

1. Introduction

Le haut fourneau est un appareil métallurgique produisant de la fonte, qui est un alliage de fer et de carbone (2,5 à 4 %) et contenant aussi d'autres éléments : silicium, phosphore...

La fonte seule ne suffit pas aux utilisateurs de produits sidérurgiques, il faut en affiner une très grande quantité en fers industriels et en aciers, et transformer ceux-ci en produits marchands.

La fig. 1 montre la place du haut fourneau dans l'industrie sidérurgique du 19^e siècle et du début du 20^e siècle.

Les techniques d'affinage utilisées, le puddlage et le convertissage ainsi que quelques notions de la métallurgie du fer ont été exposées dans les numéros 31 et 34-35 du présent *Bulletin*, un bref rappel de ces matières figure dans l'encart n°1.

LE HAUT FOURNEAU DE LA FIN DU 19^e SIÈCLE VU PAR LES ARTISTES

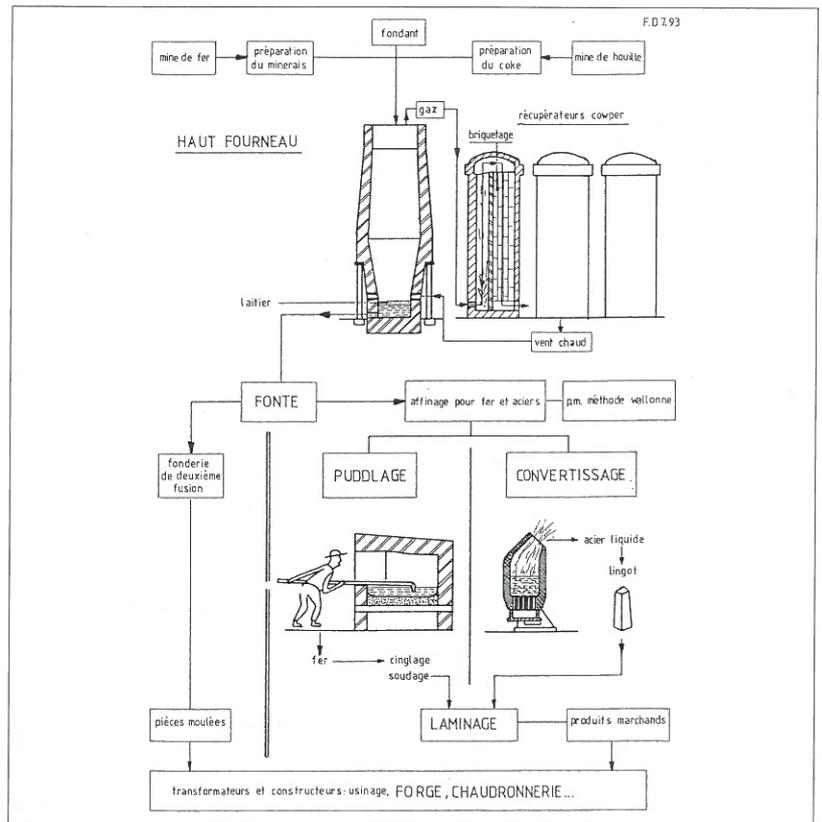
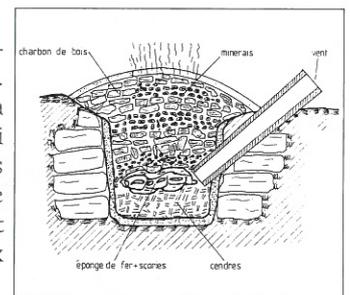


Fig. 1. La sidérurgie au 19^e siècle.

Encart 1 — La métallurgie du fer

1. Le fer est extrait de son minerai qui est un mélange de combinaisons chimiques (oxyde de fer, carbonate de fer...) et de roches stériles appelées gangue.
 2. Depuis 1600 av. J.-C. jusqu'à la fin du 14^e s., le fer était extrait par la MÉTHODE DIRECTE à l'aide d'un four appelé bas fourneau. Le minerai quelque peu préparé est mélangé à du charbon de bois et chargé dans le bas fourneau. La combustion du charbon de bois activée par des soufflets donne l'énergie nécessaire à la réduction des oxydes de fer. De la base du four est extraite une éponge de fer pâteux gorgée de scories et de laitiers, ceux-ci dus aux composants de la gangue.



Cette éponge sera martelée (cinglage) pour en expulser scories et laitiers.

3. Suite à la demande accrue de fer (outils, armes, clous...), on augmente la capacité des bas fourneaux en HAUTEUR et en diamètre. Plusieurs perfectionnements sont apportés : utilisation de l'énergie hydraulique pour l'action de puissants soufflets donnant le vent nécessaire à une meilleure combustion... avec pour conséquence une augmentation de la température dans l'enceinte du four.

Le bas fourneau devient le haut fourneau (14^e-15^e s.); ce dernier ne produit plus l'éponge de fer pâteux mais une espèce de fonte liquide :

- l'oxyde de fer du minerai est réduit en fer par l'action du carbone du charbon de bois;
- le séjour de ce fer réduit à proximité du charbon de bois conjugué à la température élevée a pour suite l'absorption du carbone par le fer;
- le produit final est une espèce de fonte liquide au point de fusion 1200°-1300°C (le fer pur fond à 1530°C).

4. Cette fonte sera affinée en fer industriel et acier : c'est la SIDÉRURGIE À DEUX TEMPS.

Soit : premier temps dans le haut fourneau :

- réduction de l'oxyde de fer par le carbone;
- carburation du fer = FONTE.

deuxième temps : affinage soit par :

- puddlage - décarburation de la fonte par l'oxygène;
- convertissage - idem.

2. Le haut fourneau

2.1. Le haut fourneau est une cuve profonde qui, au cours de ses 600 ans d'existence, a été l'objet d'améliorations considérables sans cependant subir de modifications fondamentales.

La charge solide versée dans le gueulard est composée de :

- minerais préalablement préparés;
- de combustible;
- de fondant.

Le vent est soufflé à la partie inférieure de l'ouvrage (fig. 1) par l'intermédiaire de tuyères. Les produits obtenus sont la fonte, le laitier et du gaz combustible capté au sommet.

Au début du 19^e siècle, les hauts fourneaux n'étaient pas tellement différents de ceux du 18^e siècle dont un schéma est repris à la fig. 2. Cet appareil donnait de la fonte qui pouvait être utilisée pour la coulée en moules de pièces diverses ou pour la coulée de barres destinées à l'affinage.

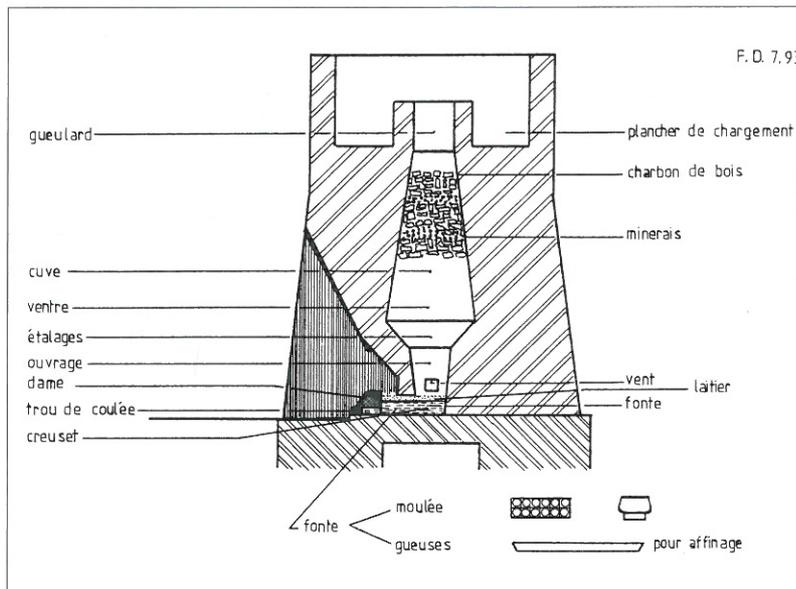


Fig. 2. Haut fourneau au charbon de bois. Début 18^e s. (inspiré de 1 p. 61, 5 p. 403 t. 1, 7 p. 29).

Léonard Defrance (1735-1805) a représenté un intérieur de fonderie qui illustre le schéma de la figure 2. L'œuvre dont la reproduction se trouve fig. 3 montre le plancher de travail de la fonderie avec la partie inférieure du haut fourneau. L'inclinaison du creuset est représentée par trois lignes horizontales claires surmontées d'un arc de décharge. Un homme verse, à l'aide d'une

louche, le métal, nécessaire à la fabrication d'une grille d'ornementation, dans un moule à découvert. Un autre puise la fonte dans le bas du creuset de haut fourneau qui se trouve derrière une dame. Deux aide-fondeurs évacuent laitier et scories qui surnagent sur le bain de fonte. A gauche se trouve un groupe de spectateurs contrastant avec les hommes au travail.

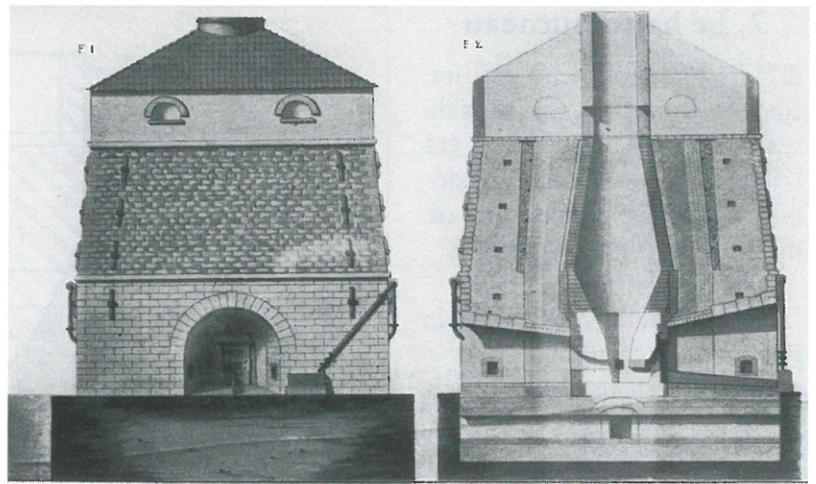


Fig. 3. Léonard Defrance (1735-1805). Intérieur de fonderie (vers 1780). Huile sur bois 41 x 57,5 cm. Signé dans le bas à droite : L. Defrance de Liège, M.R.B.A., inv. 6116. Photo de l'auteur.

Le combustible utilisé était du charbon de bois dont l'utilisation massive provoqua une forte dégradation du patrimoine forestier avec des conséquences inhérentes au déboisement.

Le coke, produit de la distillation de la houille, fut adopté dès 1735 en Angleterre et, à partir de 1826, dans nos régions; la fig. 4 représente un des premiers hauts fourneaux au coke de la région caroloré-gienne. C'est une maçonnerie aux murs épais en forme de trapèze tronqué. On retrouve une construction semblable à la fig. 5 : le haut fourneau, au centre du groupe des édifices, a un flanc en forme de trapèze rectangle, il est précédé d'un bâtiment qui possède latéralement sept arcades. A gauche, on distingue une construction qui abrite les installations des monte-charge, et plus loin à l'extrême gauche, une batterie de fours à coke identifiables par la série de cheminées.

Pendant de nombreux siècles, le dessus du haut fourneau est resté ouvert, ainsi les gaz, brûlés ou non, montaient vers le ciel, présentant une vue spectaculaire, spécialement la



LE HAUT-FOURNEAU DES HAUCHIES, A MARCINELLE, CONSTRUCTION DÉFINITIVE (1826-1827).
D'après les dessins de M. Jules Dulait, à l'Université du Travail, à Charleroi.
Fig. 1. — VUE EN ÉLEVATION de la masse du fourneau, construite en maçonnerie pleine, avec revêtement extérieur complètement en pierres de taille et intérieur en briques.
Fig. 2. — COUPE VERTICALE du fourneau, suivant un plan passant par l'axe, les embrasures de poitrine et des tuyères.

Fig. 4. Haut fourneau au coke en 1830 (dans 3, p. 64).

nuit. Des essais de récupération des gaz eurent lieu en Allemagne en 1831 et en Angleterre en 1834. Bientôt, ces gaz furent utilisés pour le chauffage du vent, application économique du principe breveté déjà en 1828 par Neilson à Glasgow, et qui permet un gain très appréciable du coke.

Plus tard, le haut fourneau sera complètement fermé par un système double pour limiter la perte de gaz pendant l'introduction de la charge. Il est donc faux de prétendre aujourd'hui que «l'incendie du ciel»,

spectacle des régions sidérurgiques, est dû au rougeoiement des hauts fourneaux.

Le chauffage du vent fut adopté en Wallonie dès 1837. En 1880, de nombreux récupérateurs cowper vont apparaître, ce sont de hautes cuves cylindriques garnies de briques réfractaires creuses portées au rouge par la combustion des gaz de haut fourneau, puis refroidies par de l'air soufflé qui s'échauffe avant d'être dirigé vers les tuyères. Chaque haut fourneau est accompagné de trois, parfois quatre, appa-

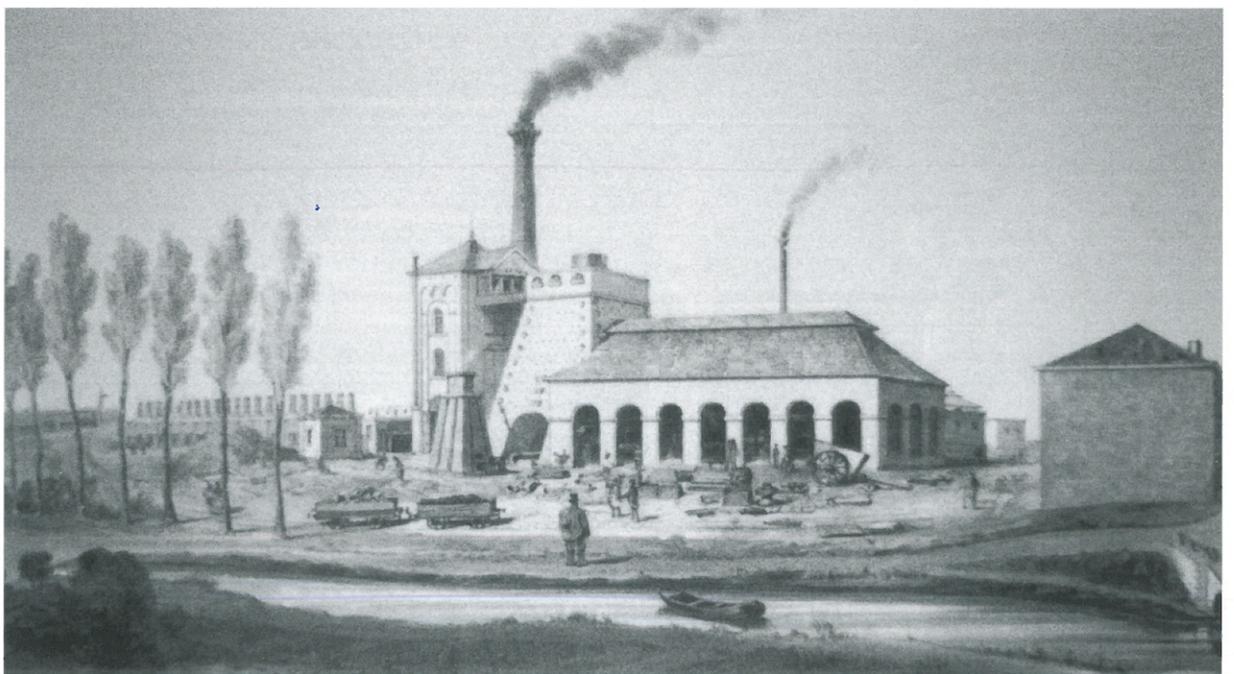


Fig. 5. Haut fourneau à La Louvière en 1861 (dans 3, p. 86).

reils semblables, un en marche au gaz (fig. 1), un en marche au vent, un en réserve.

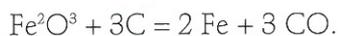
Au cours de la seconde moitié du 19^e siècle, on a peu à peu modifié les principes de construction des hauts fourneaux. Les diverses améliorations telles que soufflantes plus puissantes, chauffage du vent à des températures de plus en plus élevées, utilisation généralisée du coke avaient amené une élévation considérable de la température dans la zone de fusion, ce qui provoqua la détérioration des parois. Or, vu leur importante épaisseur, il était impossible de les refroidir. On a donc été amené à supprimer le massif autour de l'ouvrage de manière à pouvoir rafraîchir la zone surchauffée par le contact de l'air et à effectuer, éventuellement, des réparations indispensables pendant la marche.

La cuve est constituée de deux troncs de cône, c'est une carcasse métallique garnie de briques réfractaires et supportée par de puissantes colonnes en fonte, les bâtiments en brique abritant le monte-charge sont remplacés par une charpente métallique où sont logés ces derniers (fig. 6). Plus tard, on rencontrera des constructions en plan incliné sur lesquelles glissent des skips amenant coke, minerais et fondant au sommet de l'édifice.

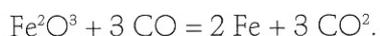
Le captage des gaz donne lieu à de spectaculaires montagnes de tuyauteries qui les amènent vers des dépoussiéreuses, le haut fourneau s'entourant ainsi d'un enchevêtrement important de tubes, de carcasses et de charpentes métalliques d'une ampleur remarquable.

2.2. Le traitement métallurgique dans le haut fourneau consiste à porter à une tempé-

rature convenable le mélange de minerais (oxyde de fer) et le réducteur (carbone du coke), l'oxyde se réduit, le carbone devient oxyde :



L'oxyde de carbone exerce à son tour une action réductrice soit :



Le rôle du fondant, généralement de la castine, troisième élément de la charge, sera de rendre fusible les éléments de la gangue non séparés au moment du traitement des minerais. Fondant et gangue donnent le laitier fusible qui se sépare de la fonte liquide par différence de masse spécifique (fig. 1).

Encart 2 — La sidérurgie à deux temps

La sidérurgie à deux temps, fabrication d'une fonte liquide suivie d'un affinage, est toujours d'application de nos jours.

On est en droit de se demander le pourquoi de cette double opération, la méthode directe étant la plus simple. Un facteur important est l'exploitation à outrance des minerais de fer.

Si on veut obtenir une réduction à peu près complète de l'oxyde de fer et aussi la fusion des gangues du minerai, il faut pour cela atteindre une température assez élevée à laquelle il est impossible d'empêcher le fer d'absorber une proportion du carbone qui le transforme inévitablement en une espèce de fonte. Pour s'arrêter à la production d'un fer peu carburé, c'est-à-dire non cassant et forgeable, il faut se contenter d'une réduction moins complète et une partie importante du fer, sous forme d'oxyde, passera dans la scorie.

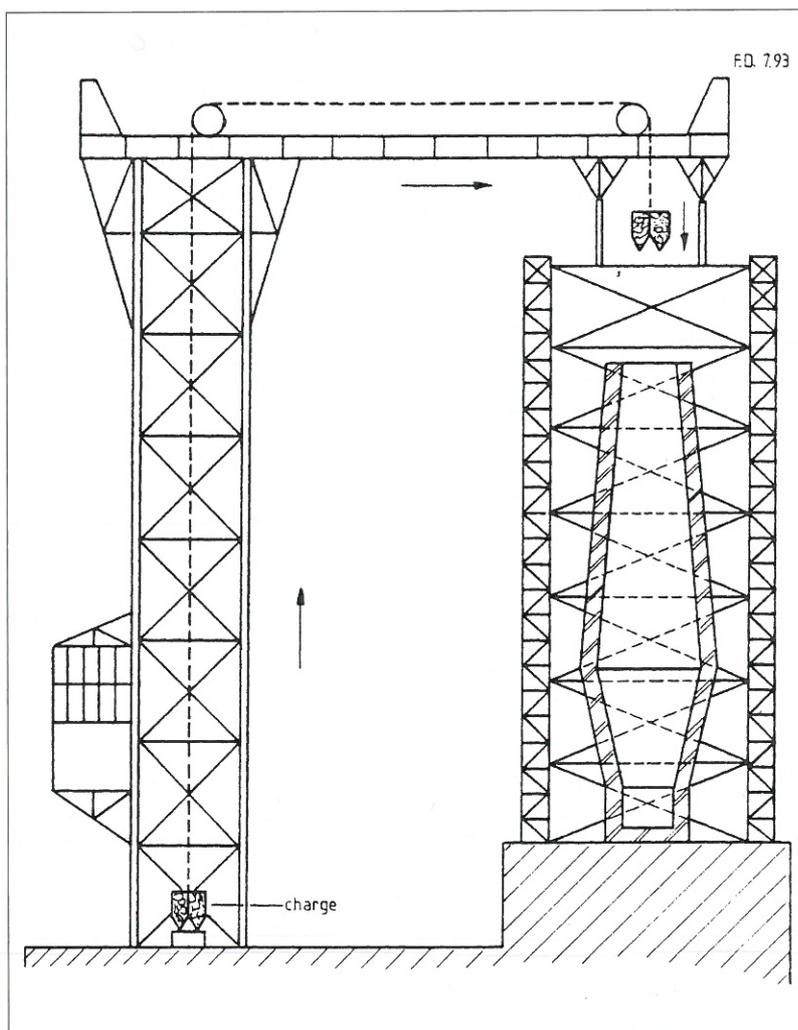


Fig. 6. Monte-charge vertical de haut fourneau (d'après 2, vol. 2, p. 86).



Fig. 7. Constantin Meunier (1831-1905)
Halle de coulée de haut fourneau (1880). Huile sur toile, 95 x 71 cm.
Monogramme en bas à droite C. M.
Bruxelles, M.R.B.A. A.C.M. inv. 10000/239. Photo IRPA 133439B.

3. Constantin Meunier : Halle de coulée de haut fourneau (Fig. 7)

Nous voici dans le hall de coulée, vaste salle au pied du haut fourneau en contrebas du trou de coulée. L'édifice à arcades de la figure 5 montre l'aspect extérieur d'un tel hall. C'est le lieu de travaux intenses et continus. En effet,

d'une coulée à l'autre, on prépare les moules destinés à recevoir la fonte liquide. Après leur remplissage, le refroidissement et l'évacuation des gueuses, l'opération est aussitôt recommencée en vue de la coulée suivante et cela 24 heures sur 24.

Le sol est toujours couvert d'une couche de sable humide; dans celui-ci, on pratique des

empreintes de section demi-ronde ou trapézoïdale à l'aide d'une forme en bois appelée modèle. Ces différentes empreintes sont reliées à la mère-gueuse par des canaux intermédiaires (fig. 8). La mère-gueuse reçoit la fonte liquide dont le flux est contrôlé par une barrière mobile garnie de terre réfractaire.

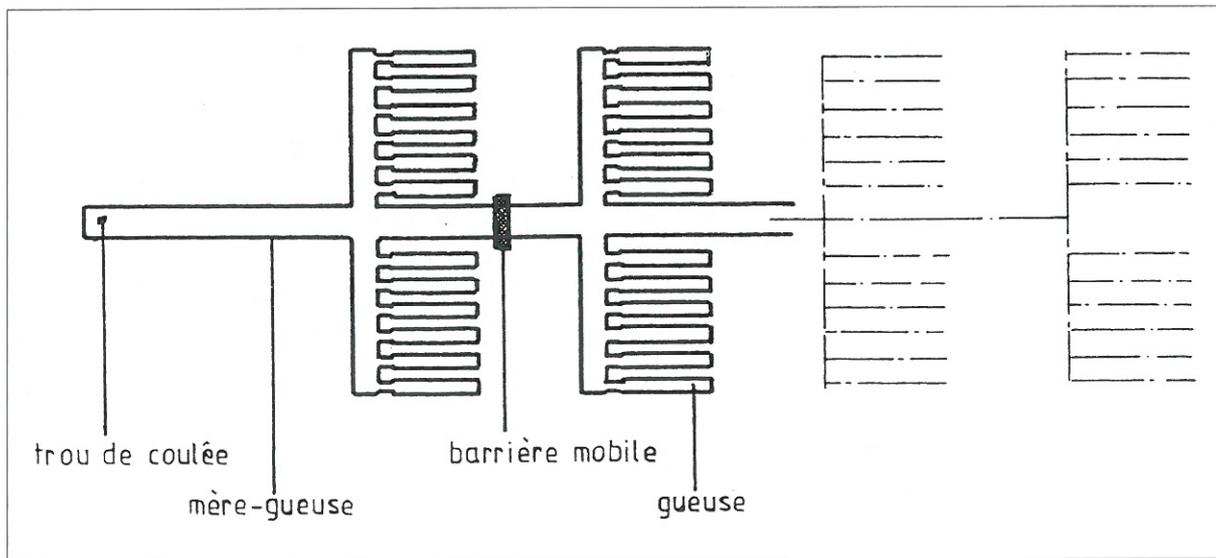


Fig. 8. Schéma de coulée de la fonte.

L'œuvre traitée en pâte épaisse représente bien l'expression du travail extraordinairement intense en ce lieu; on a affaire ici à une œuvre expressionniste.

La couverture du bâtiment est supportée à gauche par de solides colonnes et à droite par des piliers et arcades en plein cintre. Quelques silhouettes humaines en mouvement sont visibles. Le moment choisi par l'artiste est probablement celui de la coulée ou encore juste l'après-coulée, on voit en effet la vapeur produite par l'évaporation de l'eau contenue dans le sable humide des moules.

Il est difficile, voire impossible, d'identifier les tâches des ouvriers représentés. Une indi-

cation plus claire d'une phase du travail en ce lieu est donnée à la figure 9.

4. Xavier Mellery : La halle de coulée aux usines de Couillet (Fig. 9)

Le dessin de la figure 9 est extrait de LEMONNIER (Camille), *La Belgique*, Bruxelles, 1903, p. 511.

Le hall représenté est semblable à celui peint par Meunier, on retrouve l'aspect extérieur à la figure 5.

On distingue ici la couverture en charpente de bois supportée par des colonnes en briques maçonnées. Les ouver-

tures vers l'extérieur sont constituées en partie par des arcs en plein cintre.

On assiste au démoulage et à l'évacuation des gueuses quelque temps après coulée et refroidissement. Un groupe de trois hommes ramasse et transporte les lourds blocs de fonte. Ils sont le torse nu et ont leurs mains protégées par des espèces de gants ou moufles, les gueuses n'étant pas suffisamment refroidies pour permettre une prise solide à mains nues. On peut se poser la question de savoir si ces hommes n'étaient pas fréquemment brûlés au ventre, car suivant le poids des pièces de fonte à transporter, le porteur a tendance à appuyer la charge contre le ventre.

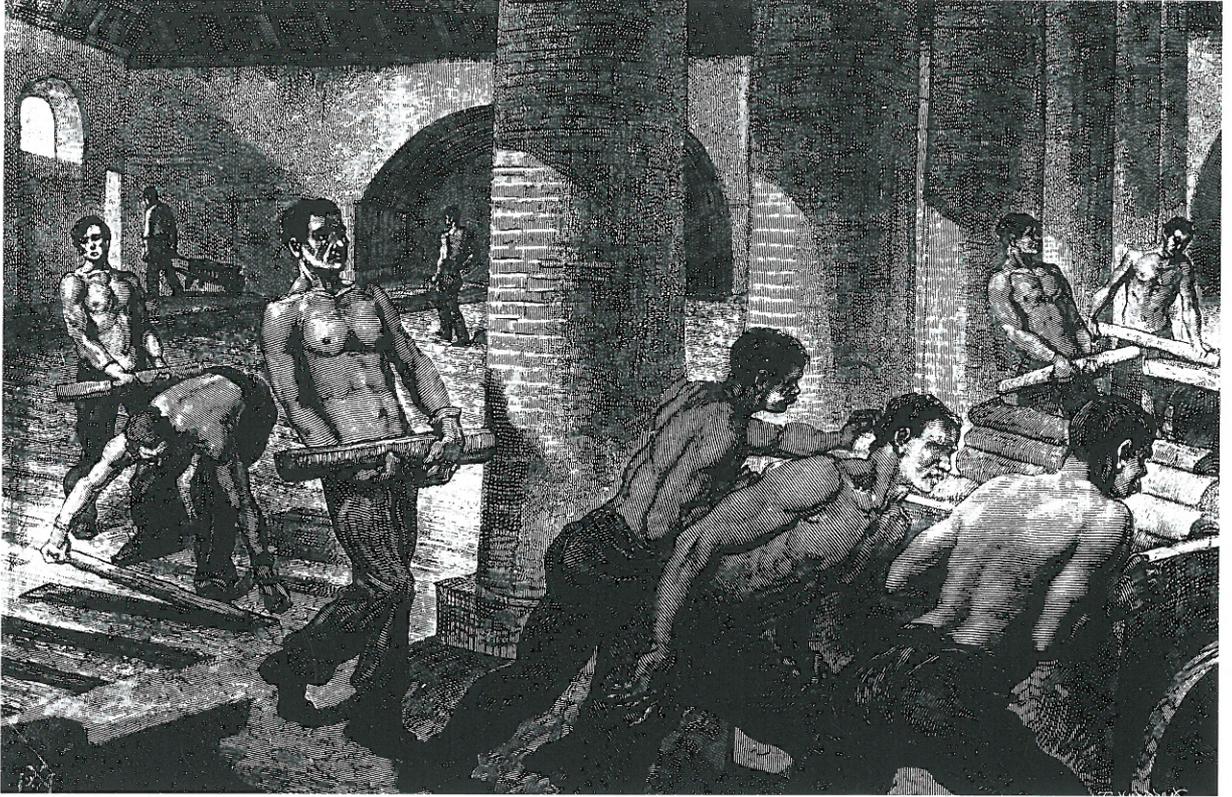


Fig. 9. Xavier Mellery (1845-1921)
 La halle de coulée aux usines de Couillet (vers 1880 ?)
 Gravure de Hildibrand (extrait de 6, p. 511).

Un autre groupe de trois hommes à droite pousse un chariot rempli vers le lieu de stockage, le personnage du milieu paraît faire un effort considérable en se servant de son épaule gauche pour exercer une poussée.

Tout au fond à gauche, un manœuvre conduit une

brouette vers l'extérieur, deux autres hommes qui chargent des gueuses sont visibles sur la droite du dessin.

L'atmosphère d'un tel hangar est très pénible : humidité (bien exprimée par Meunier sur l'œuvre précédente), poussières, chaleur.

Ce dernier facteur oblige les hommes à travailler le torse nu, ce qui permet à l'artiste quelques études du corps humain en mouvement.

(à suivre)

Fernand DEPRINCE

Licencié en Archéologie et Histoire de l'Art

MATIÈRES ET PRODUITS DU BASSIN MOSAN UTILISÉS À L'USINE DE LA PROVIDENCE À RÉHON

Les Forges de la Providence, nées à Marchienne-au-Pont dans les années 1830, ont créé des usines à l'étranger. Une **Association des Anciens de la Providence** entretient la mémoire du passé d'une de ces usines (les installations n'existent plus) à **Réhon (Meurthe-et-Moselle)**, près de Longwy, en activité de 1862 à 1987 : un ouvrage de 1996 est épuisé en librairie, mais encore disponible à l'Association (180 FF + port), qui draine toutes informations pour alimenter un livret à paraître prochainement. Nous invitons nos lecteurs à nous

fournir les renseignements qu'ils possèderaient en la matière. Pour fixer les idées, l'Association nous a signalé que du poudingue hutois a été utilisé à Réhon pour les hauts fourneaux; elle nous communique aussi quelques précisions sur des produits utilisés, parmi lesquels des équipements de chez COCKERILL.

La littérature hutoise spécialisée dans la sidérurgie signale souvent que le poudingue et l'arkose sont des pierres locales qui furent employées, e.a., pour la construction de fourneaux, mais elle est discrète sur la signification précise de

ces deux termes, désignant des minéraux assez proches.

Il s'agit de roches composées de débris divers, cimentés par la nature en conglomérats :

- des brèches (féminin) quand les composantes sont anguleuses,
- des poudingues quand les composantes sont arrondies (galets),
- des tillites quand les composantes sont anguleuses et arrondies,

le tout si les fragments représentent au moins 10 % de la roche et mesurent plus de 2 mm. Pour des frag-