

Fig. 1. — Vue générale de l'installation de défournement du coke.

Les grands travaux exécutés à la Division des Hauts Fourneaux des Usines d'Ougrée-Marihaye, à Ougrée.

Par MAURICE DERCLAYE,

INGÉNIEUR A. I. LG., DIRECTEUR DE LA DIVISION DES HAUTS
FOURNEAUX DE LA S. A. D'OUGRÉE-MARIHAYE, A OUGRÉE.

1926 à 1930

LES installations modernes de hauts fourneaux, qui tendent à produire des tonnages de plus en plus élevés, de l'ordre de 600 à 1.200 T. par 24 heures, doivent être conçues dans le but d'emmagasiner et de manutentionner rapidement et économiquement des quantités paral-

lèlement croissantes de combustible et de minerai.

Dans les installations anciennes, où la préparation des charges s'effectuait à la main sur le carreau même de l'usine, et où, après élévation au gueulard, elles étaient traînées et basculées dans le fourneau, de la même façon, il devint bientôt



impossible d'augmenter la production du fait de la difficulté d'avoir de la main-d'œuvre en suffisance. Ce furent les Américains qui résolurent le problème et trouvèrent les premiers, les moyens de réduire la main-d'œuvre au strict minimum en recourant à l'alimentation automatique des hauts fourneaux.

Nous avons indiqué dans le mémoire intitulé : « Les grands travaux exécutés à la division des Hauts Fourneaux de la Société d'Ougrée-Marihay » présenté en juin 1927 aux « Journées Sidérurgiques de Luxembourg » et publié dans la *Technique des Travaux* de la même année, comment, à Ougrée, nous avons résolu le problème d'emmagasinement et de reprise des minerais et des charbons.

Nous y avons minutieusement décrit d'une part les appareils de reprise des minerais hors des parcs pour les acheminer vers les vieux accus à minerais de consommation ou de préparation des charges et, d'autre part, les appareils de reprise, de dosage, de mélange, de broyage et de convoyage des charbons vers les tours de consommation situées à proximité des fours à coke.

Ces installations effectuées au cours des années 1923 à 1926 constituaient la première phase d'un vaste programme de reconstruction des usines suivant les procédés de la technique moderne.

Au cours des années 1926 à 1930, nous avons réalisé la deuxième phase en terminant la modernisation de la division des fours à coke par la construction de nouvelles batteries et en achevant celle de la division des hauts fourneaux par la construction de nouveaux accus de consommation, en perfectionnant les moyens de transport des charges au gueulard et en entreprenant la reconstruction des fourneaux suivant les derniers perfectionnements de la technique.

Dans le présent mémoire, nous nous proposons de décrire les moyens mis en œuvre pour réaliser cette seconde phase de notre programme.

I. Travaux exécutés à la Division des Fours à coke.

A. — BUT ET TRAVAIL DES FOURS A COKE.

Pour faciliter la compréhension du sujet, il n'est pas sans intérêt de définir le but et le travail des fours à coke.

On donne le nom de coke au résidu aggloméré provenant de la distillation de certaines houilles. Toutes les houilles ne conviennent pas pour la fabrication du coke; les houilles trop riches ou trop pauvres en matières volatiles ne donnent, en effet, qu'un résidu carbonisé, pulvérulent, impropre au travail du haut fourneau.

Le haut fourneau étant, en effet, un four vertical à cuve de grande hauteur, comme son nom l'indique, ne peut s'accommoder de matières premières à l'état pulvérulent. Le travail interne, qui doit s'effectuer, ne pourrait s'accomplir parce que les gaz qui doivent y circuler ne pourraient pénétrer dans une masse aussi compacte.

Pour pouvoir fonctionner, le fourneau exige que le combustible comme les minerais soient chargés dans un état physique déterminé, défini par leur grosseur plus ou moins grande, de façon à obtenir une perméabilité suffisante pour permettre la circulation des gaz réducteurs.

Pour qu'il y ait formation de coke, il est nécessaire que la houille se ramollisse sous l'action de la chaleur, fonde réellement de façon à ce que les fragments se soudent en une masse pâteuse qui se boursoufflera par la suite en laissant échapper les gaz de la distillation.

Seules donneront du coke, les houilles titrant de 18 à 25 % de matières volatiles, soit par elles-mêmes, soit en mélangeant des houilles à fortes teneurs en matières volatiles avec des houilles maigres.

La teneur la plus convenable varie de 20 à 21 % de matières volatiles.

La transformation de la houille en coke pour les usages métallurgiques a pris naissance en Angleterre et le mode de fabrication se basait sur la carbonisation en meules connue depuis des siècles pour la fabrication du charbon de bois.

L'essor industriel qui caractérise notre époque est basé sur l'utilisation des trésors que la nature a accumulés sous forme de houille; dans les siècles passés, l'extraction du fer et de ses minerais s'est pratiquée à l'aide du charbon de bois. Le fait que le fer et la houille sont aujourd'hui en relations si intimes, s'explique par cette circonstance que la plus grande partie de la production houillère est consommée pour la production de la fonte, grâce à l'invention anglaise imitant la carbonisation du bois.

Le principe de ce travail persista longtemps avec cette amélioration, la carbonisation se faisant dans des fours à ruches ou fours de boulangers qui, en réalité, ne sont que des meules vu que le chauffage de la houille, tout comme dans la meule, se fait de l'intérieur vers l'extérieur par la combustion d'une partie de la houille même.

Le développement moderne de la cokéfaction commence par la construction de fours à chambres dans lesquels la charge est chauffée de l'extérieur par des gaz de combustion circulant dans des carneaux de chauffage autour de la chambre de carbonisation.

Ces fours à chambres sont devenus les prototypes de tous les fours à coke modernes. Une batterie moderne de fours se compose d'une série de chambres prismatiques destinées à recevoir la charge de houille.

Entre les chambres voisines se trouvent des systèmes de carneaux de chauffage dans lesquels on brûle les gaz dégagés par la carbonisation même.

C'est grâce à ce type de fours qu'on a obtenu les premiers résultats d'utilisation des produits volatils dégagés de la houille pendant le processus de sa transformation en coke et auxquels on a donné le nom de sous-produits. Ces sous-produits étaient perdus dans le système de carbonisation en meules; à présent, ils sont récupérés, d'où le nom de fours à coke à récupération des sous-produits donné à ce type moderne de fours.

Par la fabrication du gaz d'éclairage qui constitue une opération analogue, on savait que les gaz dégagés pendant la carbonisation contenaient un certain nombre de produits susceptibles d'être récupérés, soit par refroidissement, soit par lavage, et au lieu de brûler les produits de la distillation tels quels, dans les carneaux de chauffage, on fit passer ces gaz dans des appareils de récupération et on créa des usines de récupération des sous-produits qui prirent une importance de plus en plus considérable depuis quelques décades.

Ce n'est seulement qu'après avoir dépouillé les gaz des produits condensables, qu'ils sont dirigés dans les carneaux de chauffage des fours.

Leur combustion s'y faisait à l'origine, par de l'air frais pris au milieu ambiant. Par la suite, les gaz chauds provenant de la combustion, ou fumées, au lieu d'être évacués dans l'atmosphère

après passage toutefois dans des chaudières pour en récupérer la chaleur sensible, furent dirigés au contraire dans des chambres à empilage réfractaire, placées sous les fours. Périodiquement, après échauffement des empilages, on interrompt le passage des fumées, on y fait circuler de l'air frais qui s'échauffe au contact du réfractaire. C'est cet air chaud qui sert de comburant au gaz de la distillation qui brûle dans les piedroits des fours. Le résultat en est une augmentation de la température de combustion, ou, à égalité de régime de température, une disponibilité en gaz qui constitue une économie, ce gaz en excès pouvant être employé à d'autres usages, comme celui du chauffage des fours d'aciéries, ou à la fabrication de l'ammoniaque synthétique.

De cette découverte est né le four à coke à sous-produits et à régénération de chaleur qui, non seulement, met à la disposition de l'industriel des sous-produits de grande valeur, mais aussi un excès de gaz à haut pouvoir calorifique.

La chaleur emportée par les fumées d'un four est l'une des causes de perte de calories les plus importantes; elle a de tout temps préoccupé les industriels. La récupération de cette chaleur est la science technique de l'utilisation la plus complète de la chaleur par le retour dans le laboratoire des calories emportées par les fumées.

La récupération est de toutes les méthodes d'économie celle qui a la plus grande place dans l'industrie. Elle s'est introduite dans l'industrie du coke par la coopération de la science et de la technique, toutes deux à la base de l'activité des ingénieurs.

La construction des fours à coke modernes, à récupération des sous-produits et à régénération de chaleur se rapproche, avons-nous dit, de la construction des anciens fours à chambres; la disposition verticale des carneaux dans les parois de chauffe, ou piedroits, est presque universellement adoptée.

Une batterie de fours se compose essentiellement d'une série de longues chambres prismatiques d'environ 10 à 12 m. de longueur, 3 à 4 m. de hauteur utile et de 0^m35 à 0^m45 de largeur, munies de parois de chauffe intermédiaires.

Les chambres de carbonisation sont fermées aux deux extrémités par des portes et ont, à la voûte, plusieurs ouvertures pour le chargement



de la houille et une pour l'évacuation des gaz produits au cours de la distillation.

L'opération de la carbonisation se produit donc en vase clos, grâce au chauffage extérieur par les piédroits. Ces derniers sont formés d'une série de carreaux verticaux dans lesquels les gaz de la distillation même, après récupération, viennent brûler au contact de l'air chauffé préalablement dans les régénérateurs. La chaleur dégagée chauffe progressivement la charge de houille introduite dans les chambres à une température voisine de 1.300 degrés et la transforme finalement en coke.

Dans ce processus de distillation sèche, toutes les matières volatiles sont expulsées; elles s'échappent à l'état de gaz ou de vapeurs et collectées dans un tuyau appelé barillet, elles sont acheminées vers les installations de récupération où, après avoir cédé leurs constituants utilisables, elles sont ramenées en partie aux fours et utilisées comme indiqué ci-dessus au chauffage des chambres. La partie en excès est dirigée vers d'autres points de consommation.

Pendant une première période, les gaz brûlés ou fumées échauffent les empilages réfractaires des régénérateurs qui cèdent pendant une deuxième période la chaleur emmagasinée à l'air frais qui les traversent en sens inverse avant de coopérer à la combustion.

Les régénérateurs sont doubles et les passages alternatifs des fumées chaudes et de l'air froid sont réglés à l'aide de vannes d'inversion: l'un des régénérateurs est en période de chauffage pendant que le second est en période de refroidissement, afin d'assurer la continuité de la combustion du gaz dans les piédroits par de l'air chaud.

Nous avons vu que les meilleurs charbons à coke doivent avoir une teneur en matières volatiles comprise entre 20 et 22 %. Au surplus, la teneur en cendres ne doit pas dépasser 8 à 9 % et la teneur en humidité ne pas dépasser 10 %.

Une tonne de charbon enfourné produira environ 750 kgs de coke et donnera en moyenne 300 m³ de gaz brut contenant les sous-produits: goudrons, ammoniacque et benzols.

Préalablement à leur enfournement, les charbons subissent une préparation mécanique; ils sont mélangés, broyés et convoyés aux tours à

charbon installés près des fours à coke. La description de cette préparation a fait l'objet d'une étude précédente et que nous avons rappelée au début de cet article.

Le but de cette préparation est l'obtention d'un coke métallurgique de première qualité répondant aux exigences du travail au haut fourneau, à texture homogène, dur et sonore.

Le charbon préparé est soutiré des tours à charbon dans des wagons spéciaux appelés coal-carr comprenant 3 à 4 cuves cylindriques à fond mobile, correspondant aux 3 ou 4 ouvertures pratiquées dans la voûte de la chambre de carbonisation des fours. La charge du coal-carr est déversée dans le four par ces ouvertures puis nivelée. Après chargement, les ouvertures sont obturées par des tampons en fonte lutés à l'argile; puis le four est raccordé sur le barillet.

Les gaz qui distillent aussitôt après enfournement s'échappent par une colonne montante fixée dans une dernière ouverture pratiquée dans la voûte. Cette colonne est raccordée au barillet par un coude; on y dirige les gaz et le barillet les véhicule avec les gaz des autres chambres jusqu'à la conduite qui les achemine vers l'usine de récupération.

Chaque chambre est en communication avec ce barillet et peut en être momentanément isolée au moyen de vanne pendant les périodes d'enfournement et de défournement.

Après une cuisson de 16 à 22 heures, la charge de charbon est transformée en coke. On procède alors à son défournement; pour ce faire, le four est isolé du barillet; les portes sont levées, une machine dite défourneuse pousse le saumon de coke hors du four. A la sortie du four, le saumon s'étale sur une aire de défournement inclinée, on l'éteint aussitôt et il est prêt à être chargé dans des wagons qui le véhiculeront aux hauts fourneaux.

Les gaz qui affluent dans le barillet sont aspirés vers l'usine à récupération par des extracteurs et sont préalablement refroidis dans des condenseurs à eau.

Les goudrons et les eaux ammoniacales se condensent et sont recueillis dans une citerne de décantation où le goudron est séparé des eaux ammoniacales. Les gaz sont ensuite dénaphthalinés



puis passent dans l'atelier de sulfatation. On les y fait barboter dans un saturateur doublé de plomb et rempli d'acide sulfurique où l'ammoniaque contenu dans les gaz se combine à l'acide pour former du sulfate d'ammoniaque que l'on soutire du bain, égoutte, essore et envoie au magasin à sulfate: ce sulfate constitue un excellent engrais.

Les eaux ammoniacales provenant de la condensation des gaz sont distillées dans des colonnes à plateaux par de la vapeur vive; l'ammoniaque dégagé est renvoyé dans le saturateur, où il se combine à l'acide sulfurique et se transforme en sulfate.

Les gaz débarrassés de l'ammoniaque sont alors refroidis dans des réfrigérants et passent ensuite dans des laveurs à huile lourde de goudron qui circule en sens inverse du courant gazeux. L'huile emporte les benzols contenus dans les gaz; ces derniers, à présent débarrassés des goudrons, de la naphthaline, de l'ammoniaque et des benzols, sont refoulés en partie vers les fours à coke, où ils vont brûler dans les piédroits pour effectuer la carbonisation de la houille et en partie vers d'autres points d'utilisation: aciérie, usine à ammoniaque synthétique, etc.

Le cycle est alors terminé.

Voyons maintenant comment sont traités les sous-produits récoltés par le traitement des gaz et comment ils sont transformés en produits de grande valeur:

Fabrication du sulfate d'ammoniaque. — Nous avons déjà expliqué comment les gaz bruts débarrassés des goudrons et chargés d'ammoniaque barbotent dans un bain d'acide sulfurique pour produire du sulfate vendu comme engrais.

Fabrication des benzols. — Les huiles lourdes benzolées passent dans différents échangeurs et réchauffeurs et sont distillées dans des colonnes à plateaux. L'huile légère contenant les benzols est distillée dans des alambics et donne des benzols bruts qui sont rectifiés après purification par des lavages à l'acide, à la soude et à l'eau.

On obtient finalement la série des produits commerciaux suivants:

- 1) Benzol auto employé pour les moteurs, tracteurs et automobiles.
- 2) Benzol 50 % employé dans les industries

chimiques pour la fabrication des explosifs, des matières colorantes, des vernis, des parfums synthétiques et du caoutchouc.

3) Benzol 90 % dont les usages sont semblables à ceux du produit précédent.

4) Toluol 90 %. Mêmes usages.

5) Xylol 90 %, utilisé dans les industries chimiques et particulièrement pour le dégraissage.

6) Solvant Naphta, utilisé dans les industries chimiques et particulièrement pour le dégraissage.

7) Produits intermédiaires pour moteurs industriels.

8) Huiles de pyridine et phénolées.

Traitement des goudrons. — Les goudrons sont décantés, déshydratés et distillés dans des alambics. Cette distillation donne les fractionnements suivants:

1) Des huiles légères traitées comme les huiles légères de débenzolage.

2) Des huiles moyennes pour phénols et crésols.

3) Des huiles lourdes donnant des huiles de débenzolage et de la naphthaline, employée dans les industries chimiques, matières colorantes, explosifs et carburant.

4) Des huiles anthracéniques fournissant l'anthracène utilisée dans l'industrie des matières colorantes et les huiles vertes.

5) Des huiles de créosote utilisées pour l'imprégnation des bois.

6) Enfin le brai servant à l'asphaltage et la fabrication des briquettes et agglomérés.

On peut également préparer les vernis et les huiles de graissage par le traitement approprié de certains de ces produits, principalement de ceux provenant de la récupération des benzols et de la distillation des goudrons.

B. — MODE DE CHAUFFAGE DES FOURS.

Nos fours sont du système Koppers à régénérateurs individuels et à chauffage combiné dont l'avantage principal réside dans le fait que chaque four d'une batterie constitue une entité et peut être chauffé séparément, soit par le gaz de distillation, soit par le gaz pauvre de haut fourneau.

Il en résulte que le chauffage peut être adapté



à la quantité de gaz pauvre disponible que l'on admet dans un certain nombre de fours, alors que les autres fours continuent à fonctionner au gaz de fours à coke.

A cet effet, la batterie est pourvue de deux tuyauteries à gaz de chauffage, l'une C à gaz riche et l'autre K à gaz pauvre. (Voir plan 2.)

Le fonctionnement des fours Koppers à chauffage combiné ou compound, pour chauffage au gaz riche seulement, s'effectue comme suit :

Notons, au préalable, que les fours sont divisés en deux parties bien distinctes, fonctionnant individuellement, l'une alimentée à l'avant et l'autre à l'arrière.

L'air de combustion arrive par les pièces coudées (A) pour entrer par l'orifice de gauche (1) du canal jumelé placé sous les régénérateurs (B). Voir la coupe du canal jumelé au centre du plan (2). Ce canal n'est pas cloisonné en son milieu et l'air pénètre jusqu'au fond du canal à l'extrémité duquel il rencontre des ouvertures qui mettent ce dernier en communication avec celui qui lui est adossé. Celui-ci, par contre, est cloisonné en son milieu et la voûte en est percée de multiples orifices, empruntés par l'air.

Par ces orifices, l'air entre dans la seconde moitié des régénérateurs, cloisonnés également en leur milieu; il se réchauffe au contact des empilages jusqu'à la température de 1.000 degrés et, en s'élevant, arrive à la voûte des régénérateurs.

Le gaz riche combustible est amené par la tuyauterie à gaz (C) et les tubes d'embranchement les conduisent à deux carneaux jumelés de distribution (D), le premier de droite pénétrant dans la première moitié seulement des fours et le second jusqu'au fond de la seconde moitié.

De ces conduits, le gaz est distribué uniformément aux tuyères calibrées disposées le long du conduit de droite depuis son origine et le long du conduit de gauche, à partir seulement de son milieu jusqu'à son extrémité.

Les tuyères du conduit de gauche distribuent le gaz en face des orifices (E) d'amenée de l'air chaud de la seconde moitié des régénérateurs, et ce dernier entre en combustion.

L'admission du gaz de combustion est réglée par des robinets placés sur les embranchements des fours avec la tuyauterie à gaz (G). Le gaz est ainsi distribué à chaque four individuellement

dans la proportion convenable à ce four propre.

Le gaz brûlé pénètre dans 14 à 16 carneaux verticaux de la seconde moitié du four correspondant à la deuxième moitié des régénérateurs sous-jacents.

Les produits de la combustion montent dans les carneaux de la seconde moitié des piédroits (F), passent par le canal collecteur supérieur H qui court tout le long de la tête et redescendent ensuite par les premières moitiés des piédroits pour pénétrer dans la partie supérieure de la première moitié des régénérateurs, par des orifices de communication (E).

Après avoir transmis leurs chaleurs sensibles aux empilages, les fumées sortent par le canal de gauche (2) des carneaux jumelés situés sous les régénérateurs, grâce aux orifices pratiqués dans la voûte de ce canal dans la première moitié de sa longueur et de là, par les pièces coudées (A) dans les carneaux à la cheminée (G).

Après un chauffage d'une demi-heure, la direction du courant d'air froid et des fumées est inversée à l'aide de l'appareil d'inversion installé à l'extrémité de tête de la batterie.

Cet appareil inverse simultanément les registres d'admission d'air et de départ des fumées dans les carneaux jumelés placés sous les régénérateurs.

L'air, au lieu d'entrer dans le canal jumelé de gauche par le clapet supérieur ouvert de la pièce coudée (A) dont la soupape à fumée était fermée, entre, par suite de l'inversion par le canal de droite dont la soupape à fumées de la pièce coudée (A) correspondante vient de se fermer et le clapet d'admission d'air vient de s'ouvrir.

L'air arrivant par le canal de droite doit pénétrer jusqu'au milieu, c'est-à-dire dans la première moitié des régénérateurs, le canal étant cloisonné en son milieu. Il s'élève dans les régénérateurs par les orifices pratiqués dans la voûte du canal, traverse ceux-ci et arrive à la naissance des piédroits, par les orifices (E) pratiqués dans la voûte, par où, à l'instant précédant l'inversion, on évacuait les fumées.

L'air chaud arrive ainsi à la naissance des piédroits, où il rencontre le gaz venu par le collecteur de droite, qui n'est pourvu de distributeurs que sur la première moitié des fours. Le gaz s'allume et brûle, monte dans la première moitié



des piédroits pour atteindre le collecteur unique supérieur H.

Les fumées courent tout le long de ce collecteur jusqu'à l'arrière et sont ramenées dans les carneaux des piédroits de la seconde moitié qu'elles parcourent en descendant pour s'engouffrer dans les secondes moitiés des régénérateurs (D) et les parcourir obliquement pour trouver la seule issue possible dans la voûte du canal de droite du carneau jumelé sous-jacent. Ce canal étant cloisonné, mais communiquant par des ouvertures latérales avec le canal de gauche qui donne directement accès à la pièce coudée (A), les fumées suivent cette trajectoire et passent au carneau à la cheminée, la soupape à fumée de la pièce coudée étant ouverte et son clapet d'air fermé.

La quantité d'air nécessaire à chaque four individuellement est réglée exactement par étranglement de la section de passage de l'air à travers les clapets.

Le courant de gaz de chauffage est en outre réglé, dans son passage dans les carneaux des piédroits, par l'ajustage de briques réfractaires (E) aménagées dans le collecteur horizontal des têtes de fours et qui peuvent être manipulées facilement à travers des ouvertures J pratiquées dans la couverture des fours.

Pour le chauffage au gaz pauvre dont le pouvoir calorifique n'est que de 900 calories au lieu de 4.000 pour le gaz riche, on est obligé, pour obtenir la même température de régime nécessaire à la marche des fours, de réchauffer le gaz aussi bien que l'air de combustion :

Dans ce cas, on fait usage de deux régénérateurs, dont l'un sert au réchauffage de l'air et le second au réchauffage du gaz.

Ainsi, un régénérateur sur deux sert au chauffage du gaz et le contigu au chauffage de l'air.

Le mouvement de l'air a lieu comme dans le cas précédent. Celui du gaz, pris individuellement, marche d'une façon identique dans les régénérateurs et conduits marqués: A₁, B₁, C₁, D₁. (Voir plan N° 2.)

Après échauffement dans les régénérateurs (B₁), il pénètre par les brûleurs (E₁) dans les carneaux (F), tandis que l'air arrive par les orifices (E) placés en face. A la sortie, les fumées se répartissent dans les deux registres contigus par

ces mêmes orifices qui les départagent.

On travaille sur deux régénérateurs contigus simultanément au lieu de travailler sur chacun en particulier, comme dans le cas précédent.

Régularité de chauffage. — Pour que le rendement de la cokéfaction soit maximum, il faut, pour un charbon donné, réaliser un chauffage tel que tout le plan médian du saumon arrive à être cokéfié en même temps, sans produire ni incuits, ni surchauffe et ce dans le temps minimum.

La surchauffe du saumon provoque la formation de petits cokes et rend les défournements pénibles et longs.

En augmentant la hauteur des fours, ce qui est la tendance actuelle, la régularité de chauffage devient plus difficile à réaliser et les constructeurs cherchent différents moyens plus ou moins compliqués pour y parvenir. Les voici :

1) Par combustion étagée avec air en excès aux premiers brûleurs et addition de gaz supplémentaire sur la longueur du parcours des fluides de chauffage.

2) Par combustion étagée avec admission de gaz en excès aux brûleurs et ajoute d'air supplémentaire sur la hauteur des carneaux.

3) Par combustion complète avec brûleurs décalés sur la hauteur des carneaux conjugués.

4) Par réduction vers le haut de la largeur de la chambre de cokéfaction.

De ces quatre systèmes, l'un des meilleurs semble être le premier parce qu'il supprime toute la zone de chauffage dangereuse par excès d'air au début du circuit et ensuite par un mélange de gaz brûlé dans l'air comburant, abaissant ainsi la température de combustion vers 1.300 degrés.

Dans ce système, la quantité de fluide de transmission est plus grande, d'où facilité d'échange et régularité.

Dans le deuxième système, on éprouve des difficultés dans le réglage.

La troisième disposition présente l'inconvénient d'avoir des carneaux à gaz frais, trop longs et placés à des endroits à haute température, ce qui peut produire des graphitages dangereux.

Le quatrième moyen, celui de Koppers, c'est-à-dire de nos fours, réalise simplement la cuisson uniforme dans toutes les zones de la chambre de cokéfaction. La conséquence immédiate est le trai-

tement d'un tonnage très élevé dans un laps de temps réduit.

Ceci est d'une grande importance. En effet, les résultats que l'on doit atteindre dans une batterie moderne de fours à coke, en dehors des qualités des sous-produits recueillis et de la quantité de gaz disponible, sont :

1) Un rendement maximum en coke, c'est-à-dire une production maximum de coke avec une installation donnée et dans le minimum de temps.

2) Une consommation minima de gaz pour le maximum de gaz en vue de son utilisation en chauffage, autrement dit, la mise à disposition au dehors de la batterie, soit à des usages métallurgiques, soit à des usages chimiques.

Le gaz disponible est utilisé avantageusement au chauffage des fours, à l'éclairage des villes. On en extrait aussi l'hydrogène en vue de la fabrication de l'ammoniaque synthétique et de l'éthylène en vue de la fabrication de l'alcool.

3) Une stabilité parfaite de la batterie pour assurer une exploitation de longue durée.

Sous ce rapport, nos fours sont des modèles. Voici, en effet, les résultats obtenus comme rendement et comme garantie fonctionnelles.

En dehors d'une batterie G de 68 fours, mise en activité en 1926 et dont nous avons fait mention dans notre précédent mémoire, nous possédons deux nouvelles batteries Koppers respectivement de 33 et de 50 fours.

Les chambres de ces derniers fours ont les dimensions suivantes :

Hauteur sous clef	4,00 m.
Largeur moyenne	0,40 m.
Longueur utile	11,60 m.

La batterie de 50 fours est capable de carboniser 900 T. de charbon sec en 24 heures. Cette carbonisation est atteinte en marche industrielle normale avec une durée maximum d'opération : cuisson et manœuvres, de 16 heures, en admettant un poids de charbon de 700 kgs au m³ et une qualité de charbon pouvant contenir jusqu'à 10 % d'eau.

L'enfournement précité correspond à une production journalière de 680 T. de coke à 3 % d'eau, le rendement en coke étant compté à 70 % sur charbon humide.

Enfournement horaire total garanti : 37,50 T. de charbon.

Production horaire totale garantie : 28,33 T. de coke.

Cela correspond à un enfournement journalier par four de 18 T. de charbon et à production journalière par four de 13,6 T. de coke.

En réalité, la garantie a été dépassée et l'enfournement a atteint le chiffre de 20,3 T. de charbon, par jour et par four. La production de coke par homme atteint pour les deux batteries réunies le chiffre de 32 T.

Pour le chauffage des fours à pleine production, la consommation calorifique par tonne de charbon à 10 % d'humidité ne dépasse pas 539.000 calories.

C. — CONSTRUCTION DES FOURS.

Nos fours sont construits en briques Silice. La brique silice présente sur la brique silico-alumineuse des avantages considérables, dont les principaux sont une plus grande résistance aux températures élevées, une plus grande conductibilité thermique et une parfaite résistance à l'attaque des sels alcalins contenus dans les charbons.

Voici les caractéristiques d'une brique Silice de première qualité :

Analyse chimique : SiO ₂ (Silice)	95,11
CaO (Alumine)	0,37
Al ₂ O ₃ (Chaux)	2,78
MgO (Magnésie)	0,10
TiO ₂ (Oxyde Titane)	0,38
F ₂ O ₃ (Oxyde de fer)	0,69
K ₂ O (Potasse)	0,08

Densité = 2,31. Poids volumétrique = 1,90
Porosité = 17,8.

Essai de ramollissement sous charge de 1 kg. par cm² : ramollissement naissant à la température de 1.660 degrés ; affaissement à la température de 1.685 degrés (température intérieure), la température extérieure étant plus élevée.

Dilatation supplémentaire après chauffage pendant 4 heures à 1.550 degrés : allongement linéaire pour cent = 0,2.

Garanties de durée des fours et de bon fonctionnement. — Une des conditions primordiales



que doit remplir un four à coke est la stabilité. Cette stabilité dépend essentiellement de celle des fondations. Or, ces fondations, outre les carneaux et les galeries de circulation des gaz, contiennent aussi les régénérateurs de chaleur.

Il faut nécessairement que ces constructions sous-jacentes soient particulièrement établies d'une façon solide et que, par suite de leur dilatation, lors du chauffage, elles ne puissent pas altérer la solidité des fours qu'elles supportent.

La solidité du four proprement dit dépend de celle du piedroit.

La construction des parois des carneaux de chauffage est réalisé à l'aide de briques à emboîtement et à tenons et mortaises de façon à constituer par l'encastrement des briques et des plans de mur, un ensemble formant bloc.

Dans les fours Koppers, le principe spécial de chauffage suivant lequel une moitié des piedroits est chauffée en montant et l'autre moitié en descendant, permet de séparer les espaces dans lesquels règnent des pressions différentes, par des parois étanches, ce qui présente un avantage que ne possèdent pas les fours dans lesquels l'inversion des courants gazeux se fait dans des carneaux jumelés ou à épingles à cheveux.

Dans le four Koppers, il n'y a qu'une seule colonne montante répartie en plusieurs filets et de même une seule colonne descendante; mais il n'y a qu'une seule cloison de part et d'autre de laquelle règnent des pressions différentes, tandis que dans les autres fours il y a une multitude de ces cloisons où les courants gazeux contraires et de pressions différentes sont juxtaposés.

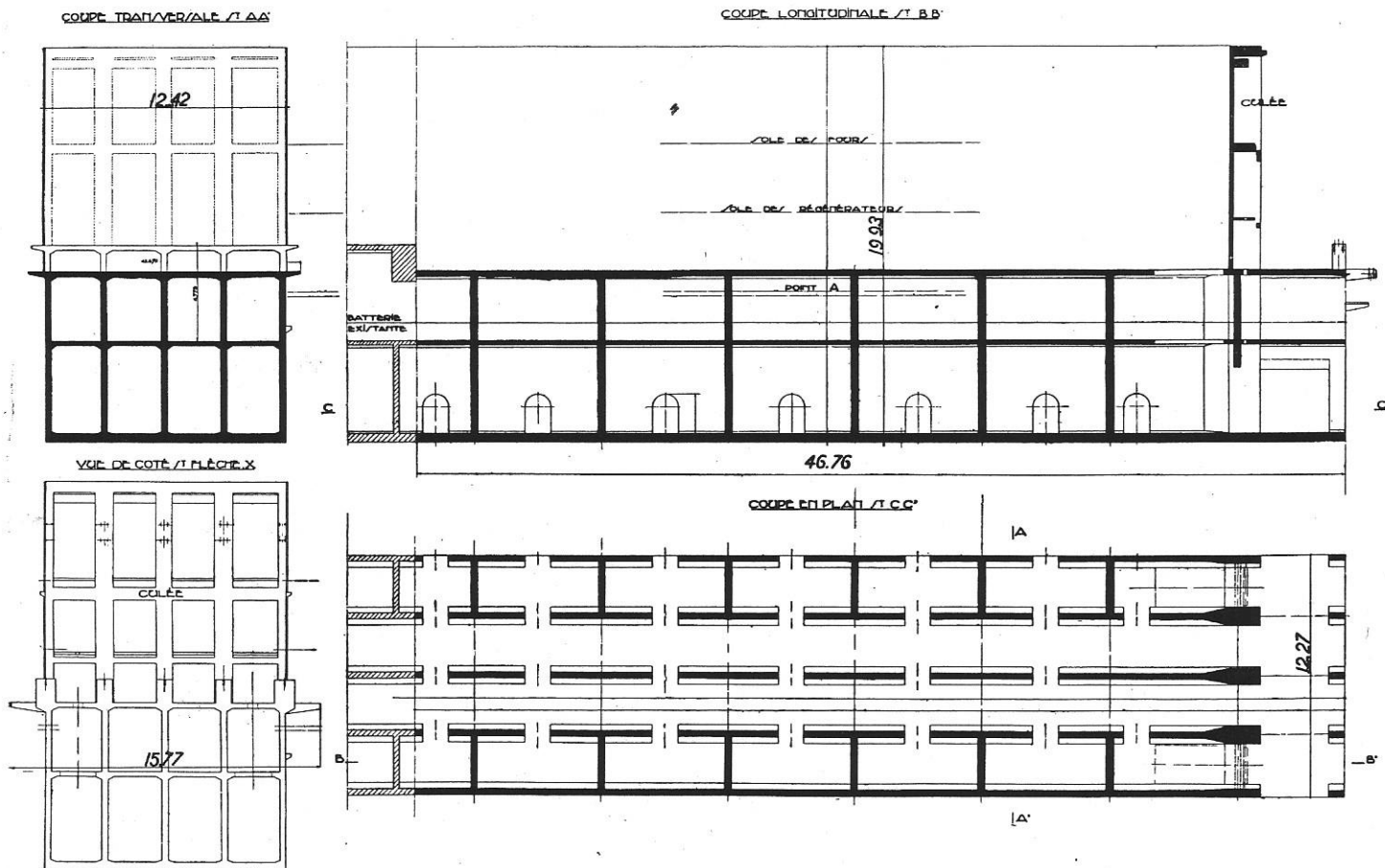


Fig. 3. — Coupes et plans de la dalle et des culées.





La moindre fissure dans les parois de séparation de ce genre des fours produira inévitablement un repassage de gaz dans le régénérateur parcouru par les fumées.

De plus, l'aménagement des régénérateurs dans l'axe longitudinal des chambres de distillation, comme dans les fours Koppers, permet le passage direct des fumées, des piédroits de chauffage aux régénérateurs, ce qui procure une alimentation parfaitement uniforme en air et en gaz dans les carneaux de chauffage et, par suite, une uniformité parfaite du chauffage des chambres de cokéfaction.

Au surplus, les régénérateurs peuvent être ouverts facilement en enlevant les parois de face et les empilages peuvent être enlevés et nettoyés au besoin.

Les carneaux de chauffage et par suite les registres d'admission d'air et de tirage sont accessibles du haut du massif de la batterie. Ce réglage de chaque four individuellement s'effectue au moyen de briques réglables placées sur chaque carneau individuel et déplaçable.

Chaque four est séparé de son voisin par un joint de dilatation rempli de brai et dont le rôle est de se resserrer sous l'effet de la chaleur lors de la mise à feu, après expulsion du brai.

Mais pour qu'un joint de dilatation remplisse son rôle, il faut que les abouts de la batterie soient encastrés de telle façon que lors de la dilatation, les joints se referment, sinon la batterie glisse sur sa fondation et les joints s'ouvrent davantage. Il peut en résulter de graves inconvénients, comme la dislocation des chambres et celle des piédroits: d'où nécessité de grosses réparations et repassage des gaz dans les carneaux à fumées qui se traduit par une consommation anormale de gaz par tonne de charbon.

Dans les constructions nouvelles, les ancrages d'about en poutrelles sont remplacés par de puissantes culées en béton armé dont les racines font corps avec la dalle sous fours et dont les têtes sont réunies par 6 tirants de fortes dimensions, dont 4 seulement suffisent pour résister à l'effort exigé de 400 T. Les culées sont calculées pour le même effort; le plan (3) donne une coupe à travers la dalle et les culées. Pour que les efforts se répartissent doucement sur les

culées, lors de la mise en chauffage, on interpose entre celles-ci et les maçonneries de la batterie un mur de 6 cm. fait de briques calorifugées et tendres. Ces culées ont parfaitement fait leurs preuves en résistant et en obligeant les joints de dilatation à se resserrer. (Voir photos 4, 5, et 6.)

Au point de vue construction, la dalle sous les fours Koppers forme un cadre multicellulaire composé de cinq cloisons verticales (voir fig. 3) un radier, un plancher raidisseur intermédiaire et la dalle sous les fours proprement dit. La hauteur totale de cette construction est de 9^m80, sans compter les culées qui s'élèvent encore de 10 m. au-dessus de ce niveau. Ces culées sont réunies à leur base par des armatures longitudinales noyées dans le béton de la dalle et à leur tête par six tirants de 60 mm. de diamètre. Leur mission est d'empêcher le glissement des maçonneries lors de la dilatation des fours.

La dalle supérieure est également fortement armée dans le sens transversal, afin de pouvoir absorber les efforts de dilatation dans ce sens, évalués à 60 % du poids de la construction.

La dalle inférieure forme radier et transmet les pressions au terrain. Le taux maximum adopté a été de 2,2 kgs par cm². La construction multicellulaire a permis la réalisation de magasins sous les fours.

Les deux quais de roulement de la défourneuse et du coke-carr sont des constructions du type habituel. Ils sont réalisés par des portiques sur semelles de fondations supportant les poutres de roulement et les planchers de service.

Le quai de la défourneuse est très haut, 11 m. au-dessus de la ligne du Nord-Belge et possède un plancher intermédiaire calculé pour une surcharge de 1.000 kgs: m². Les portiques sont prévus pour résister aux poussées pouvant se produire lors du défournement par cabrage de la défourneuse et estimées à 40 T.

Le quai du coke-carr n'offre aucune particularité, sauf le garage, qui est entièrement en encorbellement. Cette disposition a dû être adoptée, afin de ne pas couper les voies principales de l'usine.

Le tableau récapitulatif ci-joint donne tous les renseignements concernant les quantités de matériaux mis en œuvre pour l'exécution d'une tour à

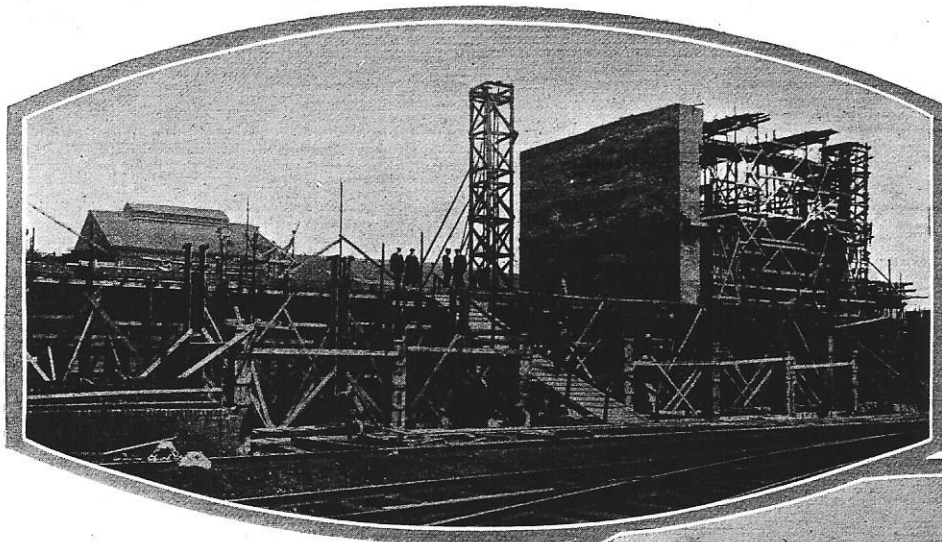


Fig. 4.
*Construction de la dalle
des fours et des culées.*

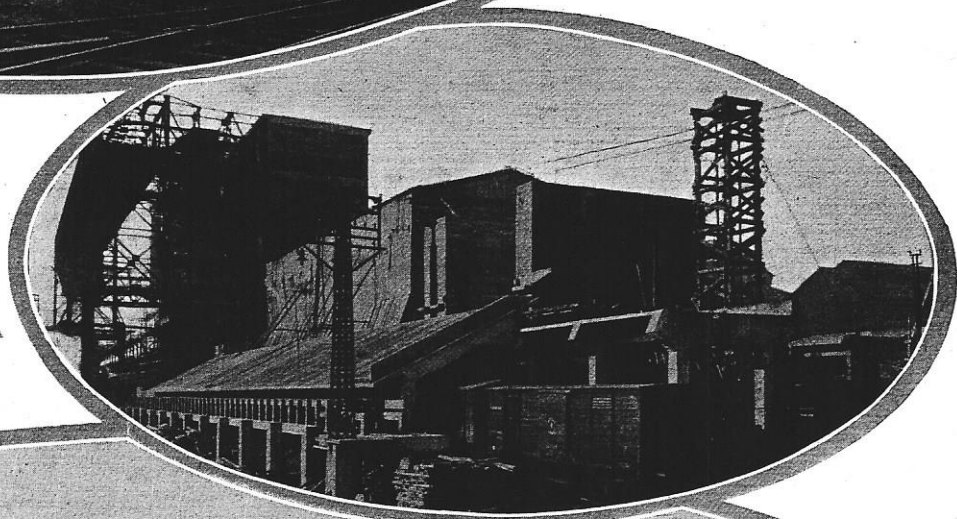


Fig. 5.
*Vue des culées d'une batterie
d'essais de 6 fours à coke.*

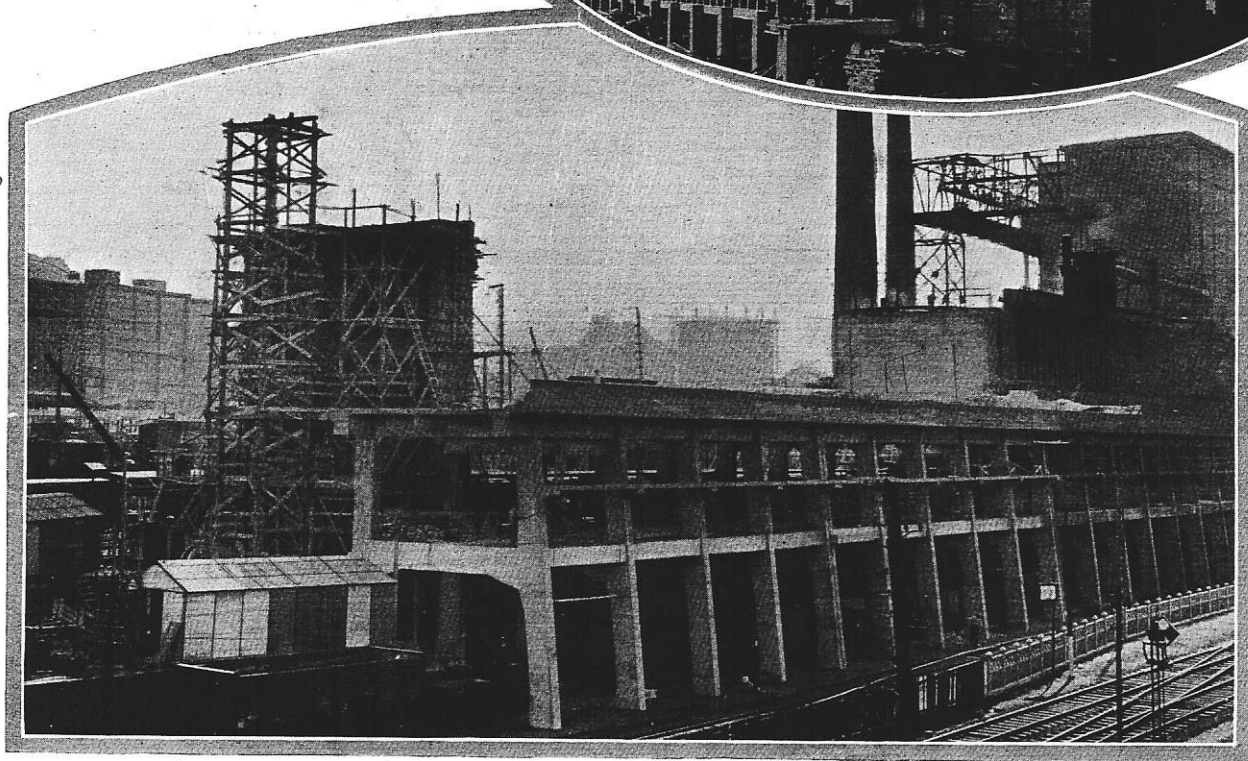


Fig. 6. — *Construction du quai de la défourneuse et des culées de la dalle de fours.*



charbon de 1.200 T. et l'exécution de la dalle sous 50 fours Koppers avec ses deux culées, du quai de la défourneuse et du quai du coke-carr avec garage.

La composition du béton au m³ est la suivante :
 Ciment Portland = 400 kgs.
 Plaquettes de laitier 5/20. . = 800 litres.
 Laitier granulé broyé . . . = 400 litres.

Tableau des matériaux mis en œuvre.

	Cubes de béton M ³	Maçonnerie M ³	Cimentage M ²	Aciers T	Châssis fenêtre M ²
Quai du coke-carr . .	1595	—	600	146	—
Dalle sous fours . . .	495	—	—	74	—
Quai défourneuse . . .	370	—	—	45	—
Tour à charbon	950	160	730	160	100
	3410	160	1330	425	100

cote de 32 m., depuis la tour de départ de la préparation centrale des charbons jusqu'aux diverses tours installées à proximité des fours.

Les charbons préparés sont convoyés dans des bennes automatiques à clapets de 42 hectolitres de contenance, correspondant à une charge de 3.120 kgs. Ces bennes sont suspendues à un monorail électrique accroché à un pont de service enjambant tous les obstacles de l'usine, à la hauteur de 32 m., qui correspond au niveau supérieur des tours à charbon. Elles déversent automatiquement leur contenu dans ces tours.

Ces dernières sont au nombre de deux: la première fut mise en service en janvier 1926 pour l'alimentation de la batterie Solvay, mise en marche à cette date. Elle sert, en 1928, à l'alimentation d'une nouvelle batterie Koppers, sa

Tous ces travaux en béton pour la nouvelle batterie Koppers de 50 fours exécutés en 1929, comme ceux de la première batterie Koppers de 33 fours exécutés en 1927, l'ont été par la Compagnie Internationale des pieux armés Frankignoul. Les dalles et les quais ont été exécutés en 75 jours ouvrables et la tour en 150 jours, à notre entière satisfaction tant au point de vue rapidité qu'au point de vue de la mise en œuvre parfaite et consciencieuse.

D. — MANUTENTION DU DU CHARBON ET DU COKE.

Dans notre précédent mémoire, nous avons montré comment les charbons sont transportés par dessus l'usine, à la

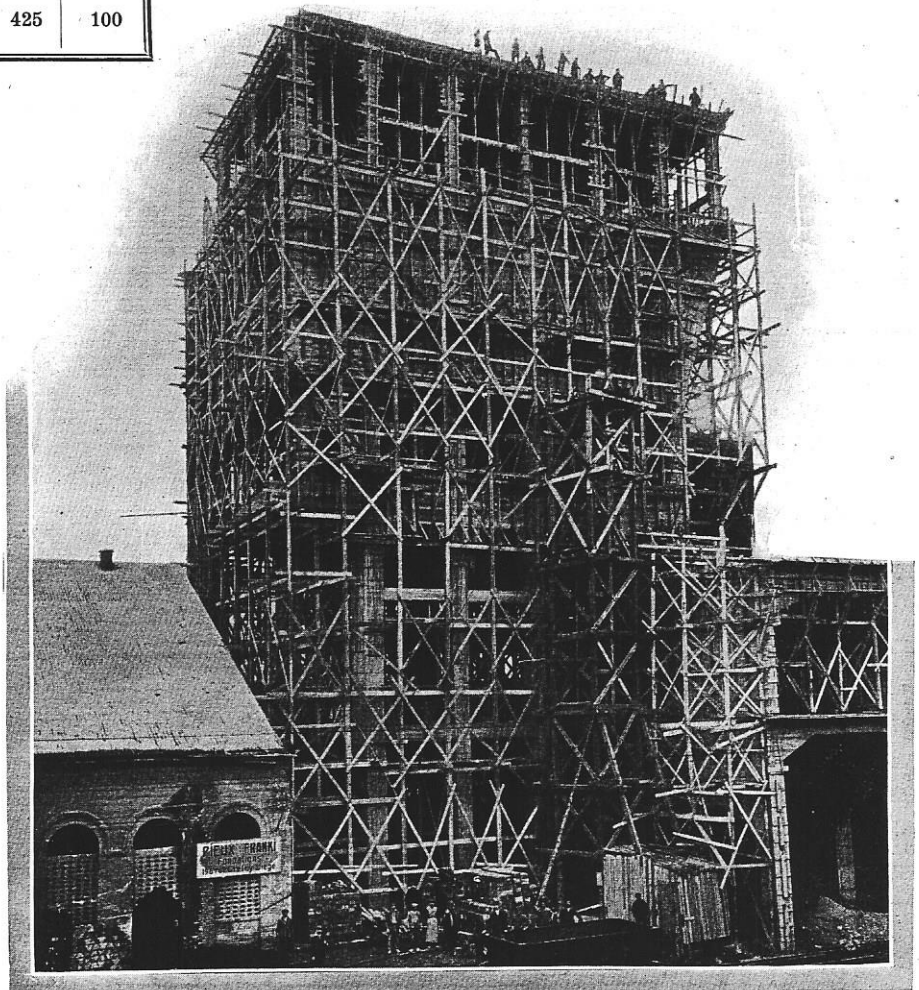


Fig. 7.

La tour à charbon en construction.

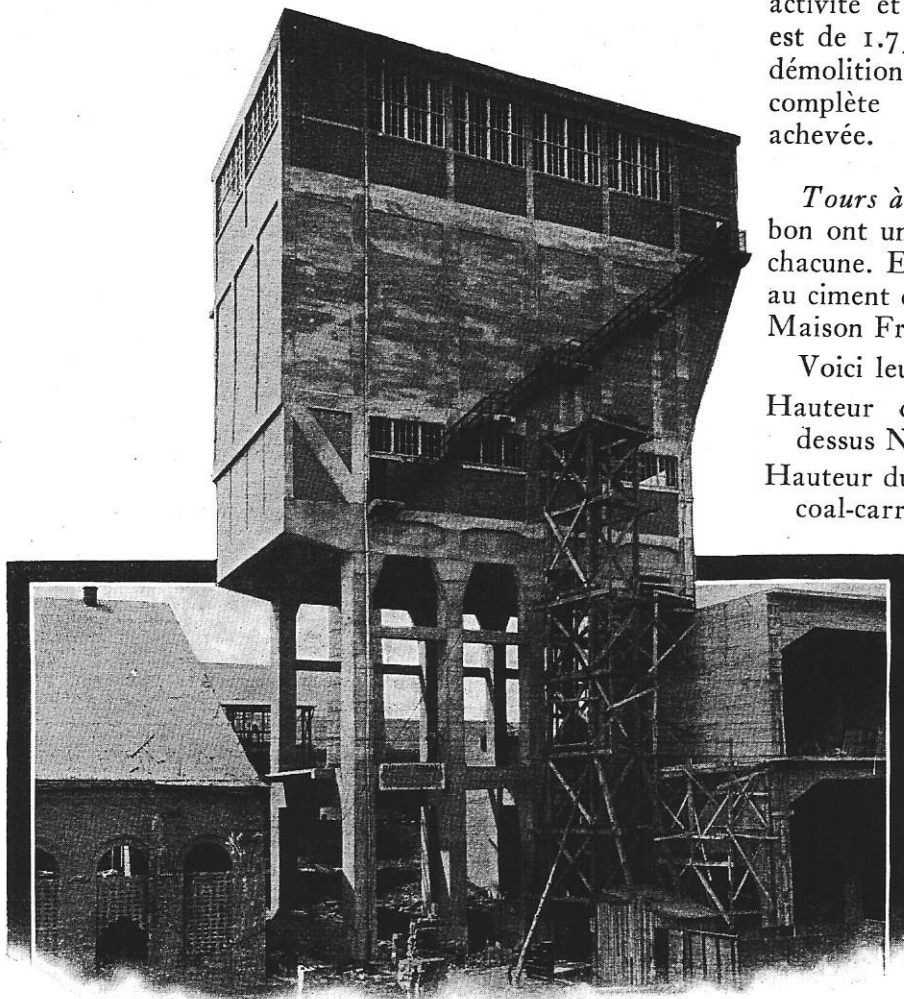


Fig. 8. — La tour à charbon terminée.

capacité de 1.200 T. de charbon préparé étant largement suffisante.

En mai 1930, nous avons mis en activité une seconde batterie Koppers en remplacement d'une batterie Coppée sans régénération et d'une batterie Eloy arrivée à son terme d'existence.

La première tour devenant insuffisante, nous en avons construit une seconde en avant de la batterie Solvay et qui sert depuis mai 1930 à l'alimentation de cette dernière, tandis que la première en date est utilisée uniquement pour l'alimentation des deux batteries Koppers.

Ces trois dernières batteries sont seules en

activité et leur capacité de production totale est de 1.750 T. Les vieilles batteries sont en démolition et, de cette façon, la modernisation complète de la division fours à coke est achevée.

Tours à charbon. — Les deux tours à charbon ont une capacité de 1.200 T. de charbon chacune. Elles sont construites en béton armé au ciment de laitier et ont été exécutées par la Maison Franki de Liège. (Fig. 7 et 8.)

Voici leurs dimensions principales:

Hauteur du premier plancher au-dessus Nord-Belge	9 ^m 10
Hauteur du plancher de roulement du coal-carr au-dessus du précédent. . .	10 ^m 64
Hauteur totale du chemin de roulement du coal-carr au-dessus du Nord-Belge . .	19 ^m 74
Hauteur entre ce chemin de roulement et le dessous des trémies	4 ^m 25
Hauteur des trémies	3 ^m 00
Hauteur du réservoir à charbon	6 ^m 54
Distance du platelage de déversement des charbons au-dessus du N. B.	33 ^m 53
Hauteur de la toiture.	6 ^m 05
Hauteur totale de la tour sous toit	39 ^m 58

Largeur de la tour 12^m00

Longueur de la tour 16^m80

Volume de la partie parallépipédique = 1.111 m³

Volume des trémies = 220 m³

Volume des 2 appendices = 151 m³

Volume total: 1.510 m³ correspondant à un poids de 1.200 T. pour du charbon préparé, tasse de poids spécifique égal à 0,8 kg.

Coal-Carr. — Les coal-carr sont à 4 trémies cylindriques correspondant aux 4 bouches d'enfournement des fours. Les deux extrêmes ont un

volume de 5,55 m³ chacune et les deux intérieures, un volume de 4,95 chacune, ce qui correspond à un volume total de 19 m³ et un poids de charbon à 0,7 de poids spécifique, égal à 13,3 T. Ces trémies sont munies d'agitateur commandés par moteur électrique pour faciliter la descente du charbon pendant l'enfournement. Elles sont pourvues à la partie inférieure de corselets télescopiques s'emboîtant sur les bouches d'enfournement pour éviter l'épanchement du charbon. Le mouvement de translation est commandé par un moteur de 26 CV. à la vitesse de 90 m. par minute. (Fig. 9 et 10.) Voir *Défournouse électrique avec repaleuse de charbon et mécanisme d'enlèvement des portes, système Wellman.* (Fig. 11).

Les mécanismes de défournement, de repalage, d'arrachage et de virement des portes, ainsi que celui de translation sont commandés chacun par

un moteur séparé.

Les vitesses et mouvements des moteurs sont indiqués au tableau ci-dessous.

Déplacement de la machine :

90 mm par seconde; moteur de 62 CV.

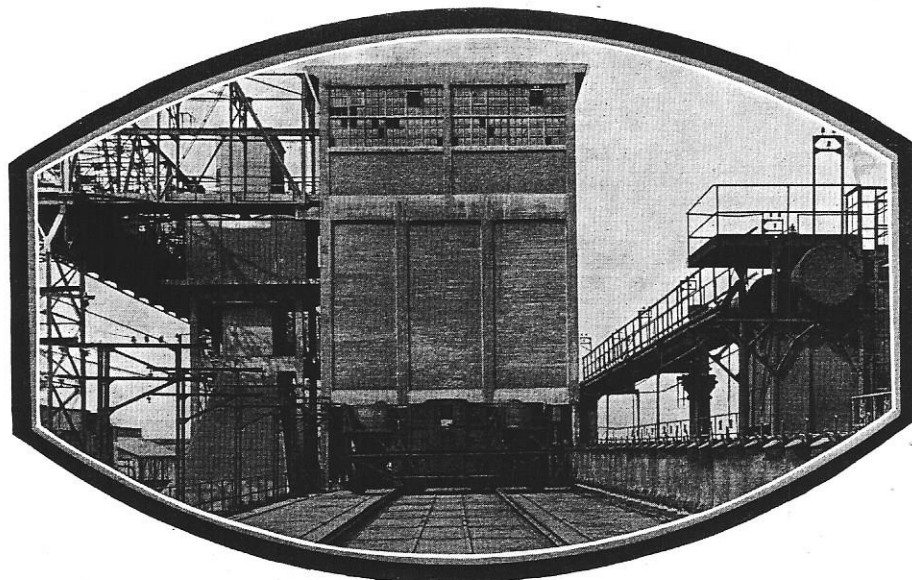


Fig. 9. — Vue de la tour à charbon et du coal-carr.

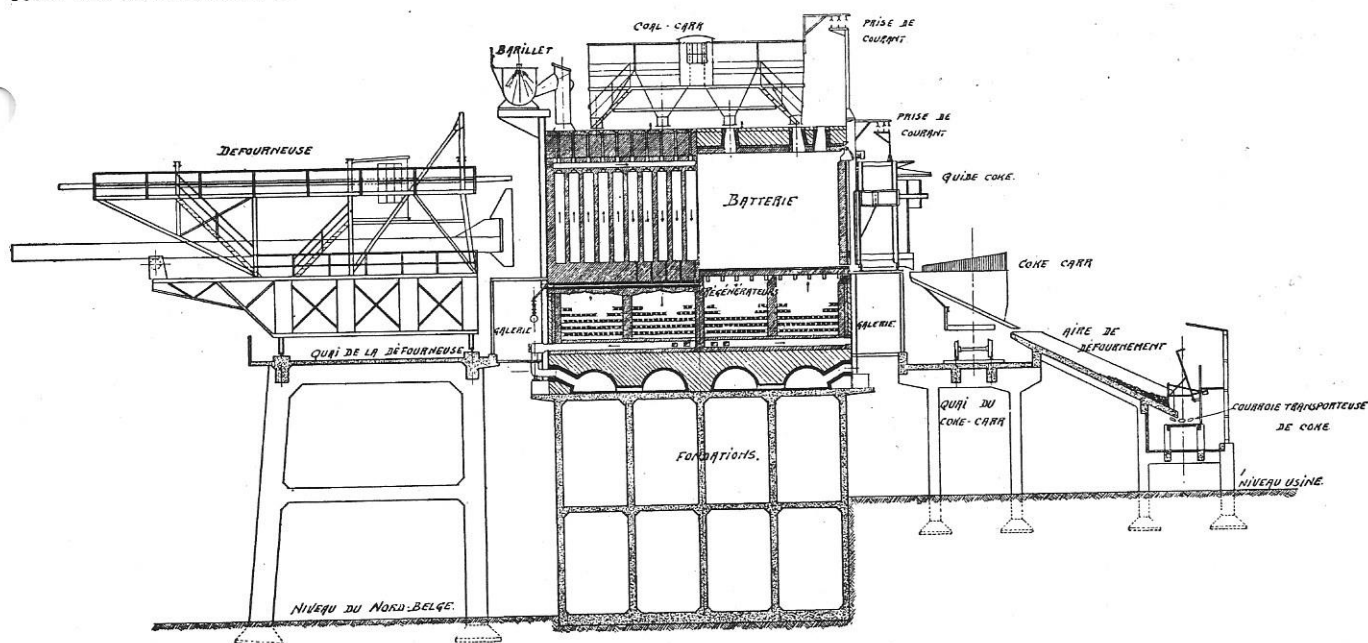


Fig. 10. — Coupe à travers l'installation des fours à coke Koppers.

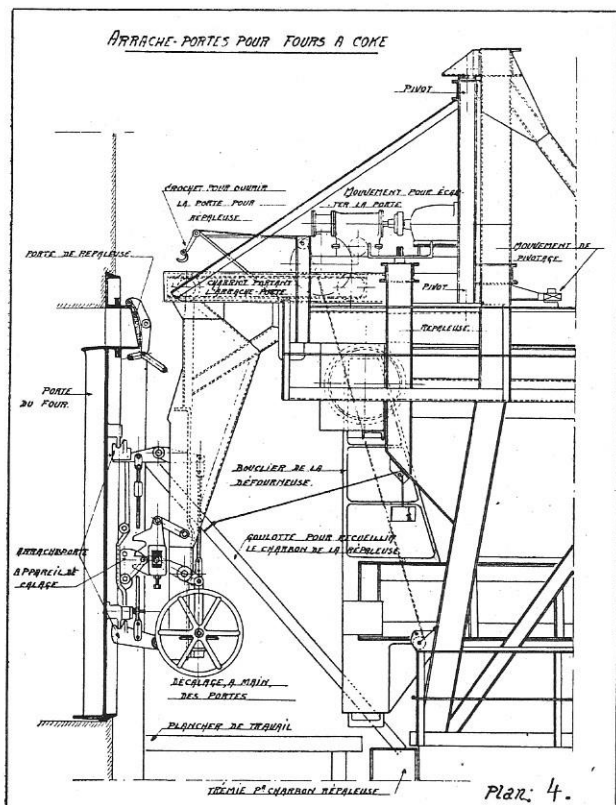


Fig. 11. — Détail du mécanisme de l'arrache-portes.

un châssis mobile suspendu à un chariot pouvant se déplacer le long d'un bras horizontal, qui peut pivoter à l'avant de la défourneuse. (Fig. 11 et 12.)

Cette disposition permet de retirer la porte vers l'arrière en dehors des montants des fours et de la virer de côté, afin que l'opération du défournement puisse avoir lieu sans nécessiter par après le déplacement de l'appareil. Cela présente un gros avantage, car si, après avoir décalé la porte, on ne peut garer cette dernière qu'en déplaçant la défourneuse entière, il est plus difficile de centrer le bouclier dans l'axe de la porte. Si cette opération n'est pas précise, on risque de faire buter le bouclier contre les montants des fours. Pour parer à ce danger d'ailleurs, les montants et les maçonneries sont protégés par des taques en fonte.

Les crochets supérieur et inférieur qui s'adaptent aux agrafes des portes sont articulés dans le châssis du chariot mobile et sont reliés au moyen d'une bielle à longueur réglable par un manchon à double pas de vis.

Ces crochets sont commandés simultanément

Défournement :

21 mm par seconde; moteur de 62 CV.

Repalage :

28 mm par seconde; moteur de 26 CV.

Arrachage des portes :

12 mm par seconde; moteur de 7,5 CV.

Virage des portes :

2 tours par minute; moteur de 7,5 CV.

Poids de la machine en ordre marche :

93.000 kgs.

Mouvement d'extraction des portes. — Le mécanisme de mouvement des portes du type à joint d'amiante, est porté par

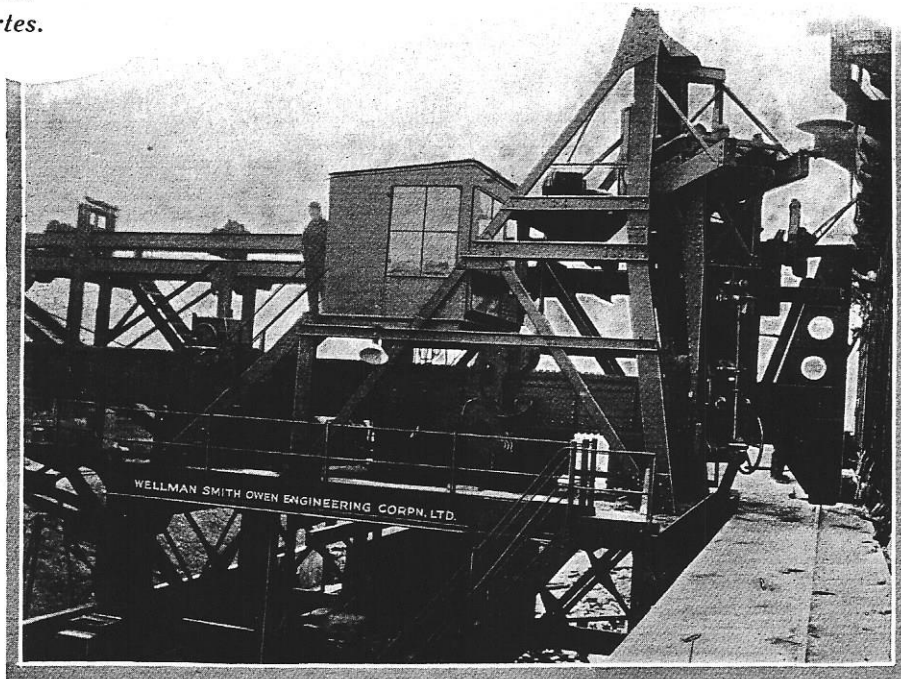


Fig. 12. — Défourneuse. Vue du bouclier et de l'arrache-portes.

au moyen d'un volant manœuvré par un homme se trouvant devant les fours et par l'entremise d'une vis, d'un écrou et d'engrenages coniques.

Le mouvement des crochets est combiné avec celui d'un dispositif destiné à dégager le cadre d'obturation du joint en amiante et à relever en même temps la barre de retenue de la porte.

La porte est ainsi décalée et dégagée du joint au moyen d'un mouvement à main et par conséquent d'une grande douceur; elle doit être maintenant retirée en dehors des montants d'ancrage du four d'environ 20 cm.

Le châssis mobile d'extraction, constitué par un assemblage de profilés et de tôles, est suspendu au bras orientable par l'intermédiaire de quatre galets de roulement. Il se déplace le long de ce bras au moyen d'une crémaillère commandée par un moteur électrique situé sur le bras avec le mécanisme de transmission comportant un réducteur de vitesse à vis sans fin, des harnais d'engrenages et le pignon d'attaque de la crémaillère.

Le bras d'orientation qui forme chemin de roulement pour le châssis d'extraction, pivote en haut et en bas, à l'aide de supports fixés à l'avant de l'ossature principale de l'appareil comportant des paliers à billes. Vers le bas du châssis orientable est fixé un secteur denté; il est commandé par un moteur électrique par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse à vis sans fin et engrenages cylindriques.

Dès l'extraction terminée, on vire la porte sur côté. Les deux mouvements d'extraction et de virage sont chacun muni d'un frein électromagnétique.

Dès la porte extraite et virée, sans avoir besoin de déplacer la machine, celle-ci étant restée dans l'axe du four, on manœuvre la défourneuse.

Le bras de cette dernière a une longueur correspondant à celle du four; il est composé d'un assemblage robuste de tôles et cornières formant caisson avec raidisseurs appropriés.

La tête ou bouclier du bras défourneur est en acier coulé avec plaques d'usure en acier au manganèse. Le bras se déplace sur des rouleaux en acier coulé; le bras et les sabots qui le supportent sont disposés de telle manière qu'il est complètement soutenu lorsqu'il est dans sa position extrême avant.

Ce bras est pourvu d'une crémaillère par

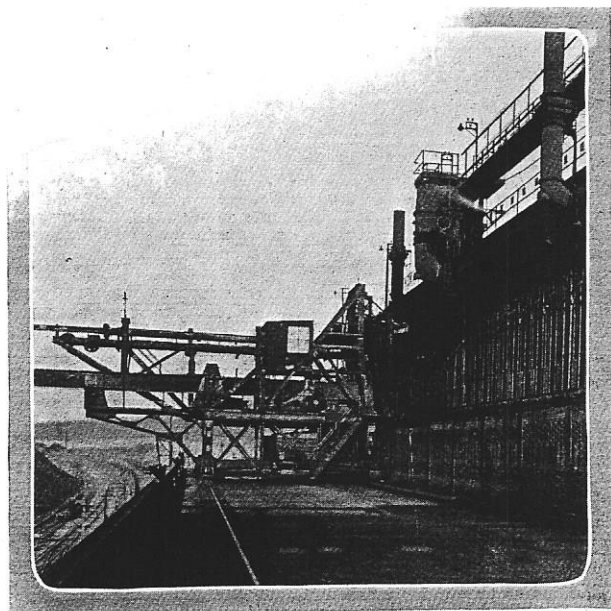


Fig. 13. — *Vue de la défourneuse côté Est.*

dessous et d'une crémaillère par dessus; celle de dessous est seule nécessaire pour la commande. Celle de dessus ne sert qu'à assurer la symétrie et à éviter la déformation du bras défourneur sous l'action de la chaleur du four. Elle sert également de rechange, en ce sens qu'elle pourra être retournées en cas d'usure de la crémaillère de commande. Un frein électromagnétique est prévu sur ce mouvement.

Un treuil est prévu sur l'arbre du pignon, s'engrenant avec la crémaillère pour faciliter le changement du bras. Il existe des manivelles à main de secours, déplaçables et installées sur les tambours de freins du bras défourneur pour pouvoir retirer les organes hors du four en cas d'accident à l'installation électrique.

Après arrachage de la porte avant et arrachage de la porte arrière, la mise en place du guide coke à l'arrière et aussi du coke carr qui doit recevoir le coke ardent, un signal acoustique avertit le machiniste de la défourneuse qu'il peut procéder au défournement et faire avancer le bouclier qui pousse le saumon de coke hors du four.

Aussitôt après le défournement, on replace les portes avant et arrière et on procède à un enfournement à l'aide du coal-carr.



A ce moment, la défourneuse entre encore en action pour repaler, c'est-à-dire égaliser la charge enfournée, autrement dit égaliser la tête du tas de charbon.

Cette opération se fait à l'aide du bras repaleur placé à hauteur convenable; il s'introduit dans le four à l'aide de la défourneuse par dessus la porte du four par un clapet de repalage qui a été ouvert à l'aide d'un crochet fixé à un câble actionné par un petit treuil à main, à portée de l'ouvrier décaleur de portes.

La longueur du bras repaleur est appropriée à celle du four. Il est construit en larges plats avec séparateurs en fonte et entretoisés en fers U et méplats. La largeur est appropriée à celle de l'ouverture de la porte.

Le bras repaleur glisse sur des rouleaux en acier coulé, montés sur un châssis à hauteur réglable, suspendu par des vérins; sa vitesse est de 28 m. par minute. La commande se fait par un câble métallique, en acier au creuset, s'enroulant sur un tambour à cannelures et actionné par un train d'engrenages à dents droites et un moteur électrique.

La tension du câble de repalage est effectuée par un dispositif automatique mû par un contre-poids, par l'intermédiaire d'une roue à rochets, tambour et vis de commande, un châssis de tension supportant la poulie à gorge d'arrière. La machine est munie d'un dispositif de manœuvre des portes de repalage se composant d'un crochet suspendu à l'extrémité d'un bras oscillant autour d'un axe fixé dans la charpente avant de la machine, auquel le mouvement de montée et de descente est donné par un câble métallique s'enroulant sur le tambour d'un petit treuil à main placé à portée de l'ouvrier se trouvant sur la passerelle de la machine.

Un frein électromagnétique est prévu sur la machine de repalage. Pendant la marche arrière du repaleur, du charbon est entraîné hors du four. Pour le recueillir, une trémie à charbon de contenance appropriée est prévue à la partie avant de la machine. Un chenal articulé dont le poids est en partie contrebalancé l'y conduira pour recueillir et emmagasiner le charbon ramené par le retrait du bras repaleur.

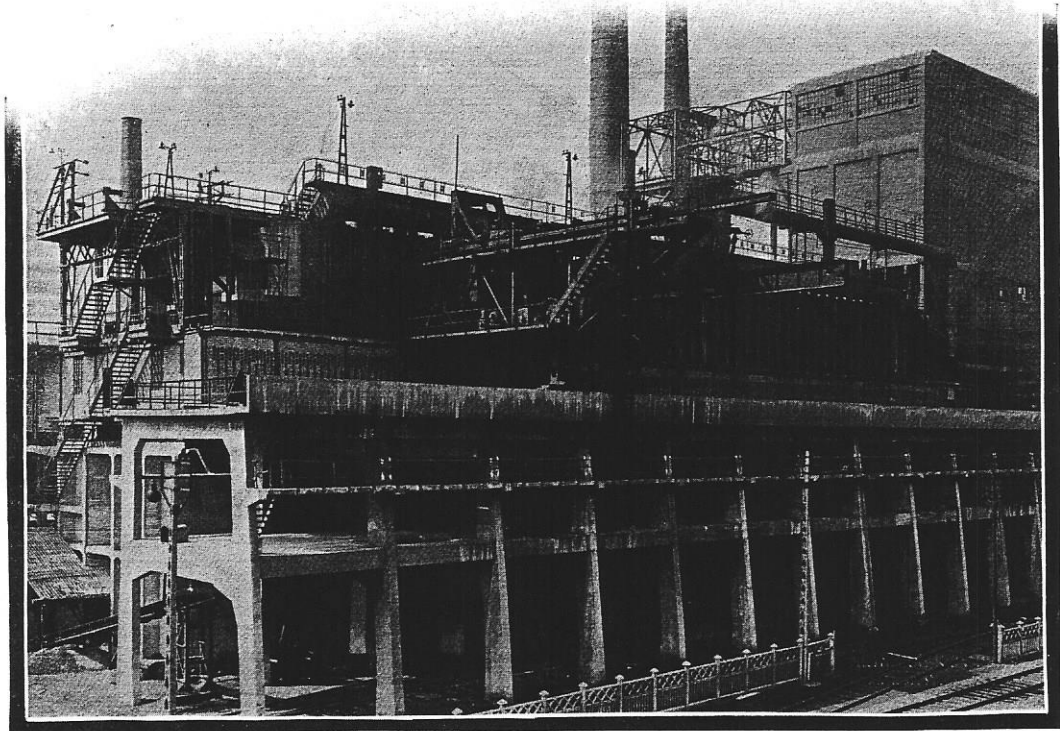


Fig. 14. — *Vue de la défourneuse côté Ouest.*

Le bras fait plusieurs fois le mouvement de va et vient pour bien égaliser la charge. Après repalage, on ferme la porte de repalage, ainsi que les orifices d'enfournement et on peut reconnecter le four sur la conduite d'aspiration du barillet.

La machine est prête à un nouveau défournement. Elle peut entre-temps se déplacer vers le bout de la batterie pour y déverser le contenu de sa trémie dans un réservoir d'où le charbon de repalage est repris pour le renfourner.

Le moteur de translation actionne, par un train d'engrenages droits, un arbre de transmission porté par des paliers à courts intervalles; il porte à ses extrémités des pignons s'engrenant avec des cercles dentés rapportés à deux des galets de chaque côté de l'appareil, qui sont au nombre de huit, disposés à raison de quatre paires.

Ces galets sont en acier coulé à double bourrelet et calés à des essieux en acier forgé, tournant dans des boîtiers en acier coulé avec coussinets en bronze, à rattrapage de jeu et à lubrification par rouleaux de contact.

Deux galets de choc, tournant sur des axes verticaux sont disposés sur la partie avant de l'appareil dans le but de transmettre lors du défournement, la poussée latérale au rail de roulement le plus rapproché. On évite ainsi que la machine se cabre en poussant le saumon de coke devant elle.

La commande de tout l'appareil se fait d'une cabine centrale abritant l'opérateur et les appareils de contrôles, avec accès à l'aide d'une plateforme principale s'étendant des deux côtés et donnant aussi accès aux moteurs et mécanismes. Une plateforme supérieure existe pour accéder à la repaleuse. Une sonnerie actionnée par pédale de la cabine de l'opérateur prévient de la mise en marche de l'appareil. La machine est pourvue de butoirs, de chasses-pierres pour broser les rails. Un frein à pédale commande le freinage sur la translation. (Fig. 13 et 14.)

Le défournement du coke se faisait jadis sur une aire plane. On y procédait à son extinction et puis à son chargement à la main. Ce procédé primitif est encore en usage chez nous dans des batteries que

nous allons désaffecter. (Fig. 15.)

Ce procédé est coûteux, car il exige plus de 50 % de la main-d'œuvre nécessaire à une ancienne installation de fours. Au surplus, avec ce genre de travail, on ne peut guère espérer obtenir un coke tenant 5 % d'eau, car on est dans l'obligation d'arroser plus que de raison vu la forte épaisseur du saumon incandescent que l'on ne peut étaler sur la sole de défournement. (Fig. 16.)

D'autre part, l'aire étant plane, l'eau y stagne et ne pouvant pas s'écouler, imprègne le coke abondamment. Au défournement suivant, le nouveau saumon incandescent vient en partie sur le saumon précédent que l'on vient d'éteindre et ce dernier est de nouveau arrosé inutilement. Comme il est complètement refroidi, il ne peut plus évaporer l'eau en excès et il s'imprègne littéralement d'eau.

Le triage du coke sur une aire plane est difficile et sans contrôle; le chargement a bien lieu à la fourche, mais il est forcément incomplet, parce que le personnel ne peut y apporter tous les soins indispensables et trouve plus commode de charger le tout tel quel. (Fig. 16.)

Un tel travail donne un coke exagérément chargé d'eau et mal trié, charriant beaucoup de fraïsil. Or, pour chasser cette humidité, le fourneau doit consommer inutilement du combustible;

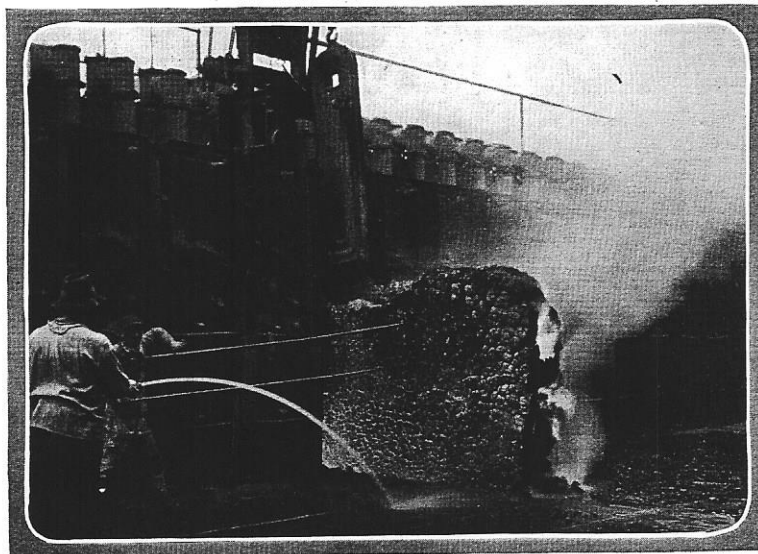


Fig. 15. — *Défournement ancien sur aire plane.*



Fig. 16. — *Enlèvement du coke sur une aire plane.*

au surplus, le fraisil et le poussier de coke sont de vrais ennemis; ce sont eux qui sont responsables des garnissages, des accrochages et de la plupart des accidents graves.

Lorsqu'on pense que ce travail est coûteux et de plus nuisible à la bonne marche des hauts fourneaux, il n'est pas étonnant que l'on ait cherché des moyens mécaniques pour obtenir un coke aussi sec que possible et bien propre.

La première idée venue a été d'effectuer le défournement sur une aire inclinée, limitée en bas de la rampe par des herses mobiles formant un rideau continu de retenue pour le coke dévalant sur l'aire.

Le bord inférieur du plan incliné surplombe une rigole continue destinée à collecter l'eau d'arrosage en excès. A la partie supérieure de l'aire, on ménage entre cette dernière et la batterie une banquette plane sur laquelle circule un guide coke.

Ce couloir est nécessaire pour pouvoir exécuter le travail de lutage des portes arrières; il consti-

tue toutefois une solution de continuité entre le four et l'aire inclinée de défournement et pour permettre au coke la possibilité de l'enjamber, on est obligé d'intercaler un guide coke.

La partie inférieure de la sole inclinée et surhaussée par rapport aux voies de l'usine de façon à assurer le chargement du coke sur wagons par gravité. Toutefois, entre les herses du bas de l'aire et le wagon, on interpose un chariot mobile portant un appareil de triage appelé Gruppel, du nom de son inventeur, et constitué de rouleaux tournant sur un axe décentré, écartés l'un de l'autre de 40 à 45 mm et constituant un plan incliné faisant suite à l'aire de défournement. (Fig. 17.)

Les rouleaux étant mis en mouvement, ils soulèvent le coke, grâce à l'excentricité des axes et l'acheminement vers le wagon qui le recueille, tandis que le menu coke et le fraisil passent entre les rouleaux et tombent dans une trémie faisant partie de l'appareil.

Le Gruppel, son travail terminé, est convoyé vers un poste fixe placé en bout de batterie, où l'on vide le contenu de la trémie. (Fig. 17.)

Ce dispositif permet un arrosage rationnel du coke; ce dernier s'étale en couche mince sur l'aire inclinée; il est plus facilement éteint avec une moindre quantité d'eau; tout excès d'eau dévale sur la rampe et s'évacue instantanément. Résultat: obtention d'un coke sec à 3% d'eau maximum en travaillant normalement.

Le triage est parfait et on envoie aux fourneaux que du coke bien calibré.

On économise la main-d'œuvre de chargement, celui-ci s'effectuant par gravité; toutefois, de nombreux ouvriers sont encore nécessaires pour l'arrosage.

Dans ces dernières années, ces installations se sont encore considérablement améliorées et comportent actuellement un guide coke, un coke-carr, une tour centrale d'extinction du coke, une rampe fixe et une bande de transport du coke éteint, vers un triage central. (Fig. 10.)

Le guide coke est monté sur un chariot mû électriquement et circulant sur rails sur une plateforme longeant la batterie du côté coke. Les parois à claire-voie du guide coke, écartées de la largeur du four, conduisent le saumon sur le coke-carr au fur et à mesure de sa sortie du four en lui conservant sa forme. Le guide coke, lorsque le four est de grande hauteur (3,50 et plus) porte à sa partie supérieure des barres folles qui retiennent la tête du saumon, afin d'empêcher cette dernière de piquer trop de l'avant et de tomber de trop haut, ceci, en vue d'empêcher les déchets inutiles en coke.

Il porte aussi l'arrache-portes, dont le but est de décaler la porte arrière, de l'écarter du four et de la tenir pendant le défournement, ce qui évite le treuil mobile qui circule sur la tête des fours dans les installations anciennes. On réunit ainsi dans un seul appareil deux mécanismes qui exigeaient autrefois une main-d'œuvre supplémentaire.

La vitesse de translation du guide coke est de 50 m. par minute et la vitesse de manœuvre des portes est de 10 m. par minute.

Dans le guide coke, on prévoit de forts galets de contrepression pour transmettre la poussée horizontale sur la tête des rails. La commande se fait par engrenages droits attaquant les quatre galets placés entre le mécanisme des portes et les parois du guide-saumon. Il existe un frein à sabots desservi par un électro-aimant. Le contre-arbre, qui porte ce frein, porte un accouplement permettant de désembrayer le moteur de translation en cas de panne de courant, après quoi, le chariot peut être déplacé à la main. La commande à la main comprend un levier coudé avec chevalet, une chaîne Gall et un engrenage droit.

Du côté du mécanisme de commande se

trouve le guide coke proprement dit, comprenant la rigole de guidage et les parois verticales en treillis. La rigole est faite en acier coulé; au-dessus d'elle sont établies les parois de guidage qui doivent empêcher le basculement du saumon. Les parois verticales sont composées des fers U, fixés sur des montants en U et écartés de 10 mm.

Pour permettre la circulation derrière le chariot, le bout des parois, du côté opposé aux fours, est formé jusqu'à une hauteur de 2 m., d'un battant repliable vers l'intérieur qui s'ouvre par le passage du saumon.

Du côté opposé au mécanisme de translation se trouve le dispositif d'arrache-porte. Ce mécanisme comprend un chariot mobile qui porte une poutre munie d'un bras vertical qui doit supporter la porte, dont le poids est de 3 T. La commande du chariot mobile se fait par crémaillère, engrenages, à roues cylindriques et vis sans fin; sa course est limitée dans chaque direction par un interrupteur de fin de course.

Pour le mécanisme lève-portes, on prévoit un frein électromagnétique qui tient la porte suspendue jusqu'à son verrouillage.

Afin de pouvoir remettre la porte en place, en cas de panne de courant, on a prévu un mécanisme de commande à la main.

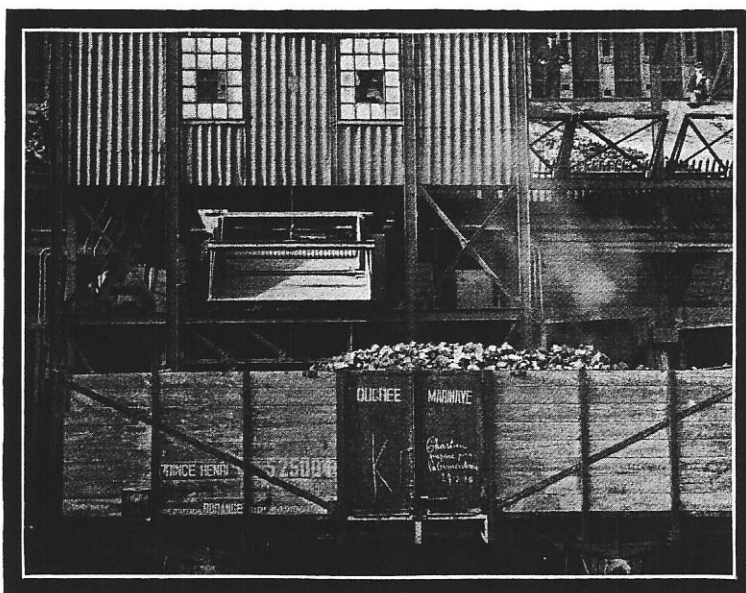


Fig. 17. — Triage du coke par grüppel mobile.

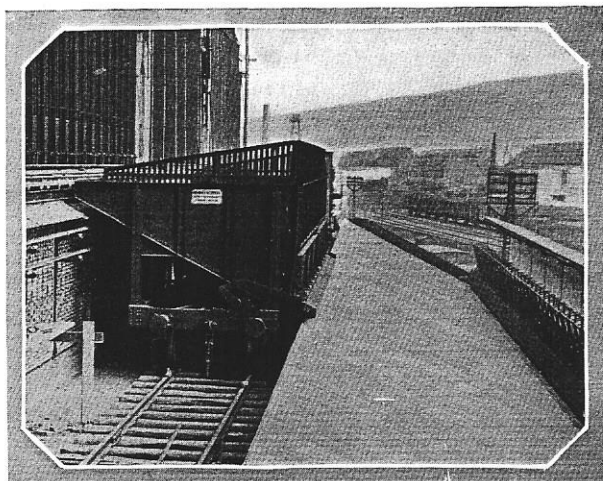


Fig. 18. — *Coke-carr en place pour le défournement.*

Le mécanisme lève-portes se compose d'un levier double supérieur et d'un levier simple inférieur; ces leviers sont reliés par une tringle avec manchon fileté et contre-écrou. La partie antérieure de ces leviers porte une griffe de levage. La saillie postérieure de ces griffes est prévue pour le déverrouillage des portes et les verrous doivent être relevés suffisamment, avant de pouvoir retirer la porte.

La poutre verticale du lève-portes porte en plus le dispositif de serrage de la garniture d'amiante de la porte; il comprend une pièce à fourche mue verticalement par un levier double pivotant sur la poutre verticale et qui est guidé par une pièce articulée. Cette fourche s'engage dans le mécanisme de serrage qu'elle entraîne vers le bas pour serrer la garniture lors du verrouillage et vers le haut pour la décoller. La course

de la fourche de serrage est de 280 mm.

Pour que le guide coke ne soit pas renversé au moment du défournement, la partie antérieure du châssis porte, sur le dessus, des consoles qui s'appuient, le cas échéant, contre un rail fixé horizontalement sur les montants d'ancrage des fours.

A côté du mécanisme de translation se trouve une plateforme de service et en dessous un palier pour le nettoyage des portes et pour le graissage et visite du mécanisme du chariot.

Le coke-carr se meut sur une voie à section normale, parallèle à la batterie et en contre-bas de la voie du guide coke, pour recevoir le coke qui s'écoule ainsi par gravité. Il porte un fond incliné revêtu de dalles en fonte hématite sur lequel le coke glisse; le coke est retenu sur cette aire inclinée par des portes à commande pneumatique (Photo 18).

Le coke-carr est traîné par une locomotive électrique à deux essieux qui porte un compresseur d'air actionnant les portes de déchargement

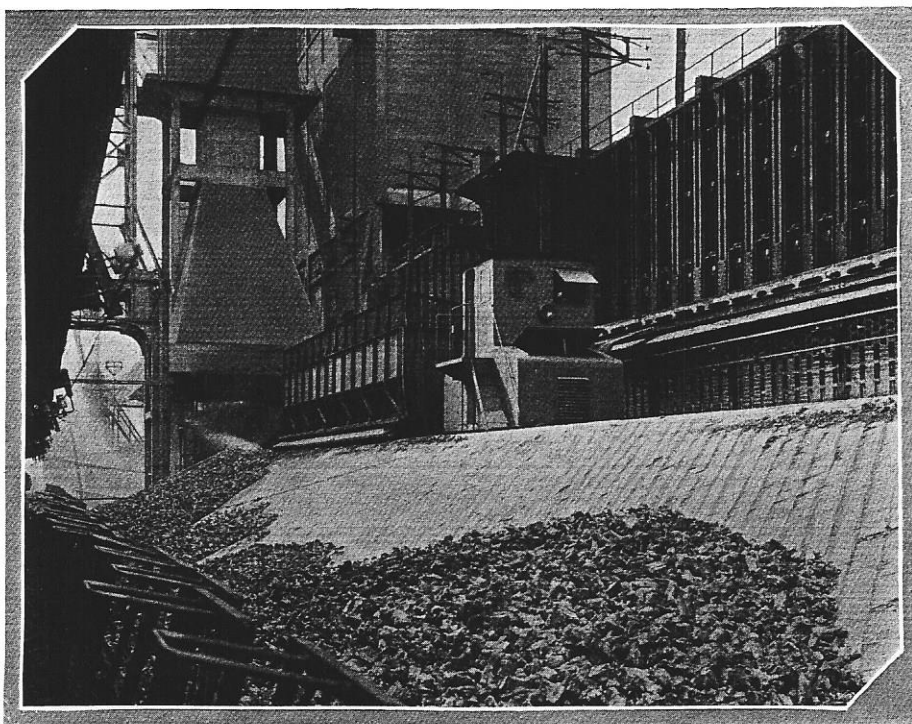


Fig. 19. — *Coke-carr sortant de la tour d'extinction. Air de défournement.*

dont la manœuvre se trouve ainsi sous la dépendance du mécanicien. (Photo 19.)

Pendant le défournement, on déplace lentement le coke-carr pour que le saumon s'étale uniformément dans toute la caisse à fond incliné. Le défournement fini, le coke-carr est alors rapidement conduit sous la tour d'extinction du coke.

Le coke-carr a une longueur totale de 14 m. et pèse 53 T. La locomotive électrique pèse 75 T. et possède deux vitesses, à savoir une vitesse de 15 m. par minute pendant les défournements et une vitesse de 185 m. par minute pendant le trajet au poste central d'extinction ou pendant le trajet de retour vers la rampe de défournement. Elle est capable de faire 10 trajets doubles à l'heure.

La hauteur totale de la locomotive est de 4^m55, la longueur entre tampons de 6 m., l'écartement des essieux de 2^m30; la machine est munie d'un frein à main avec vis et quatre sabots, d'un réservoir à air comprimé d'une capacité de 500 litres pour pression de régime de 8 atmosphères.

Le moto-compresseur est capable d'un débit horaire de 8 m³ d'air à 7 kgs, sa puissance est de 12 CV.

L'air comprimé, outre la manœuvre des portes du coke-carr, assure aussi le freinage pneumatique.

La locomotive est pourvue de deux moteurs à courant continu de 40 CV; elle est capable, dans ces conditions, de développer une traction totale de 2.500 kgs mesurée à la jante des roues pour une vitesse de 12 kilomètres à l'heure.

Tour d'extinction. — La photo (20) représente le coke-carr sous la tour d'extinction.

La tour d'extinction est le plus souvent accolée à la tour à charbon, comme on le voit sur la photo (19); elle est surmontée d'une cheminée dépassant le toit de cette dernière et d'un réservoir à eau.

Le coke-carr, en entrant sous la tour, déclenche automatiquement la robinetterie de la douche d'extinction, constituée de nombreux tuyaux placés horizontalement dans la hotte de la tour et perforés vers le bas de nombreux trous.

L'extinction demande environ une minute et elle est d'intensité telle que les morceaux de coke incandescents sont arrosés extérieurement par la

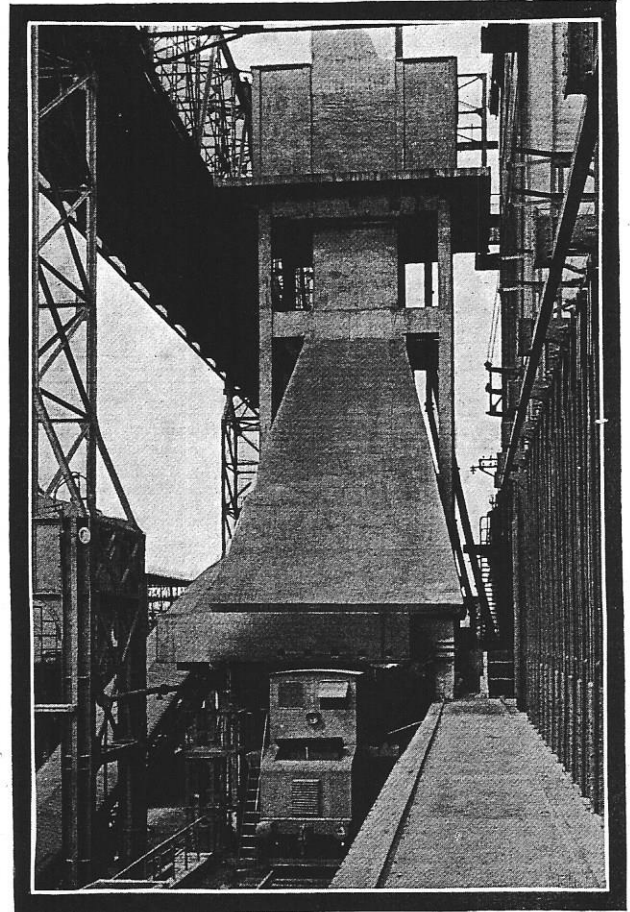


Fig. 20. — Coke-carr sous la tour d'extinction.

douche d'eau sans que leur noyau soit complètement refroidi, de façon que la chaleur encore contenue dans celui-ci évapore l'eau en excès de la surface.

Après la minute d'arrosage, le mécanicien ferme lui-même le robinet et attend deux minutes sous la tour pour laisser le temps à l'eau de s'égoutter complètement et à l'évaporation de s'achever.

L'eau surperflue s'écoule dans un bassin de décantation ménagé dans la tour sous la voie du coke-carr; le poussier de coke s'y dépose, alors que l'eau clarifiée et refroidie est reprise par une pompe centrifuge et refoulée dans le réservoir placé en charge au sommet de la tour.

Un petit grappin, à commande électrique, per-



met de retirer les poussières de coke hors du bassin de décantation et de les évacuer vers le triage central.

Après égouttage de l'eau, le coke-carr est ramené vers une rampe fixe qui possède des dimensions suffisantes pour contenir 10 saumons de coke. La photo (19) montre le coke-carr revenant vers l'aire de défournement après extinction.

En face de la rampe, les portes pneumatiques du coke-carr sont ouvertes et le coke glisse sans heurts du fond incliné de ce dernier sur la rampe de même inclinaison.

Après vidange, le mécanicien referme les portes et va procéder à un nouveau défournement.

Le coke étalé sur la rampe continue à sécher par évaporation. Avec une extinction aussi soignée, on obtient un coke à moins de 3 % d'humidité.

En basculant à la main les grilles de retenue placées en bas de la rampe (voir photo 19), le coke passe sur une bande de transport, en dessous de la passerelle couverte de service destinée à l'ouvrier qui a la manipulation des grilles dans son service.

La bande de transport amène le coke dans le silo de criblage du poste de triage central représenté sur la figure 1.

Dans certaines installations, entre les grilles de la rampe et la bande transporteuse, on plaçait un appareil de distribution qui pouvait se déplacer tout le long de l'aire de défournement; on a reconnu, par après, que cet appareil était superflu.

Dans ces installations modernes, la rampe n'a nullement besoin de courir tout le long de la batterie, comme cela était nécessaire dans les installations anciennes. Une rampe de 60 m. de longueur convient parfaitement pour une batterie de 83 fours d'une capacité productive de 1.000 T. de coke en 24 heures. La situation de cette rampe, par rapport à la batterie, peut, au surplus, être quelconque, sa position dépendant le plus souvent de celle du criblage central.

Le préposé à la manœuvre des grilles de la rampe travaille sur une passerelle de commande courant tout le long de la partie inférieure (voir photo 1) et protégée par un auvent.

Il a à sa disposition des petits tuyaux d'arrosage espacés tous les 10 m. environ qui lui permettent d'éteindre éventuellement les petits foyers qui peuvent se rallumer dans la masse du coke étalé sur la rampe. Sage précaution pour ne pas déverser du coke encore incandescent sur la bande transporteuse en caoutchouc, qui pourrait s'endommager.

Toutes ces installations modernes sont conçues de façon que le coke, depuis sa sortie du four jusqu'à son chargement, soit ménagé le plus possible, c'est-à-dire qu'il ne tombe jamais, mais glisse d'un appareil à l'autre.

Ce genre d'installation centrale d'extinction et de manipulation du coke nécessite pour tout personnel un homme sur la locomotive électrique et un ouvrier au bas de la rampe fixe.

Le débit d'une telle installation est de 8 à 10 saumons à l'heure; chaque saumon étant chez nous de 9 T., le débit horaire est de 80 T. environ et peut donc desservir 120 fours.

Triage central du coke. — La photo 21 représente une vue extérieure de ce triage central.

Dans les hauts fourneaux, il faut éviter la fragmentation du coke et sa réduction en poussières et menus sous l'action des chocs et



Fig. 21. — Vue d'ensemble extérieure du triage central.

des frottements auxquels il est exposé. Cette fragmentation est de nature à diminuer la production et provoque des incidents de marche fâcheux comme les accrochages et parfois des accidents graves, les accrochages pouvant provoquer dans des circonstances spéciales de terribles explosions et des dégâts matériels considérables. Aussi convient-il de trier le coke soigneusement.

La bande transporteuse, décrite ci-dessus, conduit le coke sec vers une trémie dans laquelle nous avons installé un tobogan sur lequel le coke glisse au cas où la trémie n'est pas pleine, évitant ainsi toute chute et fragmentation inutile du coke.

La photo 22 représente la tête de la bande transporteuse au-dessus de la trémie.

Par ailleurs, si la trémie venait à se remplir complètement, la tête du ruban pourrait traîner dans le coke; ce dernier étant fort abrasif, il en résulterait une destruction rapide de la courroie. Pour éviter cet accident, un contacteur électrique coupe le courant du moteur qui actionne le mouvement de la courroie et ne remet celui-ci en marche que lorsque la charge de coke dans la trémie est descendue à un niveau normal.

De la trémie, le coke descend sur deux Gruppels fixe dont un est en service et l'autre en réserve. Ces gruppels laissent passer les 0-4 mm. et font cheminer le gros coke métallurgique vers deux trémies tournantes destinées au chargement dans les bennes cylindriques à fond conique qui doivent les convoier directement aux monte-charges des hauts fourneaux.

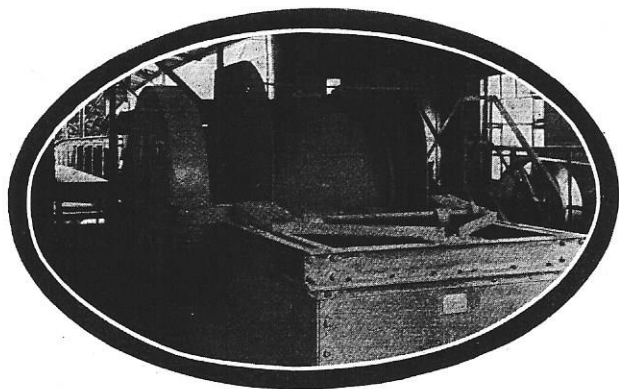


Fig. 22. — Tête du ruban transporteur de coke. Déversement dans la trémie du triage centrale.

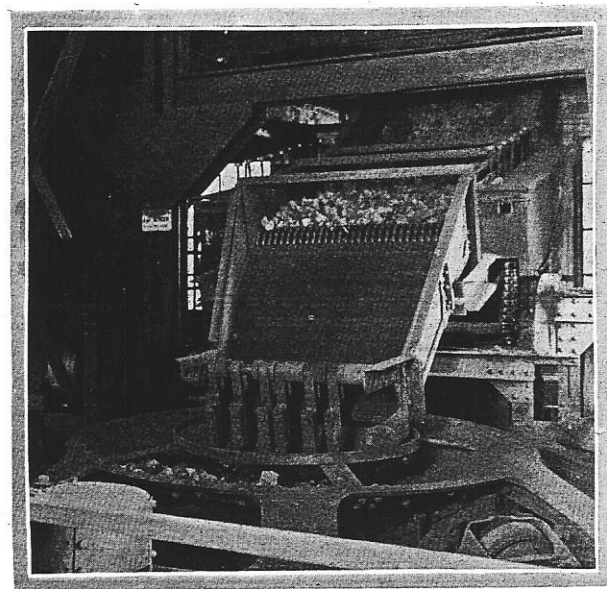


Fig. 23. — Trieur fixe. Déversement dans la trémie tournante de chargement des bennes à coke.

La photo 23 représente les appareils de triage Gruppel et le dessus des trémies rotatives.

Grâce aux trémies rotatives, les bennes rondes se remplissent uniformément et il n'est plus nécessaire d'affecter un ouvrier pour égaliser le dessus des bennes; cette opération est nécessitée par l'usage d'un chapeau qui vient coiffer la benne pendant la vidange de la charge au gueulard du fourneau.

Les trains de bennes à coke, remplies d'un coke sec et parfaitement calibré, sont formés au triage et convoyés vers les fourneaux. La photo 24 représente un de ces trains.

Les menus cokes triés par les gruppels tombent dans une trémie à fond mobile située en sous-sol de l'usine et de là sont repris par une chaîne à godets oscillants remplis, par un distributeur va et vient, aux trois quarts de leur contenance pour éviter que ces menus fort abrasifs ne tombent sur les parties mobiles de la chaîne. C'est pour cette raison que nous avons complètement proscrit pour ce genre de matière la chaîne traînante dont l'usure est désastreuse.

La chaîne élève les menus dans une station cen-



trale de criblage comprenant deux trommels qui classent les menus coke en poussier 0-20, en petits cokes 20-40, en cokes 40-80 et au delà. Les 40-80 et les cokes au delà de 80 mm sont repassés aux fourneaux; les 20-40 sont vendus pour les chaufferies centrales. Des trémies de 80 T. de contenance sont placées sous les trommels et servent de volant aux accus pour permettre de faire des expéditions par rames de 60 T.

Quant aux poussières, nous les consommons dans des chaudières à foyers soufflés en vue de produire la vapeur nécessaire aux distillations des eaux ammoniacales et aux benzols de la récupération des sous-produits des fours à coke.

Dans ce but, le dessous de la trémie à 0-20 est munie d'un distributeur va et vient qui alimente une courroie transporteuse convoyant les poussières près des foyers des chaudières établies à proximité du criblage.

E. — RÉSULTATS OBTENUS EN 1929.

La division des fours à coke comporte les batteries suivantes exploitées pendant toute l'année 1929, sauf une demi-batterie: A qui a été éteinte vers le milieu de l'année, afin de permettre la construction d'une nouvelle tour à charbon destinée à l'alimentation d'une nouvelle batterie Koppers de 50 fours, dont la mise à feu a eu lieu en mai 1930. Voici les caractéristiques des batteries en activité au cours de l'année 1929.

Désignation des batteries	Nombre de fours	Capacité de chargement par four	Durée d'une opération de cuisson, manœuvres comprises
A. sans régénération	60 fours	6 tonnes	26 heures
B. avec régénération	60 „	7 „	24 „
C. „ „	68 „	10 „	18 „
Koppers I „	33 „	13 „	15 „

Voici un tableau T donnant, d'autre part, les productions annuelles, mensuelles et journalières des diverses batteries en gros coke métallurgique, en petits cokes de grande valeur marchande et en cendrées et fraisils.

Aux fours A, sans régénération, on a enfourné:
 Annuellement. . . 71.124 T. de charbon.
 Mensuellement . . . 5.930 T. de charbon.
 Journallement. . . 197 T. de charbon.

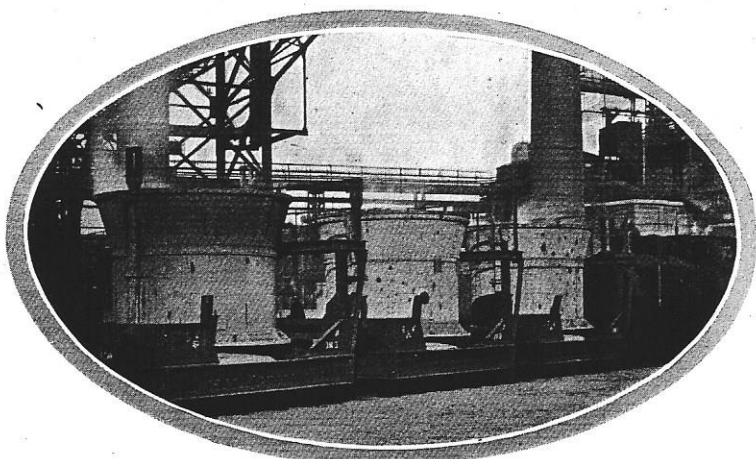


Fig. 24. — Départ d'un train de bennes à coke vers les fourneaux.

T. — Production en 1929.

	Annuelle	Mensuelle	Journalière
Coke métallurgique .	526.323 ton.	43.860 ton.	1.462 ton.
Petits cokes	40.038 „	3.336 „	111 „
Cendrées	42.304 „	3.524 „	117 „
Total	608.665 „	50.710 „	1.690 „

T. — Enfournement de charbon.

	Annuel	Mensuel	Journalier
Charbon enfourné tel quel	761.480 ton.	63.450 ton.	2.115 ton.

Les fours à régénération ont donné en disponibilités de gaz :

Annuellement. . . 19.197.409 m³ de gaz.
 Mensuellement . . . 7.433.000 m³ de gaz.
 Journallement. . . 248.000 m³ de gaz.
 A l'heure 10.333 m³ de gaz.

Pour un enfournement journalier de
 2.115 — 197 = 1.918 T.
 de charbon tel quel, les fours à régénération ont



donné une quantité de gaz disponible équivalente à : 248.000 m³ par jour, ce qui fait apparaître une quantité de gaz disponible par kg. de charbon enfourné tel que :

$$\frac{248.000}{1918} = 129 \text{ m}^3.$$

La quantité totale de gaz produite par kg. de charbon étant de 280 m³, le pourcentage moyen de gaz disponible ressort à :

$$\frac{129}{280} \times 100 = 46 \text{ \%}.$$

Mais la nouvelle batterie Koppers marche avec une consommation de calories par kg. de charbon enfourné de 539, tandis que les autres exigent en moyenne 610 calories, ce qui représente un gain de 71 calories en faveur de la batterie Koppers.

Or, les 2/3 de la production de coke proviennent des anciennes batteries et 1/3 de la nouvelle batterie Koppers. Dans ces conditions, la consommation moyenne de calories par kg. de charbon enfourné ressort à :

$$\frac{2}{3} \times 610 + \frac{1}{3} \times 539 = 586 \text{ calories}.$$

Ces 586 calories correspondent au pourcentage moyen de gaz disponible de 46 %. Un pour cent de gaz disponible correspond ainsi à :

$$\frac{586}{46} = 12,7 \text{ calories}.$$

Dans ces conditions, la batterie Koppers donne un pourcentage réel de gaz disponible de :

$$46\% + \frac{(586-539)}{12,7 \text{ cal.}} = 46 + 3,7 = 49,7\%$$

Tandis que les autres ne donnent que :

$$46\% - \frac{(610-586)}{12,7 \text{ cal.}} = 46 - 1,9 = 44,1\%$$

Il en résulte un gros avantage en faveur de la batterie Koppers. Aussi, il a été décidé de démolir les batteries A, qui marchaient déjà avant-guerre et qui sont sans régénération, ainsi que les batteries B, arrivées au terme de leur existence, pour les remplacer par une nouvelle batterie Koppers de 50 fours, mise en exploitation en mai 1930, capable de 680 T. de coke en 24 heures.

La production totale sera de 1.750 T. en 24 heures, dont 490 T. produites avec une batterie donnant 44, 1 % de gaz disponible, et

1.260 T. avec les deux batteries Koppers, donnant 49,7 % de gaz en excès.

La quantité de gaz disponible par jour s'élèvera alors à :

$$\frac{490 \text{ T. coke métallurg.}}{0,691 \text{ rend. en gros coke}} \times 280 \text{ m}^3 \text{ gaz} \times 0,441 = 3650 \text{ m}^3 \text{ gaz/h.}$$

et

$$\frac{1860 \text{ T. coke métallurg.}}{0,691 \text{ rend. en gros coke}} \times 280 \text{ m}^3 \text{ gaz} \times 0,497 = 10.580 \text{ m}^3 \text{ p. h.}$$

Quantité de gaz disponible à l'heure = 14.230 m³ contre 10.333 m³ disponible anciennement.

Cela représente un gain horaire de

$$(14.230 - 10.333) = 3.900 \text{ m}^3$$

Au prix de fr. 0,135 le m³ de gaz, cela représente une économie horaire de frs 516,5 ; journalière de 12.396 frs ; mensuelle de 371.820 frs et annuelle de 4.461.800 frs.

Voici, d'autre part, la production en sous-produits en 1929 :

Productions	Annuelle	Mensuelle	Journalière
Gaz	89.197.409 m ³	7.433.000 m ³	248.000 m ³
Sulfate	8.376 t.	698 t.	23 t.
Benzol	2.912 t.	243 t.	8,1 t.
Goudron	17.088 t.	1.426 t.	48 t.

Rendement par tonne de charbon enfourné tel quel :

- En coke métallurgique. 691.— kgs.
- En petits cokes 52.— kgs.
- En poussières 55.— kgs.
- En gaz disponible 129.— kgs.
- En sulfate. 10,9 kgs.
- En benzol. 3,82 kgs.
- En goudron , 22,70 kgs.

Pour terminer, nous signalons que les anciennes batteries ne produisent que 7 à 8 T. de coke par homme, tandis que la Koppers I produit 15 à 16 T. et depuis la mise en route de la Koppers II, l'ensemble des 2 batteries Koppers produit 32 à 33 T. de coke par homme.

(A suivre.)