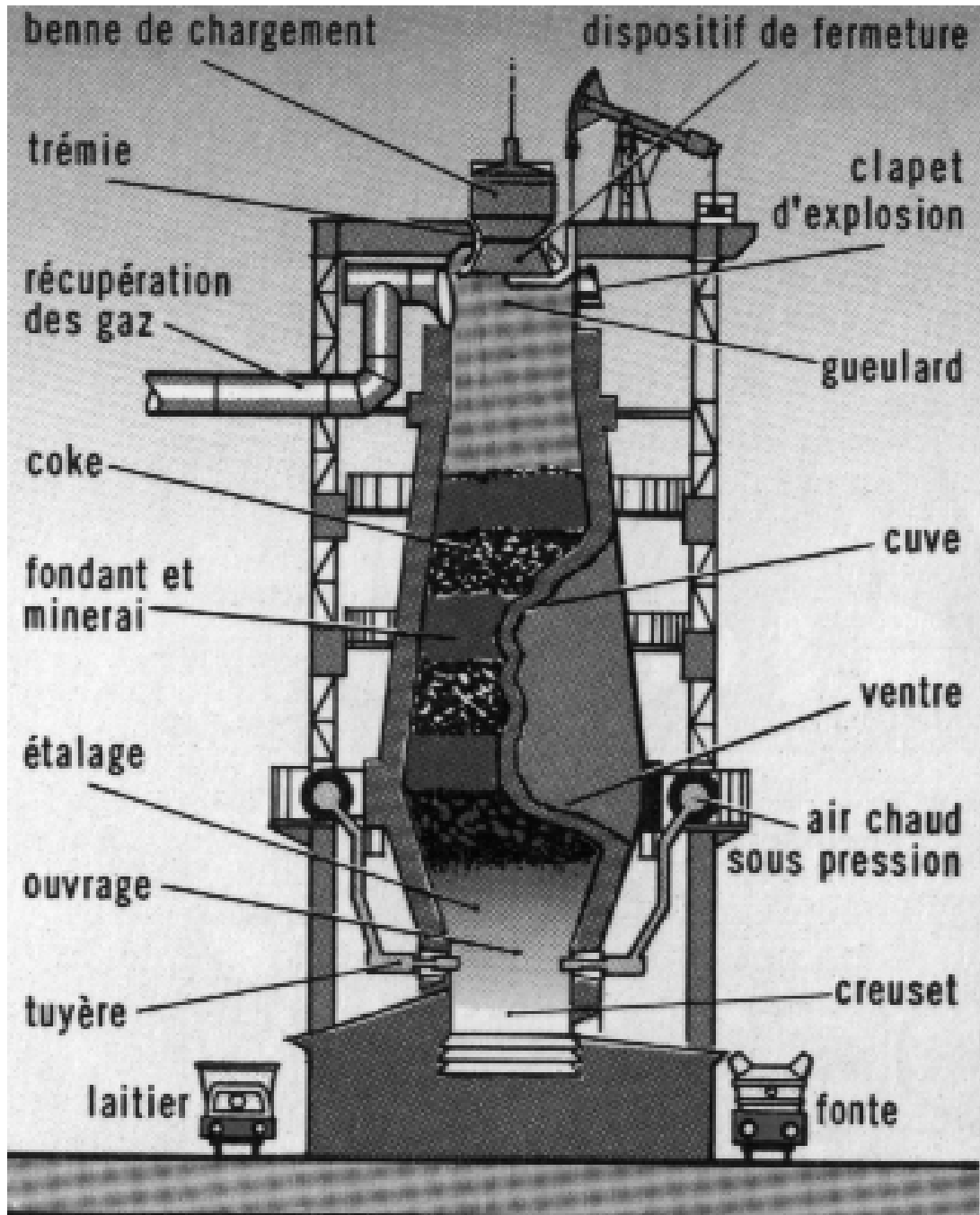
L'élaboration de la fonte se fait dans le haut-Fourneau, la charge introduite dans le gueulard se compose de minerai de fer, de coke métallurgique et d'un fondant.



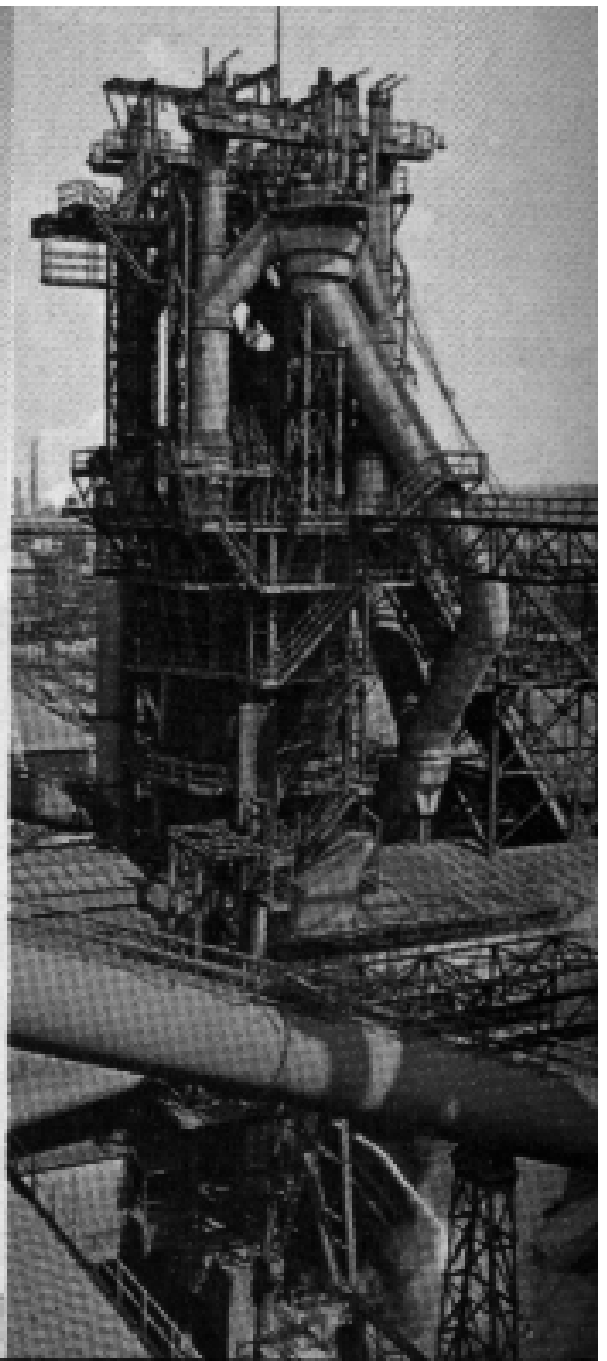
Sous l'action de leur propre poids, ils descendent peu à peu en se réchauffant jusqu'à la fusion. Le métal fondu composé de la fonte et du laitier s'écoule dans le creuset. Par suite d'une différence sensible entre les masses spécifiques de la fonte et du laitier; ce dernier s'accumule à la surface de la fonte, il est évacué à travers le trou de coulée du laitier situé plus haut que celui de la fonte.







coupe d'un haut fourneau



vue extérieure

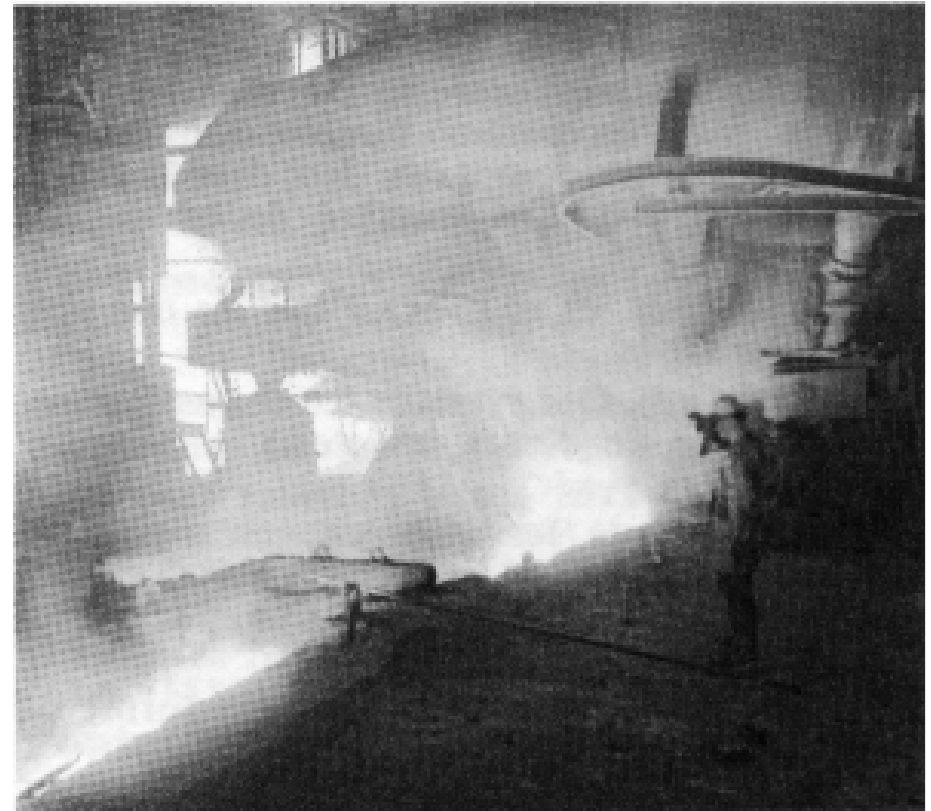
La fonte du haut-fourneau est divisée suivant la destination en trois groupes :

Fonte d'affinage, Fonte de moulage, Alliage ferro-métallique.

Plus de 80% de la production totale est composée de la fonte blanche d'affinage, essentiellement employée pour la fabrication de l'acier (le fer est à l'état de Cémentite  $Fe_3C$ ). La fonte de moulage grise est employée pour l'obtention des coulées façonnées.

Les alliages ferro-métalliques et la fonte de moulage constituent près de 20%.

Les alliages contiennent beaucoup de silicium et de manganèse.



coulée de fonte dans une aciérie

## Utilisations :

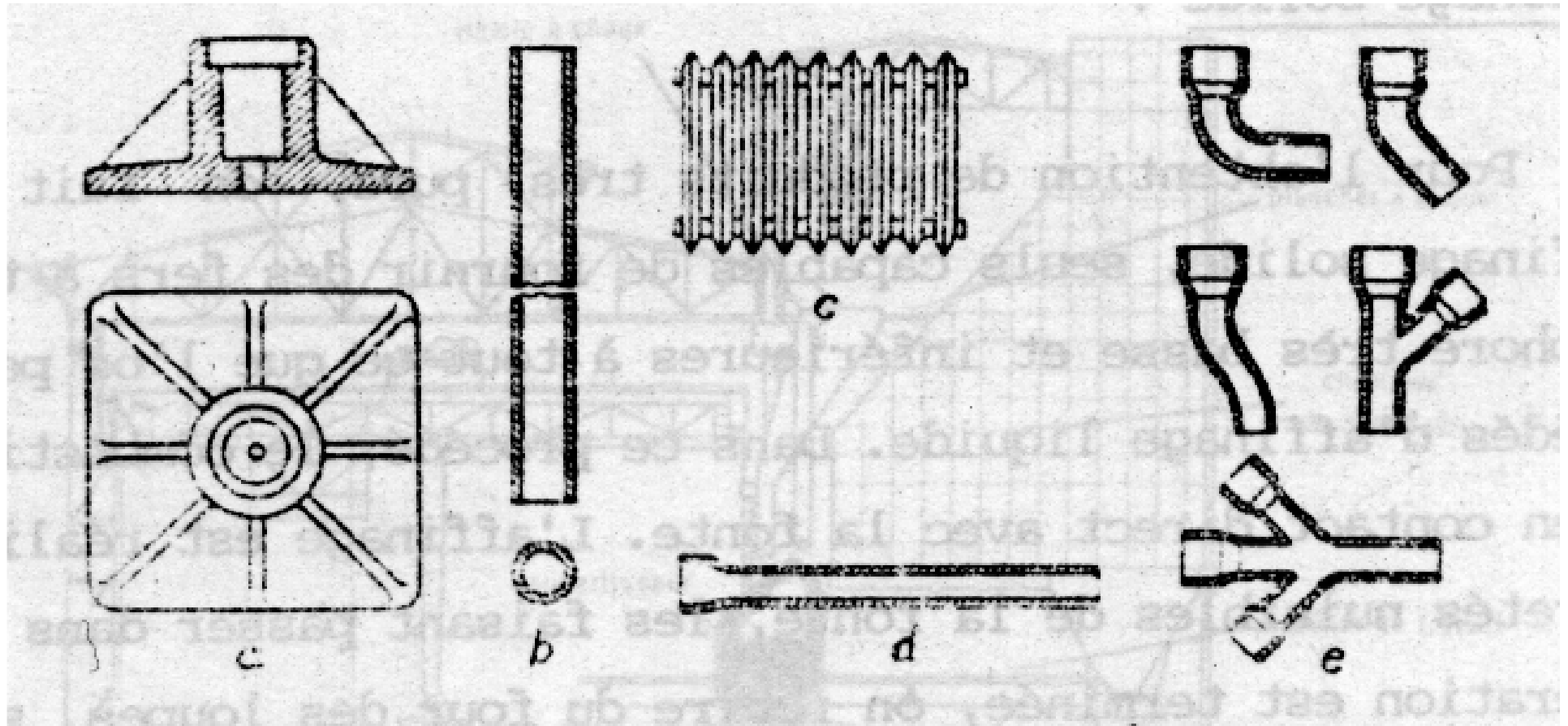
La fonte grise trouve essentiellement son emploi dans la construction, spécialement pour la fabrication des pièces travaillant à la compression (gabots, poteaux); ainsi que pour les produits sanitaires (tubes, radiateurs de chauffage).

Le laitier de haut-fourneau est une matière très utilisée dans l'industrie des M.D.C. : liants, pierres artificielles, matériaux d'isolation thermique (pierre ponce de laitier, laine de laitier).

Le gaz du gueulard de haut-fourneau est employé en qualité de combustible pour l'usine métallurgique.

Les alliages ferro-métalliques sont utilisés comme additions dans la production de l'acier pour améliorer sa qualité.

## Eléments de construction en fonte



a- semelle d'appui des poteaux, b- poteaux, c- radiateurs de chauffage, d- tuyaux, pièces de raccord pour les tubes

Quelques valeurs de résistances mécaniques de la fonte grise :

Nature de la fonte	Résistance à la compression (MPa)	Résistance à la traction (MPa)
Fonte grise	120 ÷ 280	280 ÷ 480
Fonte grise modifiée	280 ÷ 480	380 ÷ 600

## L'acier

### Elaboration :

L'acier (% C < 1,8) est obtenu en décarburant la fonte (% C = 2÷4), et éliminant le plus possible le soufre et le phosphore tout en modifiant la teneur des autres éléments (Si, Mn).

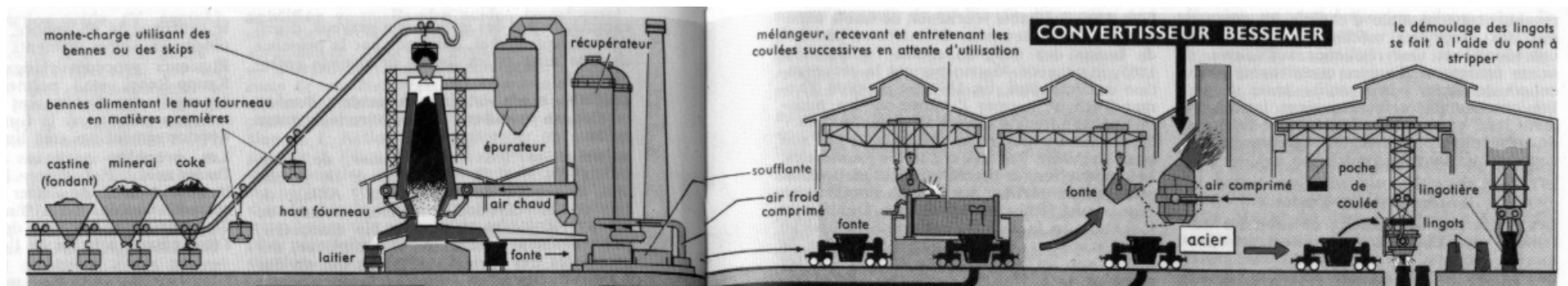
Les procédés pratiques d'élaboration de l'acier sont :

- l'affinage liquide, qui fournit la quasi-totalité de l'acier employé, le métal restant liquide à la fin de l'opération,
- l'affinage solide, qui donne un produit à l'état pâteux à la fin de l'opération.

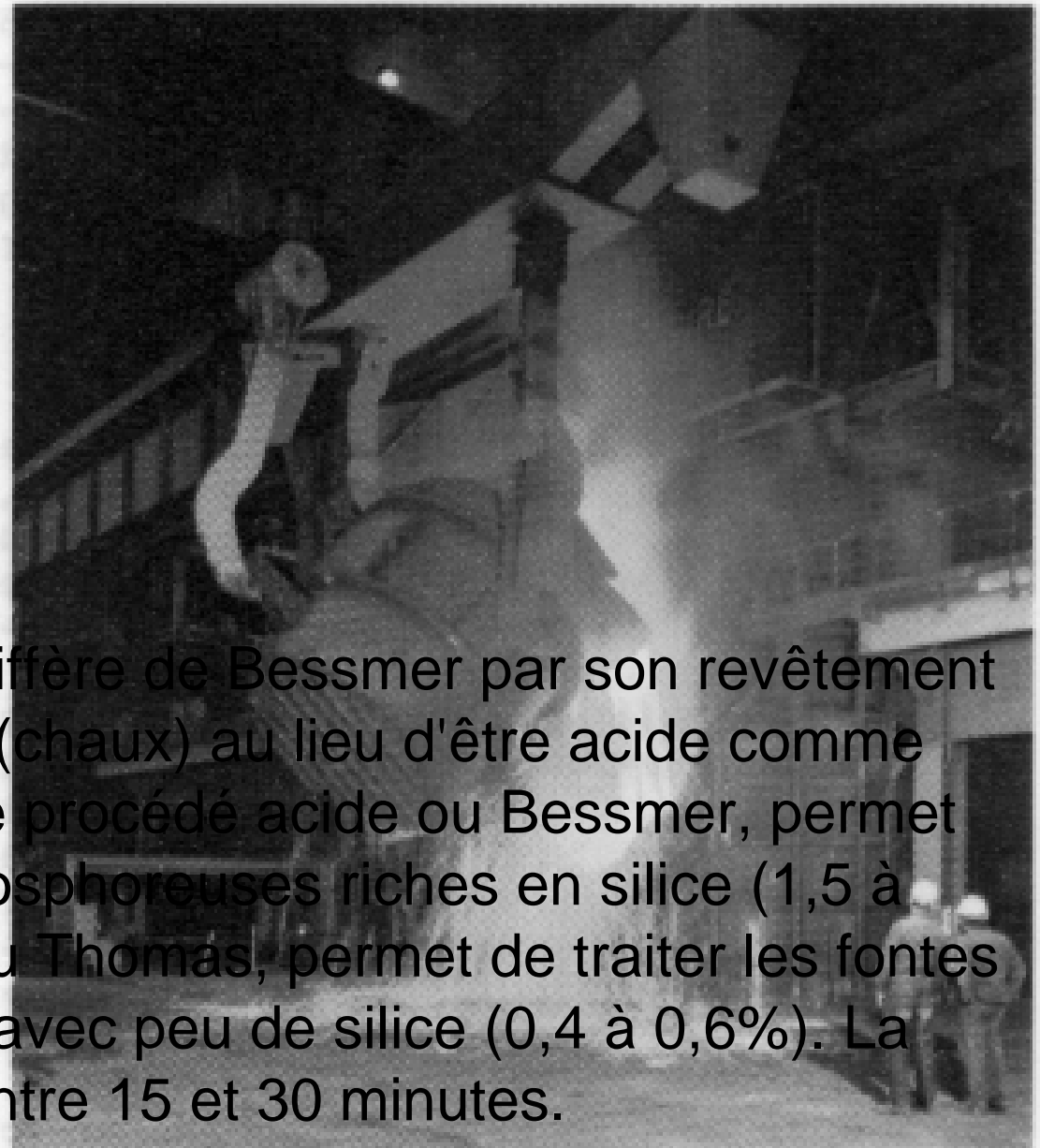
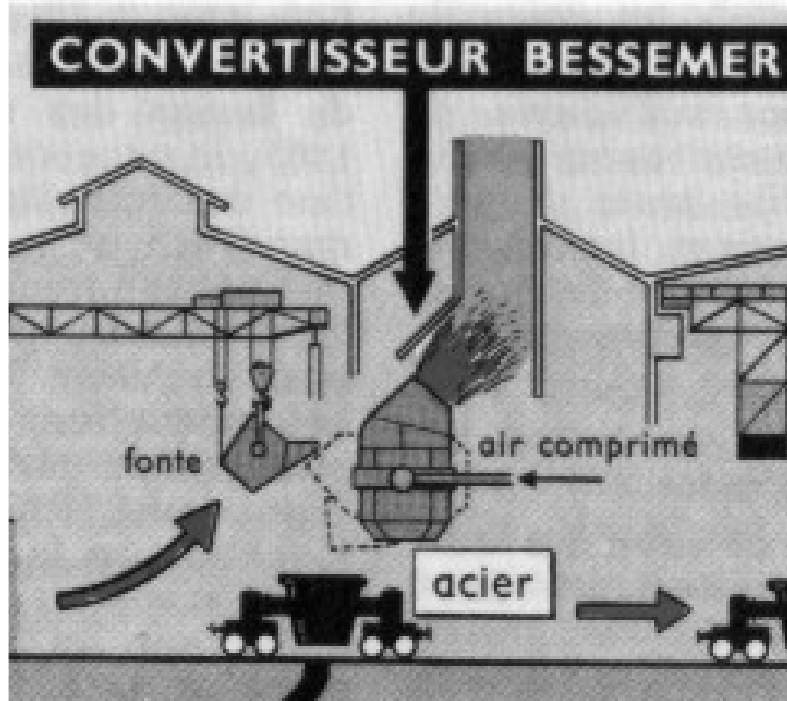
## 1., Affinage liquide :

### *Affinage par l'air aux convertisseurs Bessmer et Thomas.*

La fonte liquide arrivant du mélangeur est versée dans le convertisseur, à travers lequel on souffle un intense courant d'air qui brûle les impuretés de la fonte. Cette combustion dégage en même temps la chaleur nécessaire pour élever la température du bain depuis celle de la fonte en fusion (1200 °C) jusqu'à celle de l'acier (1600 °C).



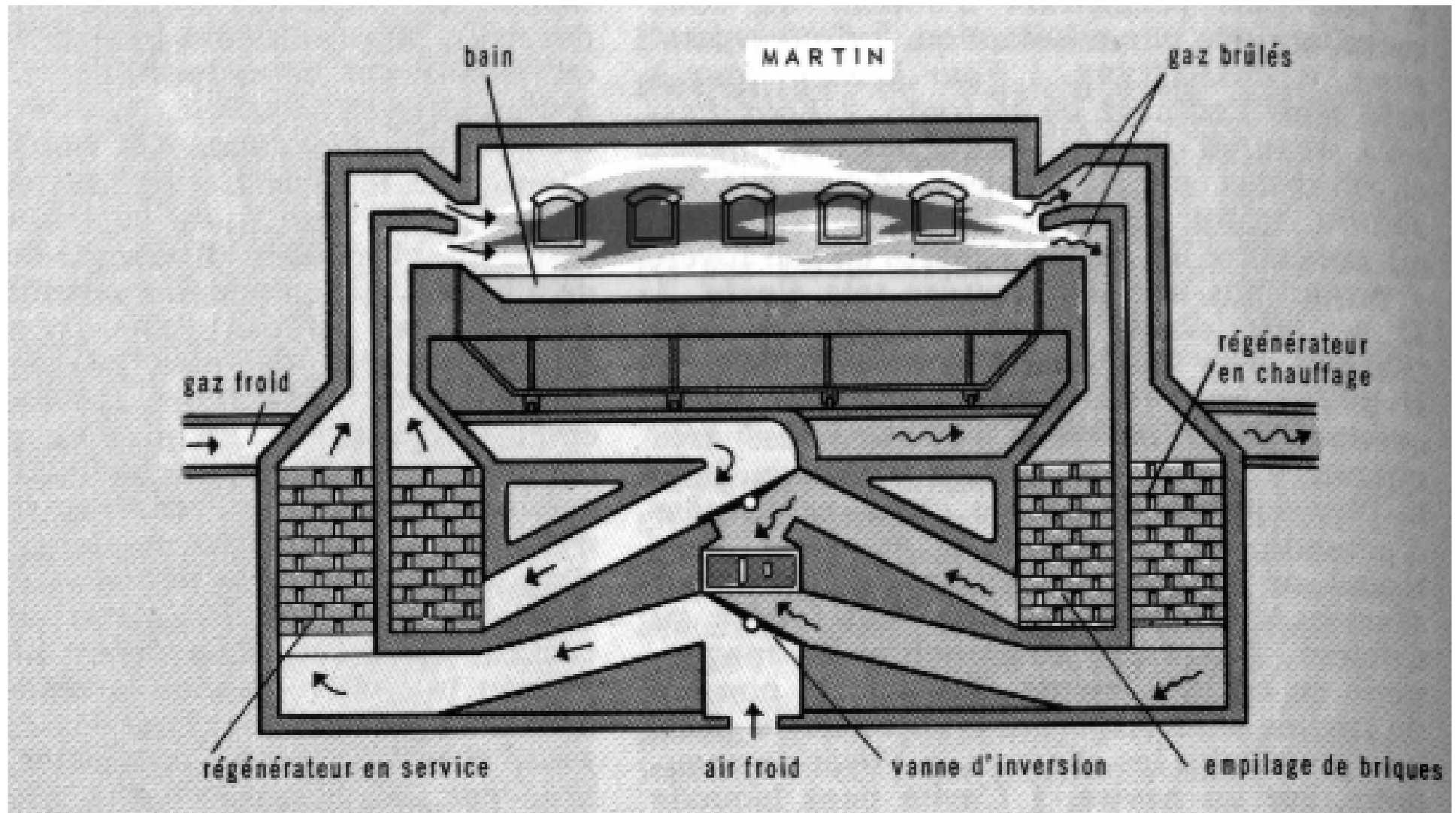
## acier : chargement d'un convertisseur au complexe sidérurgique de Dunkerque



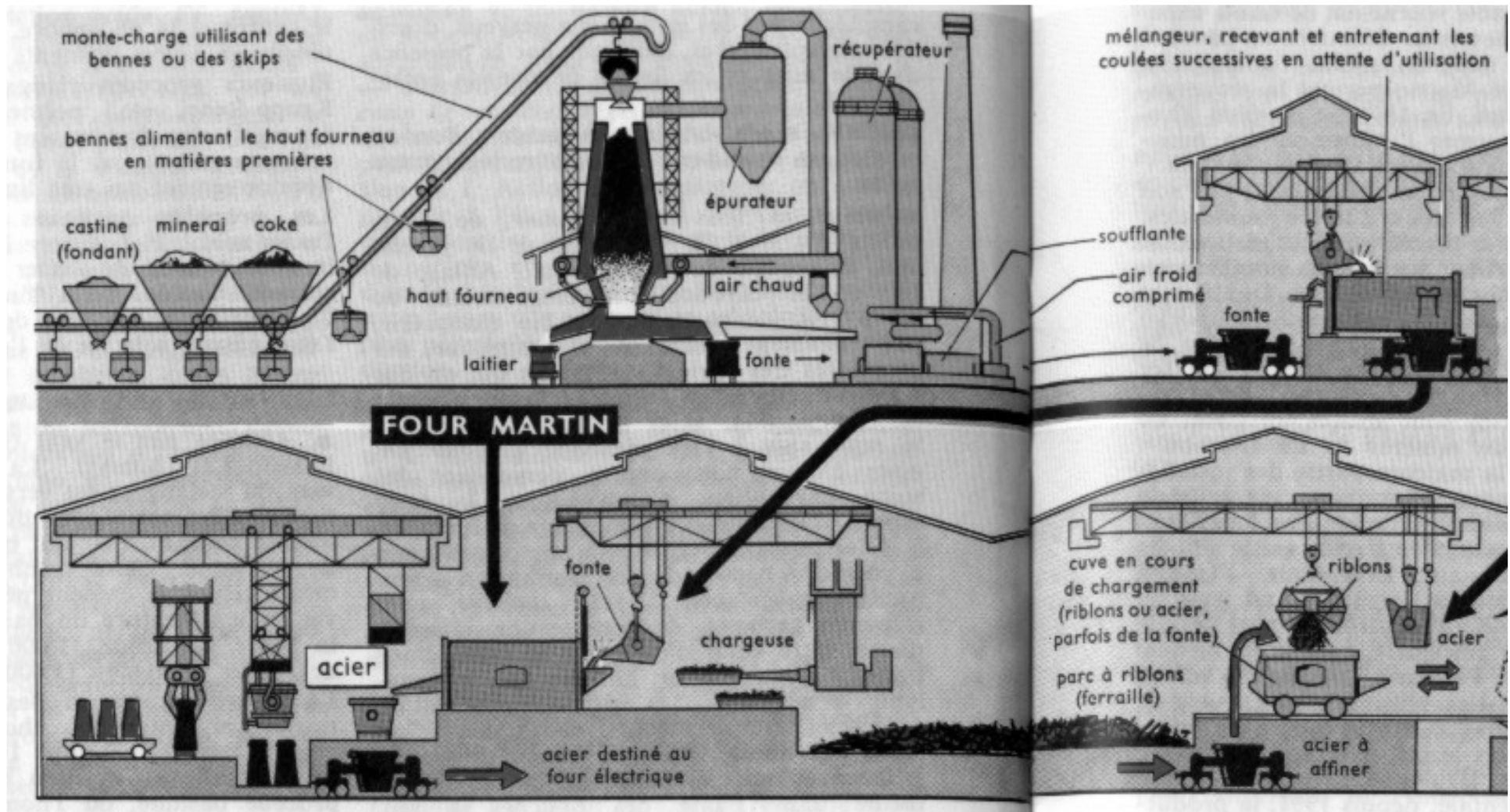
Le convertisseur Thomas diffère de Bessmer par son revêtement réfractaire, qui est basique (chaux) au lieu d'être acide comme dans le Bessmer (silice). Le procédé acide ou Bessmer, permet de traiter les fontes non phosphoreuses riches en silice (1,5 à 2%). Le procédé basique ou Thomas, permet de traiter les fontes phosphoreuses (1,7 à 2%) avec peu de silice (0,4 à 0,6%). La durée du traitement varie entre 15 et 30 minutes.



## Affinage au four Martin.



Dans le four Martin acide, l'affinage porte uniquement sur le carbone, le silicium et le magnésium; le Soufre et le phosphore restent intacts. En revanche, dans le four Martin basique, l'affinage peut aussi porter sur ces deux derniers éléments.

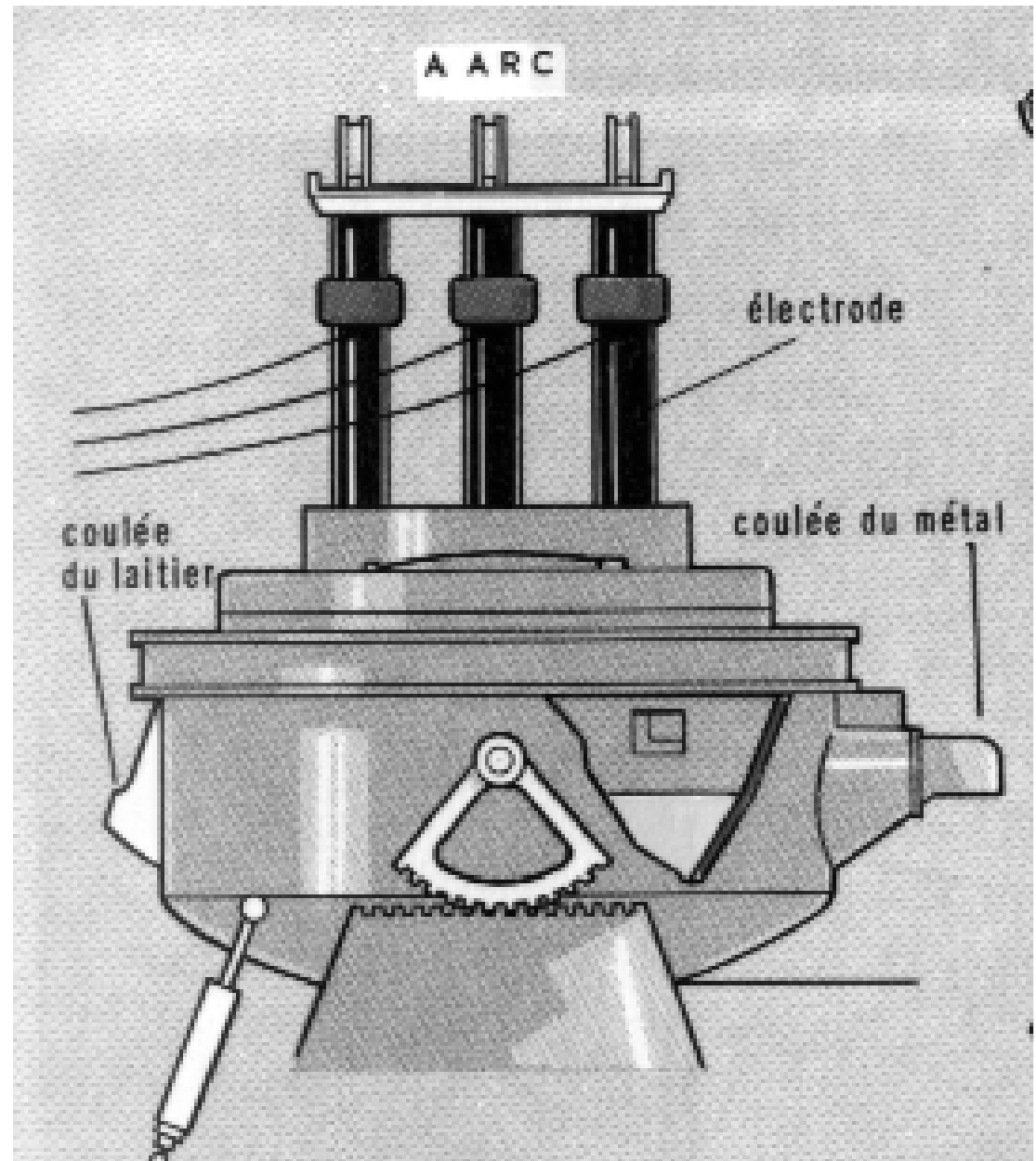


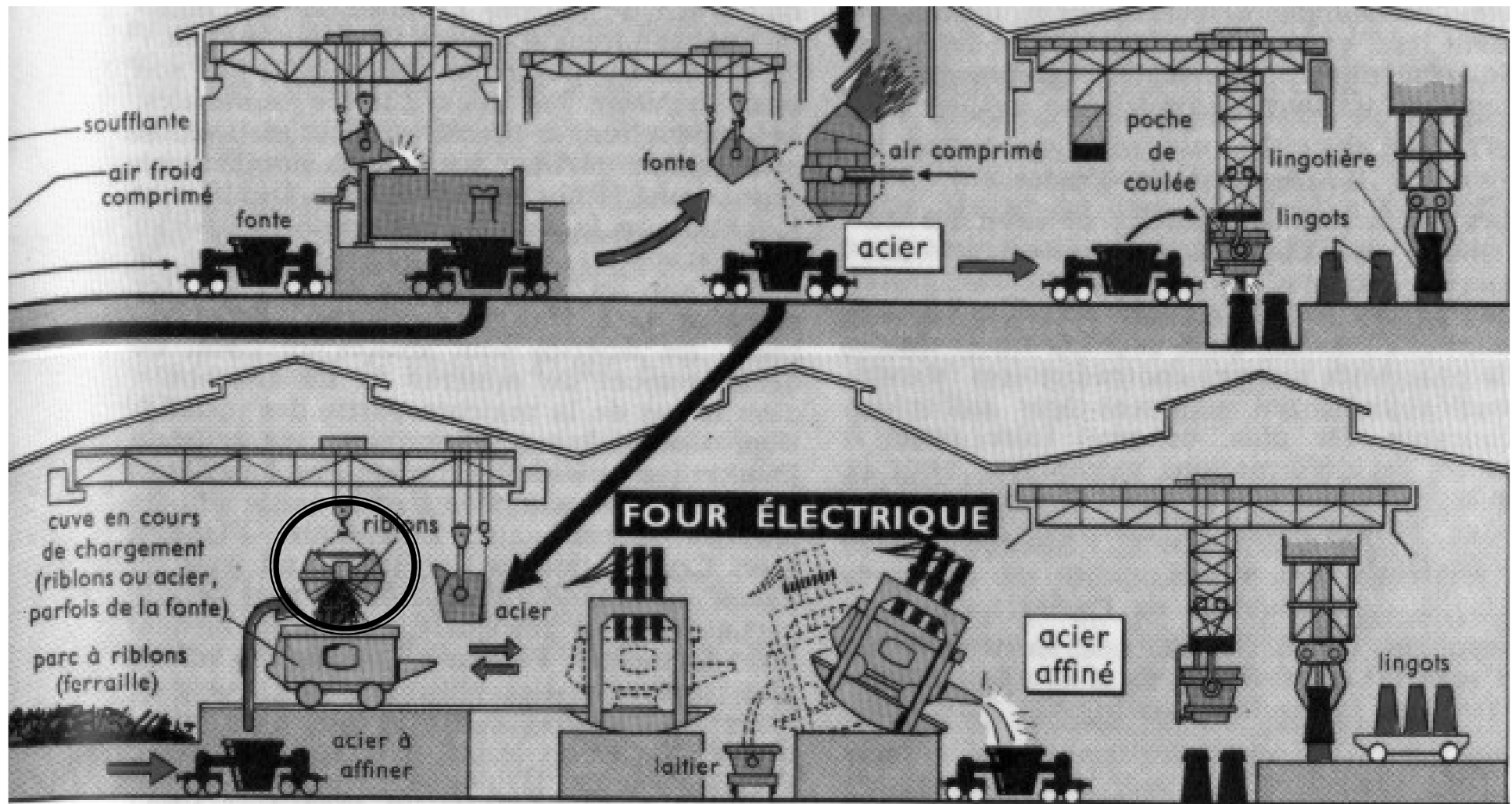
En qualité de combustible, on utilise le gaz et parfois les déchets de fer et d'acier. La durée de fusion est de 4 à 8 heures. Pendant ce temps, on prend systématiquement des échantillons pour analyse chimique. Quand on obtient la composition requise de l'acier, le métal est déchargé dans la poche à coulée et delà dans les lingotières.

## *Affinage au four Electrique.*

Ce procédé permet d'obtenir un affinage très poussé du métal, il est réservé à l'élaboration d'acier de qualité.

Le chauffage est assuré par un arc électrique jaillissant entre des électrodes de carbone et les matières placées dans le four.





Ce procédé utilise à côté de la fonte liquide, des déchets de métallurgie appelés riblons.

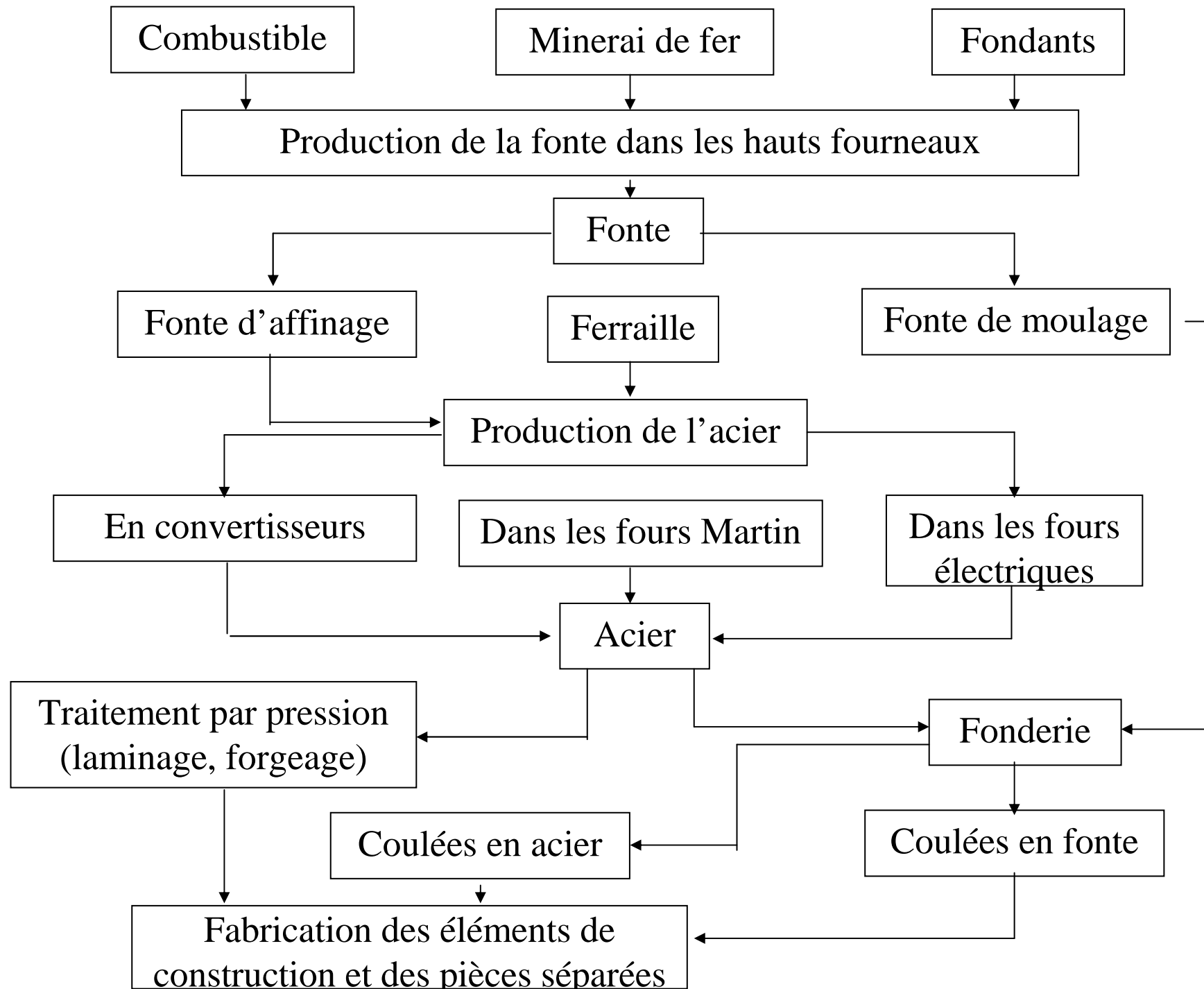
## 2., Affinage solide :

Capables de fournir des fers à teneur en soufre et phosphore très basse et inférieures à tout ce que l'on peut obtenir par les procédés d'affinage liquide.

Dans ce procédé, le combustible (charbon de bois) est en contact direct avec la fonte. L'affinage est réalisée par oxydation des impuretés nuisibles de la fonte, les faisant passer dans le laitier.

Lorsque l'opération est terminée, on retire du four des loupes spongieuses de métal contenant de nombreuses scories.

Ces loupes sont singlées pour éliminer le maximum de scories.



## Classification des aciers selon leur composition :

D'après la composition chimique, les aciers sont divisés en acier au carbone et aciers alliés.

### *Acier au carbone.*

contiennent du carbone en proportion croissante, du magnésium en proportion supérieure au carbone et des traces de phosphore de silicium et de soufre.

Qualité	C (%)	Mn (%)	P (%)	Si (%)	S (%)	lim. Rupt. (MPa)	allong. (%)	Observat.
extra-doux	0,15	0,4	0,04	0,03	0,02	400	30	Martin B
doux	0,25	0,4	0,04 0,06	0,03 0,10	0,02 0,03	500	25	Martin B Martin A
mi-doux	0,35	0,4	0,06	0,15	0,03	600	20	—
mi-dur	0,45	0,5	0,06	0,20	0,03	700	15	—
dur	0,55	0,6	0,06	0,25	0,03	800	10	—
extra-dur	0,65	0,7	0,06	0,3	0,03	900	5	—

### *Acier alliés.*

composition variable suivant l'emploi. Les éléments alliés sont en proportion variant généralement entre 0 et 5%.

Éléments alliés	Ratio (%)	Observations
carbone	0,2 ÷ 0,7	
silicium	0,1 ÷ 0,7 2 ÷ 4 (aciers spéciaux)	ressorts tôles de transfo.
Magnésium	0,3 ÷ 0,8 12 ÷ 14 (aciers très durs)	voies ferrées
S, P, Cu, Ni, Cr, V, Molybdène	< 0,1	—



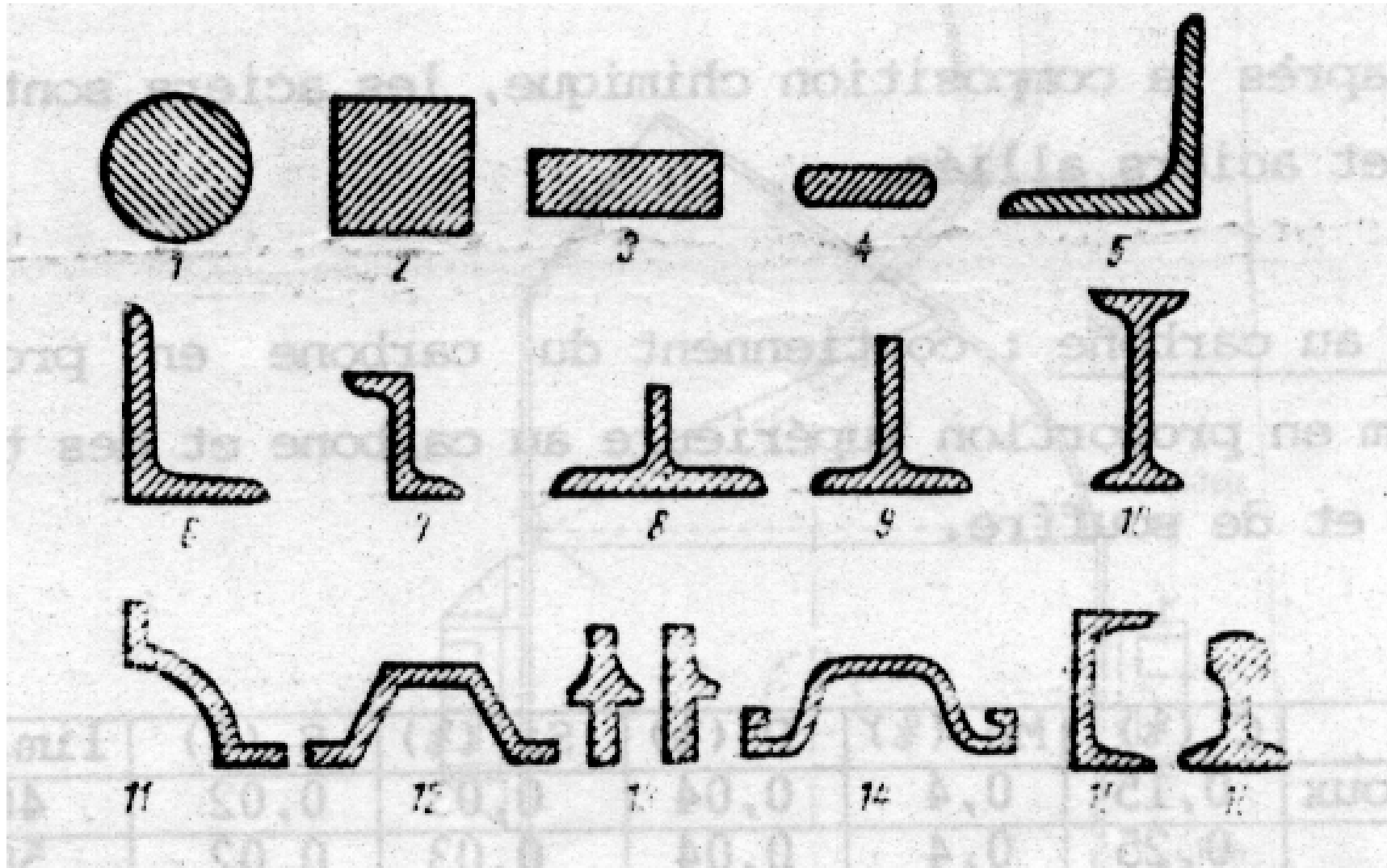
Les propriétés mécaniques des aciers au carbone sont moindres que les aciers alliés (voir tableau).

Nature de l'acier	Résistance à la traction (MPa)	Allongements (%)
acier au carbone	400 ÷ 900	5 ÷ 30
acier allié	700 ÷ 1000	9 ÷ 13

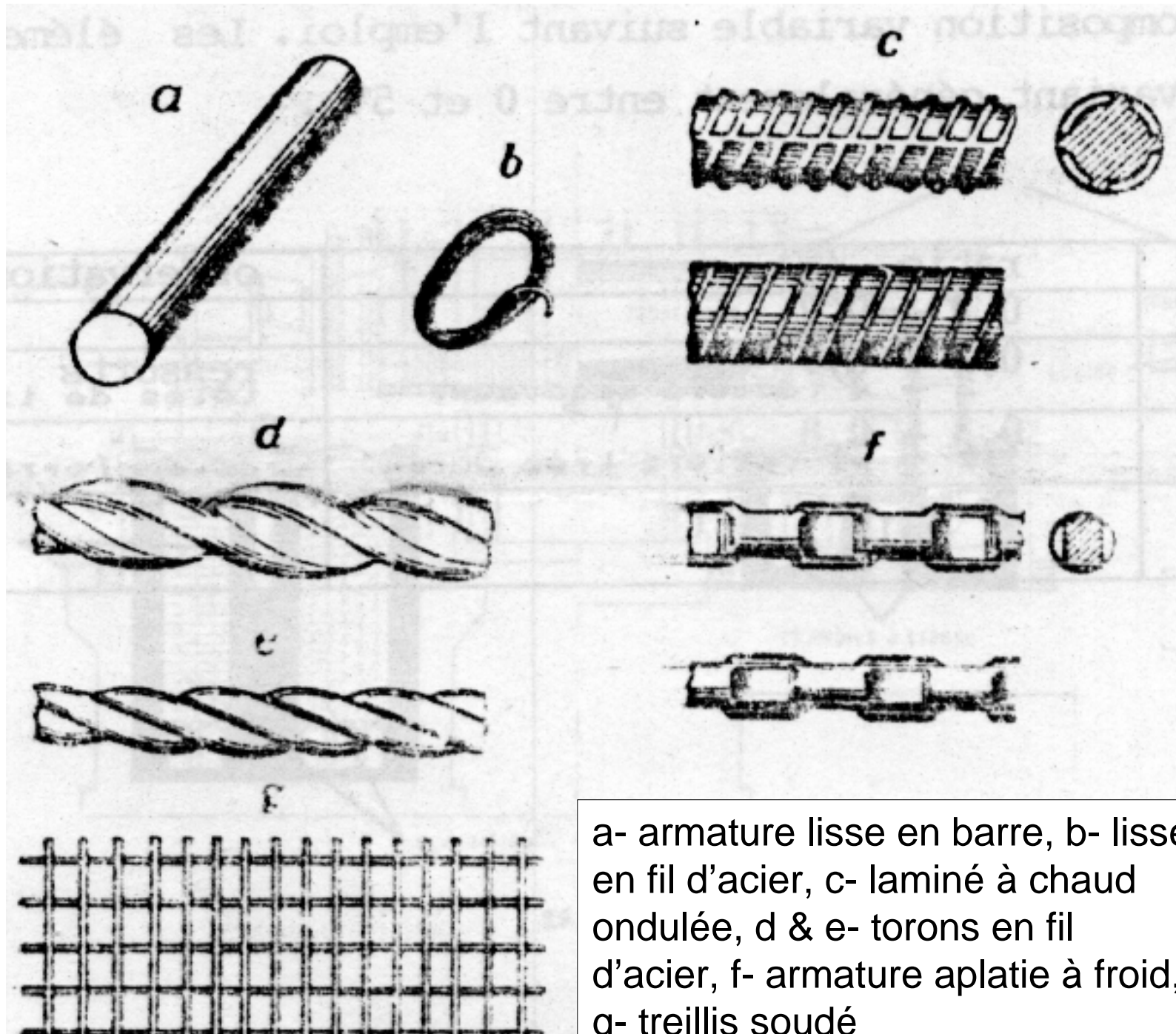
### Utilisation :

L'acier est transformé après sa production, en éléments de natures variées, nous citons :

- différents profilés généralement utilisés dans la construction métallique, la voie ferrée, les palplanches, etc.
- armatures pour béton armé et béton précontraint : lisse, ondulé, treillis, ...etc.



1- rond, 2- carré, 3- plat, 4- barres, 5- cornières: égales, 6- inégales, 7- profils: en Z, 8 & 9- en T, 10- en double T, 11- de colonne, 12- d'auge, 13- de fenêtre, 14- de palplanche, 15- en U, 16- rail.



a- armature lisse en barre, b- lisse en fil d'acier, c- laminé à chaud ondulée, d & e- torons en fil d'acier, f- armature aplatie à froid, g- treillis soudé

La transformation est obtenue par voie d'étirage, la tige passe au travers d'un trou conique et se trouve sertie. La traction de la tige est effectuée avec des efforts supérieurs à la limite de fluidité de l'acier et la tige s'allonge.

Quand aux armatures, on procède à une torsion à froid pour les onduler; cette torsion se fait autour de leurs axes longitudinaux.

L'acier riche en carbone trouve son utilisation non seulement dans la marine mais aussi dans les ouvrages de navigation (écluses, barrages). Contrairement à la fonte, il travaille à la traction et aux chocs (engrenages, matériel de dragage, godets, etc.).