

chariot. Mais l'ouvrier se trompa d'étage et saisit le verrou d'un étage inférieur à celui qui devait être amené au niveau de la recette. La cage continua à descendre et le bras de l'ouvrier fut écrasé entre le cadre de l'étage suivant de la cage et le bord de la plaque de cœur de la recette.

A la séance du Comité d'arrondissement, un des membres a signalé que, dans un charbonnage du Couchant de Mons, un gamin spécialement préposé à cet effet, manœuvre le verrou par le long côté de la cage, sans devoir introduire la main dans celle-ci.

MÉMOIRE

L'étude scientifique du Charbon

EN VUE DE LA RECHERCHE

DE

Matières premières nouvelles pour l'industrie

PAR

E. CONNERADE

Professeur à l'École des Mines et de Métallurgie
(Faculté technique du Hainaut).

III. — Applications industrielles de la distillation du charbon à basse température.

(Suite) ⁽¹⁾

Les gazogènes à récupération. — L'idée de la récupération du pré-goudron en gazogènes a été inspirée et vulgarisée par le professeur F. Fischer, directeur de l'Institut pour l'étude du charbon, à Mülheim ; son application technique a été réalisée presque aussitôt par les trois grandes firmes qui se sont spécialisées dans cette étude : Erhardt et Sehmer à Sarrebrück, Julius Pintsch à Berlin et Thyssen à Mülheim.

La généralisation de ce procédé de récupération ne devait pas seulement faciliter la solution de la question des carbu-

(1) Voir *Annales des Mines de Belgique*. Tome XXIV (1923), 2^e livr. page 335.

rants en Allemagne, en 1916, au moment où l'entrée en guerre de la Roumanie coupait le pays de toutes ses sources d'importation d'huiles, mais devenir aussi la cause d'économies sérieuses de combustibles par la centralisation de la force motrice des petites industries, la substitution de combustibles bitumineux au coke et à l'antracite dans les gazogènes des fours Martin et des usines à gaz, la substitution de centrales à gaz aux centrales à vapeur dans les grandes usines d'électricité et les charbonnages.

La production d'huiles comme sous-produits de la gazéification des combustibles peut devenir une source importante dans l'avenir puisque la région de Düsseldorf seulement comptait plus de 1,200 gazogènes consommant chacun une moyenne de 7 tonnes de charbon par jour ; les aciéries allemandes consomment à elles seules pour l'alimentation de leurs fours Martin environs 3 millions de tonnes.

Le professeur Fischer fut le premier qui montra, fin 1915, qu'en allongeant le gazogène de manière à augmenter la couche de charbon frais, celui-ci en se réchauffant avant de se gazéifier distillait tout son goudron entraîné par le gaz ; ce système fut appliqué presque aussitôt par les usines Erhardt et Sehmer, à Sarrebrück.

Mais la Société J. Pintsch possédait une forte documentation sur cette question, qu'elle devait à son expérimentation personnelle.

Gazogènes J. Pintsch. — Cette firme, qui était une des plus puissantes du monde dans le domaine de la gazéification, était parvenue à mettre au point le gazogène producteur de gaz à l'eau, alimenté au coke, destiné à la grande industrie chimique, d'une manière tellement parfaite qu'on lui doit une grande partie du succès de la production de l'hydrogène pour la synthèse de l'ammoniaque (fig. 6).

La Société Badische Anilin und Soda F. en possède 54 exemplaires — 38 à Mersebourg et 16 à Oppau — de

3 mètres de diamètre, munis de la grille rotative Kerpely, qui empêche la scorification des cendres pendant les périodes de réchauffage par l'air, produisant globalement 150.000 mètres cubes de gaz à l'eau par heure, ou 3 millions par jour, fournissant 270 tonnes d'hydrogène après combustion de l'oxyde de carbone au moyen de vapeur d'eau.

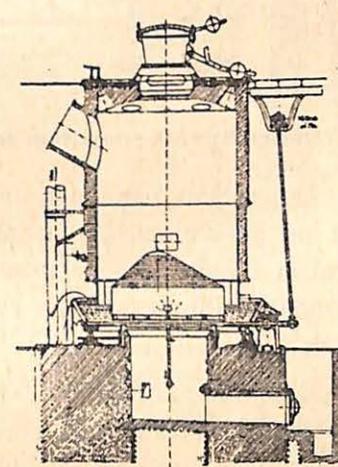


Fig. 6. — Gazogène du type Mond de la Société J. Pintsch.

L'emploi de charbons bitumineux avait été envisagé dès 1904, mais en ce temps la valeur du goudron ne dépassait pas sensiblement celle du charbon et la récupération n'offrait aucun intérêt, c'est pourquoi on se contentait de dégazer le charbon avant sa gazéification en pyrogénant complètement ses vapeurs dans la partie la plus chaude du foyer.

Le modèle spécialement étudié pour le charbon comprend deux compartiments, le gazogène proprement dit et une colonne de distillation chauffée extérieurement par les gaz chauds, dans laquelle le charbon frais distillait son goudron et les vapeurs étaient aspirées par un canal spécial au moyen d'un éjecteur à vapeur et renvoyées mélangées

à l'air et à la vapeur sous la grille du gazogène proprement dit (fig. 7).

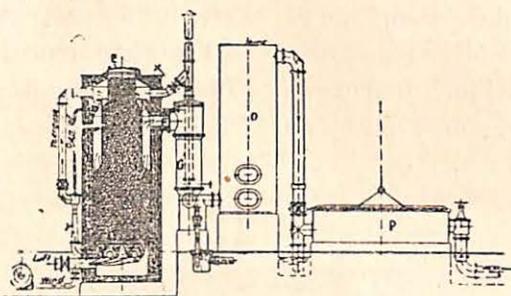


Fig. 7. — Gazogène Pintsch à pyrogénéation de goudron.

Le gaz de gazogène sortait par un autre canal, passait par un échangeur où ses calories se transmettaient à de l'eau en produisant la vapeur nécessaire pour l'aspiration, puis dans un scrubber, enfin dans une caisse filtrante à plateaux recouverts de sciure de bois.

Dès l'apparition de cet appareil dans la technique il fut question de la récupération des goudrons ; une expérience faite avait même permis de retirer 5 % de goudron d'un charbon silésien et 30 % de son azote sous forme d'ammoniaque.

Le goudron était obtenu très aisément en faisant passer séparément le gaz de distillation dans un système de condensation, un réfrigérant, un séparateur de Pelouze et un laveur à ammoniac ; mais ce système n'eut aucun succès avant la guerre parce que les directeurs de centrales ne pouvaient se résoudre à annexer à leurs installations une « fabrique de produits chimiques ».

Les quelques gazogènes Mond existant à cette époque donnaient bien un peu de goudron de mauvaise qualité, tout en produisant le maximum possible de sulfate d'ammoniac, mais ne pouvaient entrer en ligne de compte parce que leur goudron n'avait aucune valeur.

Mais dès 1916, grâce à l'avance énorme qu'elle avait acquise dans l'étude de cette question, la Société J. Pintsch put présenter, au bout de très peu de temps, un gazogène à récupération perfectionné formé d'un corps de gazogène Mond surmonté d'une haute colonne de distillation pour le combustible frais (fig. 8).

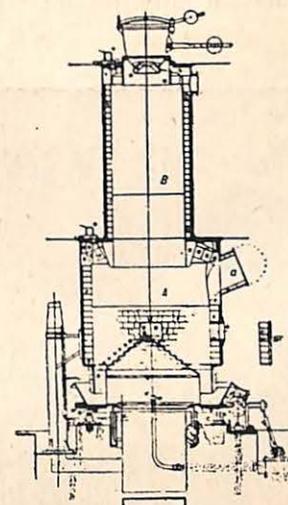
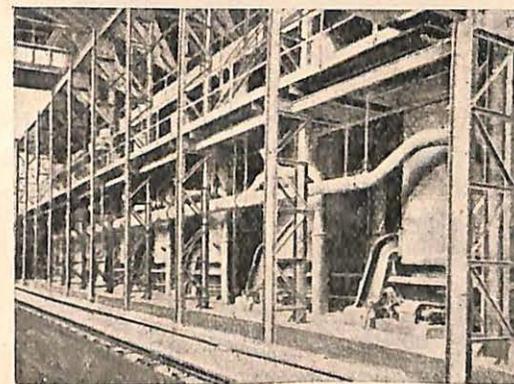


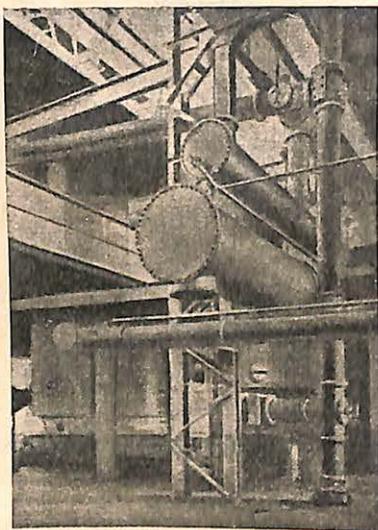
Fig. 8. — Gazogène Pintsch à récupération.



Batterie de gazogènes Pintsch à récupération.

Une grille rotative Kerpely à cône légèrement excentrique assure la descente des cendres régulièrement.

Cet appareil est bien adapté à la gazéification de briquettes de lignite, de charbon gras non agglomérant, de tourbe et de sciure de bois à 25 % d'humidité, mais il ne convient pas au charbon gras agglomérant, qui se prendrait en masse dans la colonne en foisonnant et l'obstruerait.



Gazogène Pintsch, détail de l'échangeur du gaz de gazogène.

Des regards de visite situés dans la paroi au-dessus de la grille permettent de contrôler la régularité du déchargement et d'intervenir au besoin au moyen de ringards.

La sortie des gaz est double; la majeure partie du gaz de gazogène (65 %) sort, à la base de la colonne, à une température de 800°.

Une partie de ce gaz (35 %) est aspirée vers le haut et sa chaleur se communique au charbon frais en distillant son goudron et son gaz riche entraînés par aspiration mé-

nagée vers une sortie spéciale, au sommet de la colonne; le gaz dégagé se compose donc de 28 % de gaz de distillation et 72 % de gaz de gazogène.

Le gaz produit étant très chaud, l'intérieur de la colonne doit être garni d'un revêtement réfractaire.

Le refroidissement de ce gaz se produit progressivement au profit du charbon frais et à sa sortie sa température n'est plus que de 150 à 180°.

Il est à remarquer que cette température est relativement basse et doit être cause de condensation de goudron dans les dernières couches de charbon; ce goudron doit se revaporiser pendant la descente et il doit se produire ainsi une suite de condensations et de distillations qui doivent altérer plus ou moins la qualité du goudron.

Ce goudron est cependant un vrai pré-goudron parce qu'il est exempt de benzols et de naphthaline.

Il est condensé complètement dans une suite de condenseurs par surface et dans un séparateur Pelouze, qui retient le brouillard, de sorte qu'il n'en reste que 1/2 gramme par mètre cube de gaz aspiré.

Le bilan thermique d'une opération est donné ci-dessous pour des briquettes de lignite de Ilse, à 15,07 % d'humidité, 5,46 % de cendres, 53,38 % de carbone. Le rendement en goudron fut de 8,81 %.

La capacité thermique de 4,747 calories par kilogramme de lignite se partage comme suit :

Gaz mixte : $2,33 \text{ m}^3 \times 1,575 \text{ cal.} = 3,670 \text{ c. } 77,4 \%$;
 Goudron : $8,81 \%$ à $6,778 \text{ cal.} = 596,4 \text{ c. } 12,46 \%$;
 Chaleur perdue dans les cendres $47,5 \text{ cal.}$ ou 1% ;
 » » » gaz $123,0 \text{ cal.}$ ou $2,59 \%$;
 » » » par rayonnement $310,1 \text{ cal.}$ ou $6,45 \%$.

Le total récupéré dans les sous-produits de 1 kilogramme de lignite représente 4266,4 calories, la perte est donc

de 9,04 % mais il est à remarquer que le goudron a déjà acquis une valeur telle qu'elle couvre à elle seule le prix du charbon utilisé; financièrement l'opération est donc un grand succès puisque le gaz est acquis comme bénéfice net.

Gazogène Thyssen. — Ce gazogène est du type Mond transformé en vue de la récupération du goudron; il est encore plus simple que le type précédent parce qu'il ne comprend qu'un canal de sortie pour le gaz mixte entraînant les vapeurs.

Il comprend le gazogène proprement dit entouré d'une ceinture réfractaire et muni d'une grille rotative à déchargement automatique et d'un dôme surmontant le gazogène d'égal diamètre et d'égale hauteur servant à la distillation du charbon frais (fig. 9).

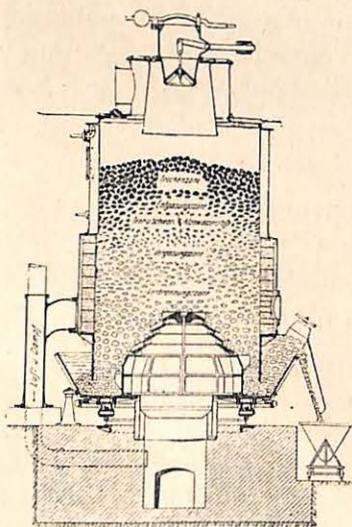


Fig. 9. — Gazogène Thyssen à récupération

Cette zone de distillation est entourée d'une ceinture d'eau, qui fournit la vapeur servant à saturer l'air insufflé dans le gazogène.

Dans le sens de la descente nous rencontrons donc successivement la couche supérieure de charbon en voie de dessiccation, les couches de charbon sec en voie de distillation, la couche gazéifiante proprement dite, enfin la couche en voie d'oxydation totale par l'air.

La marche des vapeurs de goudron vers les appareils de condensation est intéressante: le gaz chaud échange tout d'abord ses calories avec l'air froid, il traverse ensuite un condenseur par surface où se dépose la majeure partie du goudron, puis un séparateur pour le brouillard; il est aspiré ensuite vers un laveur à sulfate, un dernier réfrigérant et un séparateur d'eau vésiculaire.

L'air va d'abord à la rencontre d'une pluie d'eau, qui le sature à froid, il est mélangé à la vapeur d'eau dégagée du water-Jacket et se réchauffe au contact des gaz chauds venant du gazogène avant d'être soufflé au bas de celui-ci (fig. 10).

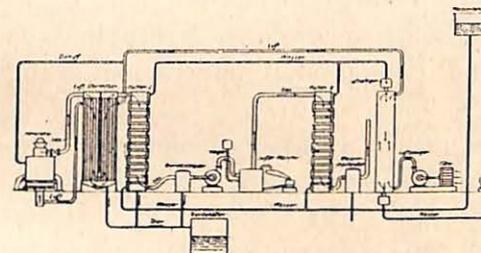


Fig. 10. — Schéma montrant la marche des gaz chauds et de l'air dans le système de gazogène Thyssen.

Le combustible utilisé est du charbon gras longue flamme de la Ruhr mélangé avec un tiers de son poids de lignite rhénan à 5 % de goudron; le rendement de ce mélange en goudron sec est de 75 kilogrammes à la tonne.

Ce goudron contient 20 % d'huiles et 30 % d'huiles visqueuses lubrifiantes, 3 % de paraffine et 37 % de brai.

Les huiles visqueuses ont un point d'inflammation de 160°, point éclair 128° et un indice de viscosité Engler de 4,5° à 40°.

Le rendement en sulfate ammonique peut varier de 26 kilogrammes à la tonne, pour une dépense de 1 kilogramme de vapeur par kilogramme de combustible, à 40 kilogrammes pour 2 kilogrammes de vapeur par kilogramme de combustible; le rendement suit évidemment la courbe établie par Bone et Wheeler. Un gain de 14 kilogrammes exige donc la vaporisation d'une tonne d'eau supplémentaire. Le pouvoir calorifique du gaz diminue avec la récupération de sous-produits de 1,620 à 1,140 calories, chiffre minimum; il se maintient dans la pratique à 1,220 calories, ce qui donne pour les 3,89 mètres cubes de gaz obtenus par kilogramme de combustible à 5,922 calories un total de 4,465 cal. ou 75,5 %.

En y ajoutant les calories du goudron récupéré nous arrivons à un total légèrement inférieur à celui du gazogène Pintsch, mais encore très favorable si on considère que la valeur du sous-produit amortit une grande partie du combustible.

Le gaz est utilisé avantageusement dans les moteurs à cause de son bon pourcentage d'hydrogène (18 % H_2 ; 17,8 % CO ; 10,4 % CO_2 ; 2,4 % CH_4). Il sert aussi au chauffage des fours Siemens dans les aciéries et la perte de calories qu'il subit en raison de son dégoudronnage et de son refroidissement est compensée très utilement par la grande pureté qui rend inutile tout nettoyage des conduites et des récupérateurs de chaleur des dépôts de goudron, suie ou cendres; elle est encore compensée par sa dessiccation qui diminue beaucoup l'oxydation du bain métallique fondu par la vapeur d'eau et l'attaque des revêtements des fours par les produits de la dissociation de celle-ci.

Il est évident que son emploi direct en moteurs à explosion doit entraîner une grande économie de combus-

tible supplémentaire, économie qui sera, semble-t-il, très sensible, dans les turbines à gaz, s'il faut en croire les essais qui ont été tentés chez Thyssen avec la turbine Holzwarth.

Mais l'avantage le plus sensible est jusqu'à présent que les usines qui utiliseront ce mode de récupération, assureront en même temps leur ravitaillement en huiles de graissage et en huiles pour moteurs.

Les grandes usines Thyssen ne se servent plus, pour le graissage de l'ensemble de leurs machines, que des huiles qu'elles séparent elles-mêmes des goudrons qu'elles produisent.

En Angleterre cet exemple est déjà suivi par la Power gas Corporation qui gazéifie également les charbons en gazogène Mond transformé selon les brevets Beswick et Rambush. Le fort rendement en sulfate ammonique des gazogènes Mond ne peut plus être compensé par le surcroît de vapeur à produire par une source de chaleur extérieure pour gazéifier 65-70 % de l'azote du charbon sous forme d'ammoniaque, exigeant 1 3/4 livre de vapeur par livre de charbon; il faut y ajouter la valeur du goudron récupéré.

De plus la gazéification du charbon évite l'ennui de la variation de prix du « smokeless fuel » ou semi coke de la distillation en cornues (fig. 11).

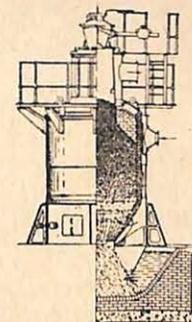


Fig. 11. — Gazogène de la Power gaz corp.

La quantité de vapeur injectée est abaissée à 1 kilogr. par kilogramme de charbon, et la récupération du goudron atteint 75 % de la teneur réelle, soit de 65 à 110 litres suivant la qualité des charbons.

On évite le surchauffage de l'air saturé et ainsi on assure la marche du gazogène à température plus basse et son usure beaucoup plus lente.

Gazogènes à cloche. — Ce type de gazogène est surtout utilisé dans les usines métallurgiques de la Sarre. Le principe en fut inspiré par l'Institut du charbon de Mülheim et par la firme Erhardt et Sehmer et la Société pour la gazéification des combustibles, de Francfort.

Ce principe consiste à faire séjourner le charbon, avant qu'il ne subisse la gazéification elle-même, pendant un temps prolongé dans une cloche chauffée de tous côtés par les gaz chauds ; une tuyauterie, disposée au sommet de cette cloche, permet aux gaz de distillation et aux vapeurs de goudron de se dégager à l'extérieur entraînés par une partie des gaz chauds de la gazéification du charbon (fig. 12).

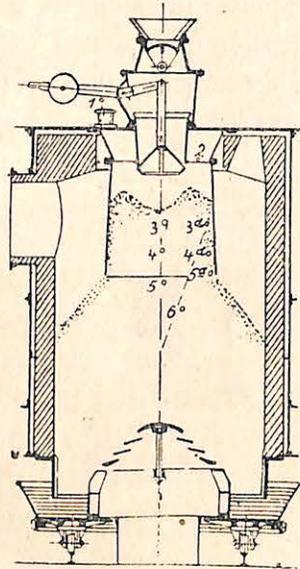


Fig. 12. — Gazogène à cloche.

Une installation de ce genre fonctionne aux aciéries Bismarck en Silésie, et à Burbach elle fut appliquée au début de 1918 à des gazogènes Mond. Elle convient bien aux charbons gras non cokéfiant, qui sont relativement rares, mais présente de graves inconvénients pour les charbons fortement agglomérés parce que l'agglomération obstrue la cloche et arrête la descente ; dans ce cas il se produit des vides dans le gazogène sous la cloche et la masse de combustible qui la remplit, n'étant plus soutenue, s'effondre tout entière sous les coups de ringards qu'on lui applique, avant que la distillation du goudron ne soit terminée.

Le tuyau d'évacuation des vapeurs de goudron s'obstrue souvent par le bitume et le poussier de charbon entraîné.

On y observe aussi des surchauffes locales, qui altèrent le goudron et le polymérisent en augmentant son pourcentage de brai jusque 70 % ; en même temps son rendement tombe à 4 %.

La température de sortie des gaz est de 200° ; elle est de 300° dans la couche supérieure de la cloche, au centre 380-400°, vers le bas au milieu de sa section 470-500°, sous le rebord inférieur de la cloche 600° ; mais elle atteint facilement 650-710° contre la paroi.

Afin d'éviter la surchauffe et l'irrégularité de la descente du charbon dans la cloche celle-ci a été perfectionnée ; elle a été munie de malaxeurs et fermée à sa base par un plateau mobile entraîné par le malaxeur et muni d'un orifice de déchargement, qui distribue le coke régulièrement au gazogène. Les obstructions sont ainsi évitées et les charbons gras, s'agglomérant par la chaleur, sont rendus utilisables (fig. 13).

La température de distillation ne dépasse plus 550° et le rendement en goudron est de 7,3 à 7,5 %.

Ce goudron donne 22-14 % de brai, 25-30 % d'huiles pour moteurs, 16-20 % d'huiles pour broches, 22-16 % d'huiles phénoliques, 8-16 % de résines.

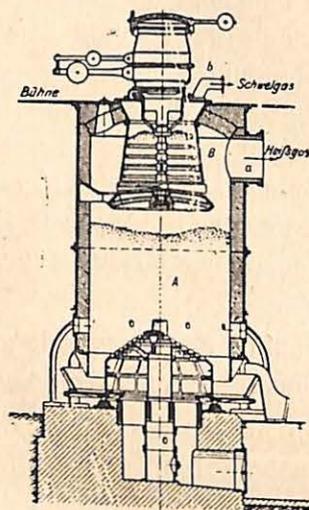


Fig. 13. — Gazogène à cloche fermée et malaxeur.

Le gaz est lavé au contact de goudron à une température de 80-90°, trop élevée pour retenir les benzines, qui sont entraînées et augmentent le pouvoir thermique.

On peut cependant refroidir ces gaz jusque 30° et abaisser d'autant leur teneur en vapeur d'eau.

A Burbach la cloche a été sortie presque complètement de la zone chaude des gaz montant du gazogène, elle est également munie de malaxeurs et d'un plateau distributeur de combustible dégoudronné (fig. 14)

Le gaz mixte contient 22-26 % CO; 10-12 % H₂; 3 % CH₄.

Le charbon n'est pas dégoudronné complètement; au lieu de 8 % de goudron qu'il serait possible d'obtenir, on n'en retire intentionnellement que 6 % afin de laisser au gaz un pouvoir calorifique supérieur.

Chaque kilogramme de charbon fournit 4,3 mètres cubes de gaz, dont 22,5 % sont aspirés à travers la cloche de charbon frais pour sa distillation.

Ce gaz est dégoudronné à 35° et renvoyé dans le gaz de gazogène de sorte que la chute de température que subit celui-ci n'est que de 57°.

Le goudron fournit 25-35 % de brai, 18-25 % d'huiles légères, 13-15 % d'huiles pour broches, 15-25 % d'huiles pour machines.

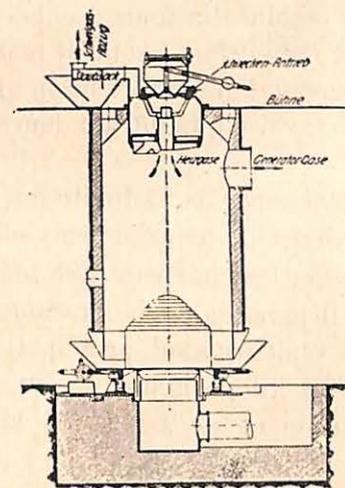


Fig. 14. — Gazogène à cloche Lincke.

Dans ces deux procédés ainsi améliorés l'excédent de charbon à utiliser pour compenser le goudron, d'une part, et la légère chute de température des gaz, d'autre part, ne dépasse pas 10 %; mais cette dépense supplémentaire est largement dépassée par la valeur des huiles puisque celle-ci suffit pour couvrir 65-70 % de celle du charbon mis en œuvre.

L'économie du procédé est donc importante puisque le gaz produit permet d'assurer la marche des fours Martin.

Dans ces deux procédés on ne s'inquiète pas de la récupération de l'ammoniaque et ce point les distingue du procédé de Thyssen.

ANNEXE

Gazogènes à récupération pour la fabrication du gaz à l'eau. — Ces types ont été créés pendant la guerre en raison de la pénurie de charbons gras, causée dans les régions de la haute Allemagne et de l'Autriche éloignées des bassins houillers par la crise des moyens de transport autant que par les besoins des fours à coke.

Les usines à gaz eurent fort à souffrir et durent apporter de grands changements à leur fabrication afin de l'adapter aux charbons de mauvaise qualité qui leur étaient strictement mesurés.

Sans trop se préoccuper de la limite du pouvoir calorifique du gaz d'éclairage du temps de paix elles s'outillèrent pour pouvoir gazéifier les charbons avec le meilleur rendement possible car il paraissait déjà irrationnel que la fabrication du gaz, qui était leur but principal, s'arrêtât à une production de 16-18 kilogrammes de gaz pour 100 kilogrammes de charbon et de 64 à 70 kilogrammes de coke.

Les brevets Strache et Dolensky intéressent la fabrication du gaz à l'eau à partir du charbon gras, avec récupération de goudron primaire et de sulfate ammonique.

Ce problème était tout nouveau car dans les installations pour gaz à l'eau déjà existantes dans les usines à gaz, le coke seul servait de point de départ; mais il devait paraître irrationnel de fabriquer tout d'abord le coke dans des fours à cornues, en perdant délibérément la plus grande partie du goudron, d'en sortir le coke au rouge blanc et de perdre des milliards de calories en le noyant sous l'eau, de le transporter ensuite au loin, de le recharger dans un gazogène, de l'amener de nouveau au rouge blanc et de le gazéifier seulement alors par la vapeur.

Toutes ces opérations se laissent aisément accomplir dans le même appareil avec un gain énorme de calories, de main-d'œuvre et de temps, avec le seul désavantage d'obtenir un gaz de moindre pouvoir calorifique, mais d'un usage très commode quand même si on l'utilise comme tel ou après l'avoir enrichi par un procédé de carburation quelconque. Le gaz à 3.300 calories ainsi obtenu s'est d'ailleurs bien comporté dans tous les usages aux quels on l'a soumis.

Gazogène Strache. — Le professeur Strache, directeur de l'institut pour l'étude de la gazéification du charbon, à Vienne, a inventé un appareil basé sur le principe de la double gazéification du charbon gras, distillé au préalable dans un gazogène à colonne; la colonne est chauffée extérieurement et les gaz riches de la distillation du goudron sont recueillis en mélange avec le gaz à l'eau et dégoudronnés par condensation (fig. 15).

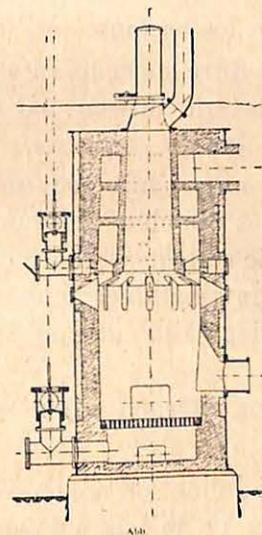


Fig. 15. — Gazogène pour gaz à l'eau à récupération, système Strache.

Le gazogène étant rempli de charbon distillé et la colonne chargée de charbon frais, le charbon distillé est amené à l'incandescence par insufflation d'air; on obtient ainsi du gaz de gazogène qui passe dans les canaux circulaires entourant la colonne, s'y mélangent avec de l'air secondaire et brûlent en communiquant leur chaleur au charbon en voie de distillation; les gaz de combustion sont éliminés au dehors, vers une cheminée, après avoir abandonné leur chaleur récupérable dans un échangeur.

Le charbon distille ses gaz riches et ses goudrons par une tuyauterie verticale partant du sommet de la colonne, gaz et vapeurs sont aspirés sous faible dépression vers les condenseurs de manière qu'ils n'entraînent que le minimum de gaz de gazogène possible.

L'utilisation des chaleurs est donc parfaite et permet de maintenir le charbon en voie de distillation à une température suffisante; la crainte d'une surchauffe est ici exagérée puisque l'air secondaire à mélanger au gaz de gazogène peut être dosé suivant les besoins.

L'insufflation d'air dure deux minutes; elle est remplacée, pendant 6 minutes qui suivent, par une insufflation de vapeur sous la grille fixe du gazogène.

Le gaz à l'eau qui est produit peut maintenant circuler librement à travers les couches de charbon frais dans la colonne, entraînant le reste des goudrons qui distillent; des clapets de retenue automatiques empêchent son passage par le chemin, extérieur à la colonne, suivi par le gaz de gazogène.

Ces deux opérations alternent régulièrement de deux en six minutes.

Le gaz double, qui donne son nom à ce système, mélange de gaz de distillation et de gaz à l'eau, est dégoudronné dans une série de condenseurs et un séparateur et lavé à l'acide pour lui enlever son ammoniac.

Du charbon frais est introduit toutes les demi-heures par la colonne étroite verticale qui continue la colonne de distillation.

100 kilogrammes de charbon silésien ont donné 151,8 mètres cubes de gaz double à 3.330 calories. Ce gaz peut être mélangé en très grande quantité sans inconvénient à du gaz d'éclairage; mais à l'état pur il convient à tous les usages domestiques et industriels.

Le rendement en goudron a été de 7,63 %.

Ce système fonctionne depuis trois ans à l'usine à gaz de Graz pour un débit horaire de 1.000 mètres cubes, ainsi qu'à Vienne, Brünn et Fiume.

Le procédé au gaz double de Strache a été adopté en Angleterre et en Hollande où il commence à se répandre dans les usines à gaz avec les modifications qui lui ont été apportées par les brevets Tully, Smith et K. et A.

Le gazogène *Tully* est très analogue au type Strache décrit et ne comporte que quelques modifications du système de chargement du charbon, de déchargement et de renversement automatique des courants de vapeur et d'air. Il donne de bons résultats pour toutes espèces de charbons.

Le Procédé *Perry* (brevets Smith et K. et A.) associe deux gazogènes Strache en les faisant communiquer par le bas par un canal situé au-dessus de la grille; chacun d'eux est surmonté d'une colonne de distillation entourée d'un massif récupérateur de briques, en échiquier, assez étendu.

L'air y est insufflé à la fois dans les deux gazogènes pendant la phase de réoxydation et le gaz de gazogène va brûler dans les massifs récupérateurs; afin de surchauffer fortement la vapeur, celle-ci est injectée en haut de l'un des récupérateurs qu'elle traverse de haut en bas, de même que le gazogène correspondant; elle gagne ensuite le deuxième gazogène par le canal de communication et passe

de bas en haut vers la colonne de distillation correspondante.

Cette marche est renversée à une période suivante en produisant une alternance continue de direction, d'un gazogène à l'autre.

Tout le massif est fortement calorifugé.

Gazogène de la Dellwick-Fleischer Wassergas Ges., Francfort-s-Main. — Procédé Dolensky au tri-gaz.

Ce procédé réalise un progrès sur le précédent parcequ'il supprime le chauffage extérieur de la colonne de distillation et qu'il permet de recueillir à part le gaz de gazogène et le mélange de gaz double ; C'est pourquoi on le dénomme procédé au tri-gaz (fig. 16 et 17).

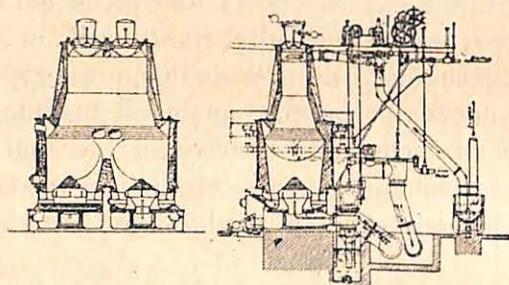


Fig. 16. — Gazogène Dellwick-Fleischer.

Il comprend un grand gazogène allongé, muni à l'origine de grilles fixes coniques, surmonté d'une colonne plus étroite pour la distillation préliminaire des goudrons.

Il est muni de trémies de chargement ; des orifices d'insufflation d'air sont situés à la limite de séparation des zones de gazéification et de distillation, ainsi qu'à hauteur des grilles, au bas du gazogène.

L'originalité de l'appareil réside surtout dans la conduite de la gazéification ; généralement la température du gaz à l'eau engendré dans un gazogène n'est pas assez élevée

pour obtenir une distillation complète du goudron et la plus grande difficulté consiste à pouvoir concentrer suffisamment de calories dans la masse incandescente du coke, non seulement pour que la réaction endothermique du gaz à l'eau se produise favorablement, mais encore pour que les gaz formés se dégagent à une température suffisamment élevée pour qu'ils puissent distiller le goudron du charbon frais à 500° au moins.

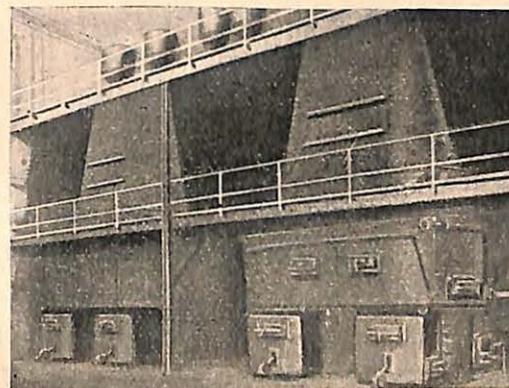


Fig. 17. — Gazogènes Dellwick-Fleischer.

C'est pourquoi le coke arrive dans la zone gazéifiante non complètement dégoudronné et que l'insufflation d'air produit encore des nuages de goudron dans le gaz de gazogène.

Afin de porter la masse de coke à la plus haute température possible, sans toutefois entraîner du gaz à l'eau dans les gaz de distillation, Dolensky insuffle l'air à la fois par l'orifice supérieur du gazogène, de haut en bas, en direction diagonale au travers des couches de coke et par l'orifice inférieur transversalement.

Il en résulte que tout le contenu du gazogène est porté à la température la plus élevée et que la vapeur d'eau introduite par le bas, après l'arrêt de l'insufflation d'air

produira du gaz à l'eau très chaud qui devra traverser des couches de coke incandescent avant de parvenir au charbon frais de la colonne de distillation ; il gardera donc suffisamment de chaleur sensible pour décomposer la matière bitumineuse.

Le gaz de gazogène brûlé par l'excès d'air est recueilli isolément dans un large collecteur à hauteur des grilles et amené au dehors ; quant au gaz à l'eau, il montera directement vers la colonne, entraînant les gaz et le goudron.

Le goudron et l'ammoniaque sont séparés selon l'habitude.

L'étude expérimentale du procédé a été faite à Vienne sur un petit appareil d'une capacité de 80 à 150 mètres cubes à l'heure ; différents lignites de Bohême et de Bosnie ont fourni un gaz à 2500-3000 calories ; du charbon des couches Ostrau, de Silésie, a fourni un gaz à 3500 calories.

La première grande installation a été montée à la mine III-IV de Mathias Stinnes à Gladbeck-Brauck (Essen) et munie sur le désir du propriétaire de deux grilles rotatives : elle fournissait le gaz destiné au chauffage des fours à coke et devait être alimentée par du charbon gras à longue flamme ; la facilité avec laquelle ce charbon s'agglomérait par la chaleur devait faire entrevoir de grosses difficultés, néanmoins la mine voulut courir le risque de ce système tout nouveau et les trois gazogènes qui y furent installés fonctionnèrent pendant une période de 5 mois, jour et nuit, sans accroc. La capacité de chacun d'eux s'éleva à 12-15 tonnes par jour quoique la manœuvre des vannes dût encore être faite à la main et malgré la perte de temps causée par le travail des ringards pour la descente des masses agglomérées. Il est certain que cette capacité s'élèverait à 20 tonnes si tout ce travail était produit mécaniquement.

Ultérieurement le charbon fut remplacé par un mélange à 3/4 de charbon gras et 1/4 de lignite rhénan brut à 55 %.

d'eau et 2300 calories ; celui-ci cependant ne put empêcher totalement la formation de masses agglomérées.

Le rendement en gaz s'élève dans ce cas à 1,5 mètre cube par kilogramme de combustible ; son pouvoir calorifique oscille entre 2500 et 3000 calories ; il se compose de :

13,3 %	CO ₂	51,5 %	H ₂
23,9	CO	5,5	CH ₄
0,3	Hydroc. sat.	5,5	N ₂

Le rendement en goudron est de 5-6 %, il est susceptible d'être augmenté par un changement approprié de la colonne de distillation.

Le goudron est très fluide, il contient 35 % de phénols et acides résineux.

Soumis à la distillation dans le vide, il donne 26,7 % d'huiles pour moteurs et broches, 32,5 d'huiles très visqueuses, 3,3 de paraffine cristallisée, 26 de brai.

Le déficit provient de plusieurs causes : tout d'abord l'agglomération des masses de coke qui ne permettent pas une distribution régulière des gaz chauds et produisent des canaux de circulation qui doivent être fatalement surchauffés ; les goudrons, qui doivent suivre le même chemin, y subissent une altération et en arrivant dans la zone gazéifiante la distillation de l'intérieur des masses n'est pas complète. De plus, à cause de la chaleur intense qui règne dans le gazogène, il s'y produit une scorification partielle des cendres qui gêne la descente régulière vers les grils et exige l'intervention des ringards ; c'est le défaut général de tous les gazogènes pour gaz à l'eau.

Il en résulte que des améliorations doivent encore être apportées à l'appareil ; les nouvelles installations faites à l'usine à gaz de l'ouest de Francfort ont d'ailleurs donné des résultats moins favorables que celle dont il est question

ci-dessus, le rendement du gaz à l'eau est nettement inférieur au précédent (111 mètres cubes au lieu de 151).

Le gazogène a donné des résultats plus favorables pour le lignite, combustible auquel il semble mieux adapté, en raison du mode de chauffage interne de la colonne de distillation et parce que l'agglomération du coke est nulle et que la distillation du goudron est ainsi beaucoup plus régulière et plus rapide.

Un lignite de Bohême très riche a donné 15 % de goudron.

Gazogène de Mac Laurin. — Cet appareil représente une forme intermédiaire entre le gazogène et la cornue verticale de distillation ; il se rapproche des types étudiés ci-dessus mais les deux compartiments sont séparés, d'une part le gazogène dans lequel on gazéfie le coke en produisant un gaz suffisamment chaud qui traverse immédiatement une cornue voisine remplie de charbon en voie de distillation. La chaleur fournie à ce charbon est donc uniquement interne et les gaz entraînent les goudrons et les gaz de distillation et peuvent être utilisés comme source de force motrice après condensation du goudron et de l'ammoniaque.

La cornue de distillation est très spacieuse et peut contenir 25 tonnes de charbon ; toutes les heures on y introduit par la trémie une tonne de charbon frais, tandis que l'on en retire, au dessus de la grille, un volume égal de semi-coke.

Le semi-coke est trié ; il donne environ 80 % de gros, vendu comme combustible sans fumée ; le restant est utilisé dans le gazogène.

Ce système paraîtrait désavantageux s'il n'avait pour but de fabriquer surtout le combustible pour foyers domestiques, puisqu'il exige une main-d'œuvre supplémentaire pour les transvasements de matière ; mais il est relativement écono-

mique parce que son capital d'installation est faible et que sa construction n'exige pas trop de dépenses en produits réfractaires devant résister à une température très élevée.

Le rendement est pour un charbon américain à 35 % de matières volatiles et 7,7 % d'humidité :

550 kil. de coke à 80 % de gros par tonne de 1016 kil.

70-73 kil. de goudron.

785 mètres cubes de gaz à 1725 calories.

Le bilan thermique de l'opération ne donne qu'une perte de calories de 11,3 % largement compensée par la valeur du goudron récupéré.

3° *Les fours rotatifs* pour la distillation continue des charbons à basse température ont été utilisés surtout en Allemagne et en Angleterre ; ils ont été construits, sous l'inspiration du type de laboratoire, dont s'est servi le professeur F. Fischer à l'institut pour l'étude du charbon, à Mülheim, et ont été copiés des grands fours rotatifs utilisés pour le séchage continu et des fours à ciment.

Le type industriel comprend un cylindre en tôle de grande dimension entraîné en rotation lente par une crémaillère mue par pignon denté et reposant sur des supports à galets mobiles ; le cylindre, fermé à ses deux extrémités par des panneaux fixes communique, d'une part, avec une trémie de chargement à écoulement continu facilité par une vis sans fin, d'autre part avec les appareils condenseurs du goudron ; il est enfermé dans un massif en maçonnerie et chauffé par une série de brûleurs.

La poussée en avant du charbon est assurée par divers moyens ; dans le four de Thyssen le charbon suit pendant la rotation une arête en spirale de quelques centimètres de hauteur dont l'écartement de spire règle la durée du séjour dans le four et permet de prévoir le temps nécessaire pour la propulsion d'une distance déterminée, con-

naissant le nombre de tours du tube ; ce tube est parfaitement horizontal dans ce cas. Dans le four Coppée nous voyons le même dispositif. Quant au four de Fellner et Ziegler il ne comprend vraisemblablement pas cette arête puisqu'il est légèrement incliné et il représente donc le type le plus simple, mais peut-être le mieux adapté à la distillation de charbons agglomérants.

Le système de distillation du charbon en fours rotatifs présente de nombreux avantages :

a) il est rapide, continu et de grand rendement, permettant, dans les installations récentes, le traitement de 100 T. par jour ;

b) le charbon est mauvais conducteur de la chaleur et la transmission est très lente dans les systèmes fixes par cornues verticales ; dans les fours rotatifs, au contraire, la transmission est rapide parce que la couche de charbon en mouvement est faible et que son agitation continue amène à chaque instant de nouvelles masses en contact avec la paroi chaude ; la durée de ce contact étant très courte, elle suffit pour désagréger la matière bitumineuse sans production de surchauffe ;

c) l'augmentation de température est lente et progressive jusqu'à un maximum de 500-525° inférieur à la température de pyrogénéation des vapeurs ;

d) il permet d'utiliser le poussier, ce qui n'est pas possible pour les gazogènes, ni les cornues verticales et le rendement est encore meilleur, dans ce cas, que pour les morceaux classés ; le rendement atteint 90 % de la quantité réelle de goudron et celui-ci est de bonne qualité ; ce rendement est nettement supérieur à celui des gazogènes à récupération.

Le gaz dégagé possède un très grand pouvoir calorifique ; il est aspiré sous faible dépression vers les appareils condenseurs ; son faible volume (70-140 m³) comparé à

celui des gazogènes (1,500 m³ pour le gaz à l'eau, 4,000 m³ pour le gazogène mixte) rend la condensation du goudron très aisée.

Alors que la récupération en gazogène ne permet pas d'obtenir les huiles légères, entraînées dans l'énorme masse de gaz produit, la séparation nette de la phase distillatoire et de la phase gazéifiante en deux opérations distinctes permet au contraire de récupérer la presque totalité des hydrocarbures légers, en partie dans le goudron condensé et en partie par lavage des gaz à l'huile lourde.

Le gaz dégagé peut servir à chauffer directement le four rotatif ; on peut le réserver pour d'autres usages plus utiles et le remplacer dans ce cas par du gaz de gazogène (soudure autogène, cémentation de l'acier, chauffage des fours Siemens-Martin pour aciers spéciaux.)

Le coke est éliminé en marche continue et tombe d'abord dans une chambre de refroidissement d'où on le recueille en wagonnets.

En comparant le pouvoir calorifique d'un charbon gras introduit à la somme des pouvoirs calorifiques de tous les sous-produits : coke, gaz, goudron, on constate un déficit de 600 calories par kilogramme de charbon ; cette quantité de chaleur représente la chaleur qui doit être fournie au charbon pour la distillation du goudron et des gaz, elle permet de calculer la quantité de gaz de chauffage dont on doit pouvoir disposer.

Le coke n'est pas toujours de qualité marchande comme combustible domestique, sa résistance à l'écrasement est trop faible, il est souvent friable et boursoufflé quand il provient de charbons à gaz et ne résiste pas aux manipulations du transport. Il peut cependant servir avantageusement, après classement, comme combustible pour gazogène et pour la fabrication de briquettes ; il constitue sous cette forme un bon combustible pour locomotives.

Le travail en four rotatif est rendu difficile par l'emploi de charbons gras ; ceux-ci, en devenant plastiques, s'accrochent aux parois du four et les recouvrent d'une croûte de coke continue qui diminue énormément la transmission de la chaleur.

On a essayé de remédier à ce grave défaut ; F. Fischer a proposé de tasser le charbon, pendant qu'il foisonne, sous le poids d'un rouleau entraîné librement par la rotation du four et retombant chaque fois.

Un autre procédé analogue consiste à utiliser des crochets en tôle qui, en retombant sur leurs arêtes, brisent les masses agglomérées et les détachent de la paroi (Fusion).

On peut aussi introduire dans l'axe du four (Fellner et Ziegler) une tige mobile munie de racloirs qui nettoient la surface du cylindre lisse.

La vis hélicoïdale des fours Thyssen et Coppée ne peut que favoriser le blocage en cas de traitement de charbons gras qui peuvent s'agglomérer.

Four rotatif de Thyssen. — La première grande unité fut installée aux ateliers de construction de machines Thyssen à Mülheim en juin 1919 ; le tube avait 24 mètres de longueur, 2^m,50 de diamètre et le four avec sa maçonnerie avait 4^m,50 de haut ; sa capacité est de 100 tonnes de charbon par jour (fig. 18, 19 et 20).

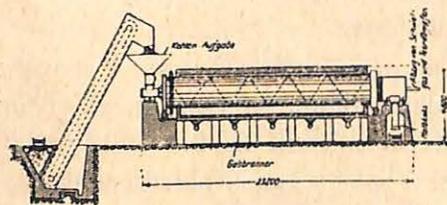


Fig. 18. — Four rotatif Thyssen.

Cette unité fonctionne sans arrêt et d'autres lui ont été associées depuis ; il résulte cependant de renseignements

privés, que nous n'avons pu contrôler, que le tube s'abîme assez rapidement à cause de la température élevée — 650-700° — à laquelle il est soumis et qu'il exige des réparations importantes au bout d'un certain temps ; il est probable que ces bruits sont exagérés car les usines Thyssen cherchent à vulgariser l'installation par une publicité assez intense.



Fig. 19. — Four rotatif Thyssen.

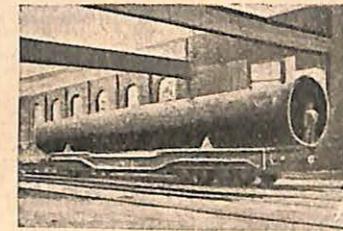


Fig. 20. — Tube du four Thyssen.

Du charbon gras longue flamme des mines de Friedrich Thyssen a donné aux essais des résultats très encourageants, supérieurs à tous ceux qui sont acquis par les procédés déjà décrits :

Une tonne de charbon Lohberg donne
 100 kgr. de goudron condensé directement
 30 kgr. d'essence légère du lavage des gaz
 150 m³ de gaz à 7.000 calories
 650 kgr. de semi-coke à 6.000 calories

après défalcation de la quantité de coke nécessaire pour obtenir le gaz de chauffage en gazogène.

Le gaz répond à la composition suivante :

CO ₂	6,3 %	CO	4,6 %
C _n H _{2n}	10,6	H ₂	0
O ₂	2	CH ₄	64,6
		N ₂	11,9

L'oxygène et le quadruple de son volume retranché de l'azote représentant l'air aspiré dans le four; ce volume d'air correspond ainsi à 10 % de gaz, soit 15 m³ par tonne de charbon.

Du poids de semi-coke obtenu il a été défalqué la quantité correspondant à la chaleur nécessaire pour le chauffage du four, soit, à raison de 600 calories par kilogramme de charbon, 100 kilogrammes de semi-coke par tonne.

Le bilan thermique s'établit donc comme suit :

1 tonne de charbon = 6.800.000 calories donne :

150 m ³ de gaz à 7.000 c. = 1.050.000 cal.	} total
100 kg. goudron à 8.600 c. = 860.000 »	
650 kg. coke à 6.000 c. = 3.900.000 »	
30 k. huile légère à 10.000 c. = 300.000 »	
	6.110.000 c

Le rendement thermique représente donc 90 %.

Les essais faits avec du lignite de Hirschfeld (Saxe) ont donné 150 m³ de gaz à 4 000 calories et 65 kilogrammes de goudron à la tonne.

Le semi-coke se laisse utiliser aussi bien comme combustible pour gazogène que pour chaudière; à l'état de briquettes il convient très bien pour foyers domestiques, son briquetage exige un pourcentage de brai moindre que celui du poussier du charbon; il constituerait donc sous cette forme un combustible excellent pour locomotives.

Le four rotatif conviendrait aussi bien à la distillation de schistes bitumineux, de tourbe, de lignites.

Il semble que les derniers types de fours construits par Thyssen ne respectent pas le principe de la circulation des vapeurs à contre-courant du charbon; il en résulte que les vapeurs de goudron distillant au début, comprenant des hydrocarbures hydro-aromatiques et naphthéniques assez sensibles à l'action de la surchauffe, sont obligés de passer

sur des couches de coke très chaud avant de parvenir au dehors et qu'ils doivent y subir des altérations notables.

Ce nouveau dispositif aurait été imposé par les difficultés que l'on éprouve dans l'élimination des vapeurs du côté où entre le charbon, la chute de celui-ci dans le four produisant un nuage de poussière qui est entraînée par les gaz et obstrue les canalisations de sortie; cet entraînement est bien moins sensible du côté où tout le charbon est déjà transformé en coke.

Four rotatif « Fusion ». Ce four, qui a été proposé tout récemment en Angleterre, se compose de deux tubes concentriques, le tube intérieur reposant dans des cadres rectangulaires encastrés dans le tube extérieur; celui-ci est garni à ses deux extrémités de crémaillères et repose sur des galets mobiles. Ils sont entraînés ensemble suivant le même mouvement (fig. 21).

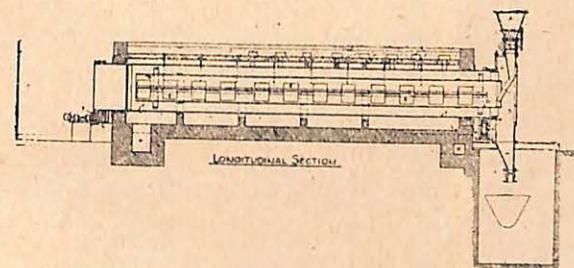


Fig. 21. — Four rotatif « Fusion ».

Ils communiquent d'un côté avec une trémie de chargement qui déverse le charbon broyé dans le tube intérieur, tandis que le coke chaud tombe immédiatement en dessous dans une cheminée; l'autre extrémité du tube extérieur, qui est plus long que le tube intérieur, est fermée par un panneau transversal.

Le diamètre du tube intérieur est de 45 centimètres, celui du tube extérieur 75 centimètres, la longueur du tube extérieur est de 6^m,70.

Le dispositif des deux tubes est heureux car il permet d'économiser une partie de la longueur en tirant parti des chaleurs entraînées par les gaz chauds pour amener le charbon progressivement à la température de distillation en vaporisant son eau d'humidité par chauffage indirect.

On ne voit cependant pas clairement comment est assurée la propulsion régulière de la matière puisque les tubes sont verticaux.

L'accroissement de température du charbon est régulier jusque 300° à l'extrémité du tube intérieur, puis très rapidement à 475° dans le tube extérieur chauffé directement; il reste à cette température sur une distance d'une douzaine de pieds en distillant vivement son goudron, il se refroidit légèrement avant de retomber à l'état de semi-coke dans la cheminée, étant revenu à son point de départ.

Mais les charbons très gras, tels que ceux qui sont utilisés en Angleterre, peuvent s'agglomérer au début de leur zone de distillation et provoquer un arrêt dans la marche ainsi que l'obstruction des tubes et de la vis transporteuse de l'entrée; afin d'obvier à cet inconvénient l'auteur a imaginé des croisillons en fonte ou en tôle épaisse reposant librement dans le tube intérieur et entraînés d'un certain angle par la rotation; au moment de leur chute ils cognent de leurs arêtes la masse plus ou moins agglomérée et la brisent; ils produisent ainsi l'action de concasseurs sans pulvériser les morceaux désagrégés. Un dispositif analogue pourrait être prévu dans l'espace annulaire séparant les deux tubes, car c'est là, à notre avis, que le danger de l'obstruction doit être le plus grand.

Le chauffage des tubes se fait au moyen de gaz de gazogène mélangé à l'air dans une chambre de combustion spéciale disposée latéralement et d'où les gaz de combustion se répandent autour des tubes en circulant d'une extrémité à l'autre, dirigés par des chicanes.

Les chaleurs perdues peuvent être utilisées au collecteur de sortie, dans des économiseurs pour vaporisation d'eau.

Les gaz et vapeurs de distillation circulent à contre courant du charbon; aspirés du tube extérieur ils parcourent l'espace annulaire, puis le tube intérieur jusqu'à la tuyauterie située dans la paroi de la trémie près de l'entrée du charbon.

Le four d'une capacité de 50 tonnes par jour coûte 3,600 liv. st. avec les accessoires et n'exige qu'une force de 6 HP. pour la rotation; aucune donnée numérique n'a été fournie sur les rendements, la composition des gaz ou des goudrons; son étude n'a pas encore dépassé la période des essais.

Four E. Coppée. — Ce four qui a déjà fait ses preuves pour la distillation du lignite, pour lequel il avait été conçu, va être essayé bientôt pour la distillation des charbons à basse température en Belgique; il nous paraît donc utile d'en donner ici la description parce qu'il est construit suivant une idée toute différente de ceux que nous avons déjà décrits, mais très originale.

Les fours que nous connaissons déjà consomment beaucoup d'énergie calorifique, de plus les énormes cylindres se déforment rapidement à cause de la surchauffe prolongée à laquelle ils sont soumis, la paroi métallique étant tout entière en contact direct avec la flamme très chaude, alors qu'elle n'est recouverte que partiellement à l'intérieur par la matière à traiter.

Le four Coppée réalise un mode de chauffage uniquement intérieur au moyen d'un tube en tôle ondulée parcouru intérieurement par des flammes de gaz; le tube extérieur est entraîné avec lui en rotation lente (fig. 22).

Ce mode de chauffage rend donc inutile la maçonnerie des chambres de chauffe entourant le four rotatif dans les procédés Thyssen et Fusion et il en résulte une économie

sérieuse dans l'installation du four ; la visite et les réparations courantes s'en trouvent également grandement facilitées.

Afin de réduire les pertes de chaleur par rayonnement et d'assurer le meilleur rendement du système de chauffage intérieur, le cylindre, construit en tôle épaisse, est revêtu à sa surface interne d'un revêtement réfractaire calorifuge qui assure sa conservation.

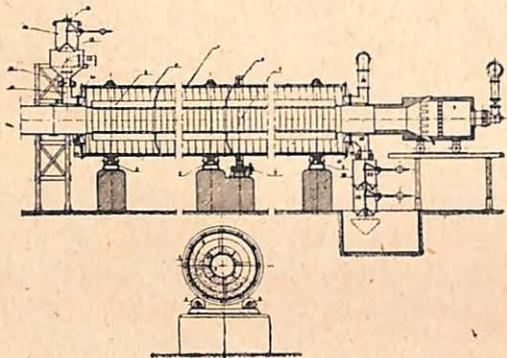


Fig. 22. — Four E. Coppée.

Le cylindre extérieur repose à ses deux extrémités et en son centre sur des galets et le mouvement de rotation lui est transmis par un anneau à crémaillère situé vers le milieu de sa longueur, au moyen d'un pignon denté.

Mais le tube central ne constitue pas seulement la paroi chauffante, il sert aussi d'agitateur continu au moyen de palettes longitudinales insérées suivant 8 génératrices sur toute sa longueur ; pendant la rotation ces palettes brassent la masse à traiter, en entraînent une grande quantité sur leur tranche et l'étalent sur la surface entière du tube au moment où le mouvement rotatif l'amène à la hauteur maxima ; ainsi se trouve réalisée la meilleure utilisation possible de la paroi chauffante qui reste complètement couverte de la matière en voie de distillation, à part un très faible secteur.

Ce tube s'emboîte extérieurement dans un brûleur qui comprend les tubes d'amenée du gaz combustible et de l'air réglables et un appareil mélangeur à la sortie duquel se produit la combustion ; les gaz chauds circulent dans le sens opposé à celui du charbon ; le brûleur est porté sur chariot mobile qui se déplace facilement sous l'effort des dilatations et permet aisément la visite de l'intérieur.

Les matières à distiller cheminent dans le four, comme dans le four Thyssen, grâce à une vis hélicoïdale dont la palette est inclinée dans le sens de la marche.

Le chargement se fait par une trémie à clapet et couvercle formant sas, reliée au chenal d'entrée dans le four au moyen d'un joint hydraulique permettant le libre déplacement de la trémie, le chenal faisant corps avec le panneau de fermeture du four.

La vidange se fait à l'extrémité opposée par un chenal communiquant avec un sas à deux clapets se vidant dans des wagonnets, muni d'un joint hydraulique ; un petit jet d'eau éteint le coke au-dessus du clapet supérieur à mesure qu'il sort du four, la vapeur étant éliminée par la tuyauterie d'aspiration des gaz de distillation immédiatement au-dessus du tube chauffant.

Les gaz de distillation sont éliminés à la fois aux deux panneaux de fermeture ; ceux-ci ne participent pas à la rotation et leur emboîtement sur les couronnes du corps cylindrique du four est maintenue hermétique pendant la rotation au moyen de galets à ressorts dont la tension est réglée par des vis fixées dans des supports boulonnés sur la couronne tournante (fig. 23).

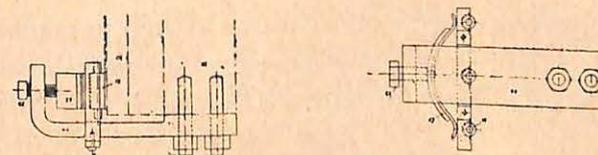


Fig. 23. — Four E. Coppée, dispositif de serrage du panneau de fermeture en profil et en plan.

Ce four a donné de bons résultats pour la distillation du lignite, mais ceux-ci ne s'agglomèrent pas pendant le chauffage et il est probable qu'il devra subir quelques transformations avant de pouvoir s'adapter à nos charbons gras; il est à craindre que le corps chauffant va se calorifuger bien vite par la couche de coke de plus en plus épaisse qui va le recouvrir à cause de l'ondulation de la tôle et des palettes de malaxage qui vont l'accrocher et que la vis de circulation des matières va se bloquer par le coke aggloméré. Quoiqu'il en soit il y a lieu de féliciter la grande firme qui sera la première dans notre pays pour l'application de ces nouveaux procédés et à souhaiter que le succès vienne couronner ses efforts (1).

Four rotatif de Fellner et Ziegler. — Les ateliers de construction de machines Fellner et Ziegler, de Francfort, viennent de créer un nouveau type de four rotatif dont les deux premiers exemplaires ont été construits pour la Gelsenkirchener Bergwerks A. G.

Alors que les fours de Thyssen et de E. Coppée sont verticaux et garnis intérieurement d'une arête en spirale qui assure la propulsion des matières, celui-ci est à paroi intérieure complètement lisse et la marche du charbon est provoquée par une légère inclinaison du cylindre et par sa rotation lente.

Le cylindre est construit en tôle de 18 millimètres, les têtes de rivets se trouvant à l'intérieur; sa longueur est de 20 mètres et son diamètre 2,5 millimètres, l'inclinaison est de 5 %, la différence de niveau d'une extrémité du four à l'autre est donc de 1 mètre.

Près de chaque extrémité se trouve rivé un anneau par lequel le tube repose entre des paires de galets de soutien plats, qui ne peuvent opposer de résistance à sa dilatation

(1) Je tiens à remercier ici M. Brichant, directeur technique de la firme E. Coppée, d'avoir bien voulu me communiquer le texte des brevets et les croquis.

et à sa rétraction. Les galets, à leur tour, reposent sur des axes soutenus par un bloc, qui peut être relevé et abaissé de manière à faire varier légèrement le degré d'inclinaison du tube (fig. 24).

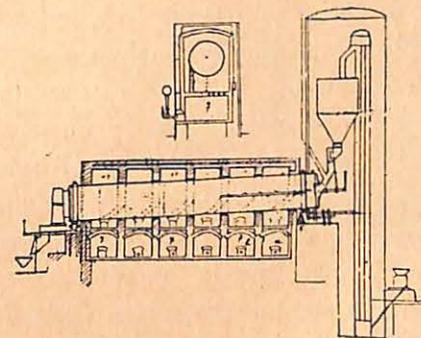


Fig. 24. — Four rotatif Fellner-Ziegler.

Le tube est retenu dans sa tendance à glisser vers le bas par un arrêt (5) sur lequel vient buter l'anneau de l'extrémité la plus élevée.

Il est enfermé, à la distance de 1 mètre à partir de chaque extrémité, dans un massif de maçonnerie comprenant deux étages de six chambres exactement superposées; dans les chambres de l'étage inférieur se trouvent des portes latérales en tôle, percées d'un trou, qui laisse passer la pointe des brûleurs à gaz; la moitié longitudinale du plafond qui les recouvre est criblée d'ouvertures pour le passage des gaz chauds à l'étage supérieur. On empêche ainsi le contact direct des flammes avec la paroi métallique du four et on protège celle-ci contre l'oxydation.

Les six chambres de l'étage supérieur sont les chambres de chauffe proprement dites, car elles entourent complètement le tube, les parois transversales se rapprochent juste assez de celui-ci pour frôler à peine les pointes des rivets. Ces chambres reçoivent donc les gaz chauds par les ouvertures de leur base, les gaz circulent autour du tube et sont

obligés de passer par un canal, formé par une paroi longitudinale d'arrêt, qui les envoie dans la chambre suivante de l'étage inférieur, de là de nouveau à l'étage supérieur et ainsi de suite.

Le premier brûleur (*a*) reçoit le plus grand volume de gaz combustible parce que le charbon à cette hauteur est encore froid et humide; la température de la première chambre de chauffe est de 620°; en passant dans la seconde chambre les gaz, qui se sont refroidis entretemps, reçoivent une quantité de chaleur supplémentaire du brûleur (*b*), puis dans les chambres suivantes jusqu'à la cinquième, de manière que la température reste constante à 600° environ. La sixième chambre n'est plus chauffée et se trouve à 500°.

Dans ce système, comme dans les derniers fours de Thyssen et pour les mêmes raisons, sans doute, le principe de la circulation à contre-courant des vapeurs distillées et du charbon n'est pas respecté, les vapeurs sont éliminées du même côté que le coke chaud.

La température du charbon dans le four croît rapidement jusque 490°; la sortie des gaz et des vapeurs se produit à 370°; afin d'empêcher la condensation du goudron dans la partie antérieure du four celle-ci est calorifugée.

Le charbon qui doit être introduit dans le four est d'abord broyé dans un broyeur d'une capacité de 3 tonnes par heure, il est élevé par une chaîne à godets dans une trémie de grande dimension communiquant avec un appareil distributeur dont le débit peut être réglé à volonté au moyen d'un clapet.

Le panneau transversal, faisant corps avec le chenal d'arrivée du charbon, est traversé par une tige fixée dans un presse-étoupe, portant une série de racloirs à l'intérieur du four dans lequel elle se prolonge jusqu'à une distance de 7 mètres; ces racloirs nettoient la surface interne du

coke adhérent et, afin que le nettoyage soit complet, un côté de la partie extérieure de la tige est taillé en crémaillère, qui se meut sur un pignon denté d'avant en arrière et inversement, sur une distance de 1 mètre.

La durée du séjour du charbon dans le four est de 3 h. 1/2; la capacité est de 54 tonnes par jour.

Le coke tombe à la sortie dans une caisse contenant une boîte cylindrique mobile fermée à sa base par la paroi de la caisse et pouvant se vider au-dessus de wagonnets par une rotation de 180°; ce dispositif empêche toute perte de gaz.

Traitement du gaz de distillation. — Le gaz entraîne des poussières de charbon et des vésicules de goudron très lourd; il passe d'abord par un séparateur de poussières formé de deux cônes superposés enfermés dans un cylindre fermé, où se produit le dépôt des particules solides à cause de la grande diminution de vitesse qu'y subit le gaz. En même temps s'y dépose une petite fraction d'un goudron très épais qui est perdu parce que sa manipulation n'est pas compensée par le bénéfice que procurerait son traitement ultérieur. Le gaz sort du cylindre par deux tuyauteries montantes. Comme le cône inférieur s'obstrue facilement, deux de ces appareils sont disposés parallèlement, l'un d'eux pouvant toujours être mis hors circuit par un jeu de vannes.

Le gaz passe ensuite dans un réfrigérant à air, sorte d'échangeur cylindrique à tubes de circulation d'air froid, d'où il sort à 135°; puis dans un laveur centrifuge de Feld alimenté au goudron qu'il quitte à 82°, enfin dans un réfrigérant à eau. Un petit aspirateur Bamag le refoule ensuite vers l'appareil de débenzine par lavage au moyen de l'huile lourde, suivant un procédé absolument analogue à celui du débenzole du gaz de fours à coke (fig. 2).

Il comprend :

1° *deux colonnes de lavage* où circule l'huile lourde à contre-courant, l'huile fraîche étant pompée du réservoir *a* et arrivant saturée dans le réservoir *g* ;

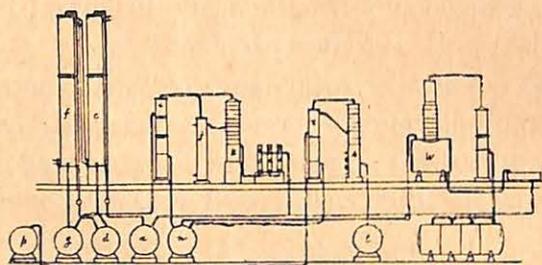


Fig. 25. — Lavage des gaz de distillation et fractionnement d'huile légère.

2° *l'appareil de débénzine de l'huile*. — Celle-ci est pompée du réservoir *g* vers un échangeur *i*, puis un surchauffeur *j* dans lequel elle est portée à 115-120° au moyen de vapeur vive, de là elle se déverse sur les plateaux de la colonne *k* à la rencontre d'un courant de vapeur, lequel entraîne l'essence qui distille vers l'échangeur *i*, puis vers un réfrigérant, de là à un réservoir de décantation d'où l'essence coule au réservoir *n* à essence brute; quant à l'huile elle est refroidie dans les réfrigérants *o* et retourne au réservoir *a*.

3° *l'appareil pour la déshydratation du prégoudron*. — Il comprend un réservoir à prégoudron *p* d'où le goudron est pompé vers l'échangeur *r* et s'écoule sur les plateaux de la colonne *s* où il arrive en contact avec des faisceaux de tubes à vapeur vive; l'eau distille avec une grande partie de l'huile légère; le mélange des vapeurs va à l'échangeur *r*, puis au réfrigérant, puis au décanteur d'essence, celle-ci s'écoulant au réservoir *n* à essence brute;

4° *l'appareil rectificateur pour l'essence légère*. — Celle-ci est pompée de *n* dans une chaudière discontinue surmontée d'une colonne de fractionnement à plateaux; les diverses fractions sont recueillies à part et le résidu lourd est remélangé à l'huile de lavage.

Rendements. — Ils dépendent avant tout de la nature du charbon et le bon rendement en huiles, qui sont le sous-produit le plus important, exerce une grande influence sur le prix de vente du semi-coke; comme les charbons qui s'agglomèrent facilement rendent le travail difficile, il est préférable d'utiliser les charbons gras qui ne conviennent pas à la fabrication du coke et donnent un coke plus ou moins pulvérulent.

Le rendement suivant est obtenu avec un charbon gras de cette espèce de la mine « Prince Hardenberg » à Gelsenkirchen; ce charbon contenait 5,95 % humidité, 28,8 % de matières volatiles et 15,08 % de cendres.

54 tonnes ont donné, en un jour de travail :

41,6 tonnes de coke	ou 77,04 %.
3,74 » goudron	6,46 »
0,78 » » lourd	0,78 »
853 kgrs goudron benzine	1,58 »
5.495 m ³ de gaz	110 m ³ /tonne.

Le triage du semi-coke a donné 42,6 % de morceaux de plus de 30 millimètres, et 57,4 % de petit coke et de poussier; ce rendement assez défavorable est dû en partie au pourcentage élevé des cendres.

L'utilisation directe en gazogène s'en ressent évidemment, le travail étant rendu assez irrégulier à cause du poussier abondant; mais l'emploi étant fait uniquement du gros a donné des résultats irréprochables.

Les parties fines ont été broyées à 6 millimètres, chauffées et mélangées avec 2-6 % de brai dur; les briquettes ont donné avec

2 % de brai une résistance à l'écrasement de 60 kgr/cm ²	
5 % » » » 90 »	
6 % » » » 100 »	

Pratiquement le taux de 5 % est donc suffisant.

Utilisé comme combustible dans les locomotives de l'usine il n'a montré qu'un seul désavantage, le tender ordinaire ne suffisant pas pour emporter la charge nécessaire en un jour, à cause de la faible densité apparente qui n'est que le 1/3 de celle du charbon, soit 246 kgr. par m³.

Ces résultats, quoique déjà favorables, sont susceptibles d'être améliorés car cet appareil en est encore à la période des essais.

4° *Foyer de chaudière à récupération de goudron.* —

Le principe en a été appliqué pour la première fois dans les brevets de Josse, repris par la Société J. Pintsch et le premier exemplaire de foyer de chaudière permettant une alimentation continue de charbon tout en récupérant le goudron, vient d'être installé à la grande centrale électrique de Berlin-Lichtenberg.

La construction en a été réalisée suivant une idée très simple et elle peut s'adapter à n'importe quel foyer muni d'une grille mécanique (fig. 26 et 27).

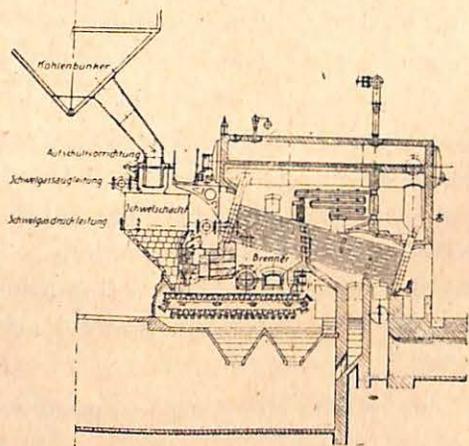


Fig. 26. — Foyer de chaudière à récupération.
Coupe transversale.

Elle comprend un dispositif de distribution automatique du charbon, une caisse de distillation préliminaire et les appareils condenseurs de goudron.

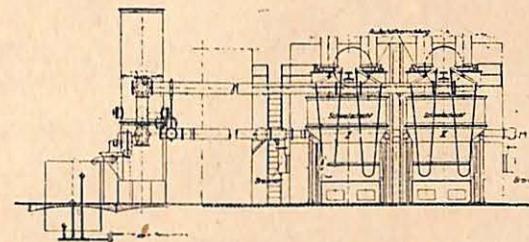


Fig. 27. — Foyer de chaudière à récupération (face).

Le distributeur se compose de la trémie, du chenal d'arrivée du charbon et du clapet permettant de régler l'écoulement.

Le charbon tombe dans une caisse rectangulaire en tôle épaisse occupant toute la largeur du foyer et descend lentement dans un espace évasé, revêtu intérieurement de briques réfractaires, jusqu'à la grille mécanique sur laquelle il se déverse à l'état de semi-coke et qui l'entraîne vers l'intérieur.

Ce semi-coke n'est pas graphité; il est donc complètement et facilement combustible; la mauvaise combustion des charbons sur grille doit être attribuable à la présence de coke fortement graphité par l'action brusque d'une très haute température sur le charbon bitumineux.

Cette cause de perte est ici éliminée par la distillation préliminaire.

Une partie des gaz de combustion très chauds est aspirée à travers les couches de charbon et les chauffe à une température suffisante pour produire une distillation continue de gaz et de vapeurs de goudron, ce mélange passe par la tuyauterie qui se trouve au sommet de la caisse de distillation, à hauteur du clapet de distribution; il est

entraîné vers un réfrigérant, dans lequel se condensent les vapeurs, passe par l'aspirateur et est refoulé ensuite vers un séparateur de brouillard de goudron du type Pelouze et vers un brûleur à gaz situé en dessous des tubes de la chaudière.

Le gaz dégoudronné est mélangé avec un volume d'air suffisant pour sa combustion totale.

Le goudron se dépose dans le condenseur, l'aspirateur et le séparateur dont il s'écoule par un trop-plein vers un réservoir commun.

Les seules pertes de chaleur proviennent du goudron et du volume gazeux qui est aspiré du foyer et refroidi, mais la plus grande partie de cette chaleur est échangée avec le charbon et provoque la distillation.

Des manomètres indiquant la pression du gaz à la sortie de la caisse et au refoulement devant le brûleur permettent de régler la marche de l'aspirateur.

La température est de 600° environ au bas de la caisse, elle augmente sensiblement en descendant vers le foyer et diminue en montant dans le charbon ; le volume de gaz chaud aspiré doit être assez grand pour que les vapeurs ne puissent pas se condenser dans les couches supérieures du charbon, soit vers 200-250°.

Le pourcentage de goudron obtenu représente les 9/10 de la quantité théorique, si cette condition est remplie ; il croît donc avec la quantité de gaz aspiré, le maximum (soit 5,6 % pour des briquettes de lignite) correspondant à 0,6-0,7 mètre cube par kilogramme de combustible ; en même temps le pouvoir calorifique des gaz s'élève jusque 1.460 cal. parcequ'il s'enrichit en gaz de distillation.

Il conviendrait d'utiliser ce gaz dans des moteurs à gaz pauvre, plutôt que de le renvoyer sous la chaudière.

Il est très riche en gaz carbonique et en contient d'autant plus que le combustible est plus riche en composés oxygénés.

Le rendement en goudron est d'autant meilleur que le temps pendant lequel le charbon séjourne dans la caisse est plus long, la caisse doit donc être très spacieuse ; elle doit avoir un volume intérieur d'au moins 12 mètres cubes pour une consommation horaire de 3 tonnes pour que cette durée de séjour soit assurée.

S'il n'en était pas ainsi le combustible arriverait trop vite dans la zone de 700° et le rendement en goudron s'en ressentirait.

L'installation convient fort bien au lignite ou à tout charbon gras ne s'agglomérant pas ; telle qu'elle est conçue elle ne conviendrait pas à nos charbons agglomérants mais des modifications en ce sens sont déjà à l'étude.

Le goudron obtenu n'a pas dépassé la température de 750° parcequ'il ne contient pas de naphthaline ; par distillation en vapeur surchauffée il donne 5,3 % d'huile légère et 30 % de lubrifiants, 6 % de paraffine lorsqu'il est obtenu au moyen de lignite.

Les essais de rendements en vapeur ont donné le même résultat avec ou sans récupérateur ; celui-ci peut d'ailleurs être supprimé suivant la nécessité.

Considérations générales.

La distillation du charbon à basse température donne comme sous-produits le goudron, le gaz riche débenziné et le semi-coke.

La valeur des deux premiers est maintenant suffisamment connue ; nous savons comment ils pourront servir comme source d'énergie pour les moteurs, et nous concevons ce qu'ils pourront devenir comme matières premières nouvelles pour nos industries chimiques.

Parmi les procédés décrits ci-dessus les gazogènes à récupération ne constituent qu'une méthode d'anoblisse-

ment des combustibles qu'ils transforment en d'autres formes plus adéquates aux usages auxquels ils sont destinés, au prix d'une faible perte de leur pouvoir calorifique total, mais avec un bénéfice notable pour les huiles destinées aux moteurs ou utilisées comme lubrifiants.

Le semi-coke y est transformé immédiatement en gaz pauvre destiné au chauffage ou aux moteurs à explosion, ou encore en gaz à l'eau riche pour l'éclairage.

Dans les méthodes de carbonisation en cornues ou en fours rotatifs ce semi-coke devient le sous-produit le plus important parce qu'il représente encore plus de 60 % du pouvoir calorifique du charbon transformé ; ces méthodes ne pourront acquérir une réelle valeur industrielle que lorsque le semi-coke aura reçu une destination bien adéquate à ses qualités et ses défauts.

Il semble cependant que ceux-ci ont été exagérés.

Dans les procédés anglais et américains il est resté longtemps le but unique de la transformation que l'on faisait subir au charbon et l'insuccès de son emploi direct comme combustible pour foyers domestiques a détruit bien des illusions.

La gravité de la question des combustibles liquides a obligé les techniciens de ces pays à envisager l'opération d'une manière différente, mais la nécessité de trouver un combustible pour remplacer leurs charbons à haute teneur de goudron les ramène toujours au même point de départ.

Les fours à cornues verticales ou à malaxeurs croisés ne paraissent pas encore avoir atteint leur forme définitive parce que leur complication et leur coût élevé, en même temps que leur faible débit, augmentent le prix de revient du semi-coke.

Pour le procédé américain la seconde cokéfaction à haute température qui suit le briquetage nous paraît une opération bien superflue.

Seule, jusqu'à présent, la carbonisation en fours rotatifs semble appelée à un grand développement ; malgré les imperfections qu'elle présente encore, on peut prévoir qu'elle deviendra la méthode de l'avenir parce que l'opération est continue et qu'elle exige un matériel relativement simple étant donnée son énorme capacité de production (1).

Cette méthode est l'objet d'études sérieuses en Allemagne et elle mérite d'autant plus notre attention que nos charbons sont analogues à ceux de la Ruhr, son pays d'origine.

Mais, comme pour les méthodes précédentes et malgré les beaux rendements en goudron que l'on peut en attendre, son succès dépendra avant tout des méthodes d'utilisation du semi-coke.

L'utilisation de ce semi-coke comme combustible pour foyers domestiques ne présentera pas pour nous, qui disposons d'une extraction de charbons maigres suffisante la même importance que pour les Anglais et les Américains.

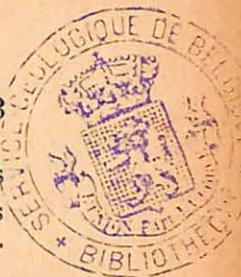
C'est avant tout dans la grande industrie qu'il devra trouver ses débouchés.

Il pourra être utilisé en grande quantité dans les gazogènes à gaz pauvre et pour la fabrication du gaz à l'eau.

La combinaison du four rotatif et du gazogène a été étudiée surtout aux Usines Thyssen où elle a donné d'excellents résultats pour le chauffage des fours Martin tout en donnant suffisamment d'huiles pour couvrir tous les besoins de ce groupement industriel important.

Le gaz obtenu par gazéification directe du semi-coke en gazogène quelconque présente des avantages indiscutables : il est très pur parce que privé de vapeurs goudronneuses ; il peut être utilisé directement à la température élevée à laquelle il sort du gazogène, tandis que le gaz de gazéifica-

(1) La production du pré-goudron s'est élevée en Allemagne en 1922 à 72.000 tonnes, dont 15.000 tonnes en gazogène, correspondant à 1.000.000 de tonnes de charbon environ.



tion du charbon contient toujours des vapeurs de goudron dont il doit être purifié tout en se refroidissant sensiblement; de plus la capacité du gazogène est augmentée de 25 % à cause de la combustibilité facile du semi-coke.

Chaque kilogramme de semi-coke donne 3,9 mètre cube de gaz à 1.250 calories, ou à 1.550 calories si on le mélange au gaz de distillation riche du charbon.

Il peut servir au chauffage direct des chaudières à vapeur, au chauffage en hiver des grands ateliers, dans les moteurs à gaz et son utilisation serait tout indiquée dans les turbines à gaz qui remplaceront peut-être, dans l'avenir, les turbines à vapeur, s'il faut en croire les essais récents faits chez Thyssen avec la turbine de Holzwarth de 1000 HP.

Mais le gazogène alimenté au semi-coke tout venant, tel qu'il est obtenu en four rotatif, aurait une marche irrégulière due au pourcentage élevé du poussier qu'il contient et qu'il est impossible d'éviter à cause de la friabilité très grande du semi-coke boursoufflé provenant de charbons gras; le directeur des Usines Thyssen, qui a publié plusieurs travaux sur cette question, n'a jamais fait allusion à un défaut de cette espèce et il y a lieu de croire que si les essais n'ont pas réussi avec le semi-coke obtenu à Gelsenkirchen dans un four rotatif Fellner-Ziegler la cause pourrait en être attribuée à son pourcentage inusité de cendres (19,8 %); les essais furent cependant très concluants au moyen du semi-coke de 30 millimètres.

Le *briquetage* après pulvérisation a donné des résultats assez satisfaisants et cette méthode d'utilisation serait rationnelle puisqu'elle aiderait à l'absorption des brais résiduels de la distillation des pré-goudrons. Ces briquettes pourraient être utilisées avantageusement comme combustible pour locomotives et si ces essais étaient favorables le tonnage dont le placement serait ainsi assuré pourrait être énorme — 17 millions de tonnes en Allemagne, 3 millions

en Belgique. Le seul désavantage des briquettes serait leur légèreté relative qui ne permettrait pas d'assurer un service aussi étendu avec ce combustible qu'avec le même volume de charbon.

Enfin son utilisation comme *combustible pulvérisé* pourrait trouver les débouchés les plus importants pour le chauffage des chaudières et des fours; il se laisse broyer avec la plus grande facilité et il est supérieur au charbon parce que la flamme qu'il donne avec l'air a un développement beaucoup plus grand à cause de sa combustion moins rapide.

Utilisé sous cette forme il a trouvé en Allemagne un succès qui autorise les plus grandes espérances; tous ceux qui l'utilisent affirment qu'il est le meilleur combustible de cette espèce et sa valeur équivaut déjà dans ce pays, celle des têtes de moineaux maigres (magernuss III). Actuellement déjà la demande dépasse largement la production.

Si ces renseignements se confirment, la base économique du procédé est stabilisée.

Il ne nous reste donc plus qu'à nous jeter résolument à notre tour dans la voie qui est déjà tracée; le premier travail à accomplir sera de déterminer le pourcentage de goudron sur lequel nous pourrions compter avec les divers charbons belges et son analyse systématique.

Ce travail est actuellement en cours dans le nouveau laboratoire équipé à la faculté technique du Hainaut pour l'étude spéciale du charbon et les premiers résultats en sont donnés dans le chapitre suivant.

Ce travail permettra un classement plus rationnel de nos charbons, basé non sur des analyses sommaires mais sur le pourcentage réel de matière bitumineuse et sur la nature de ses produits de décomposition.

Il permettra de dresser le bilan de ce que nous pourrions attendre de ces nouveaux procédés de carbonisation con-

tration des phénols, et du charbon très finement divisé entraîné dans le courant des vapeurs et qui représente jusque 7-8 % de la masse totale.

La méthode de déshydratation de Fischer par malaxage du goudron avec du chlorure de sodium ne peut suffire pour en extraire l'eau retenue avec une grande énergie et l'essorage énergique, en appareil centrifuge, qui doit aider à séparer le charbon divisé très finement et qui s'y trouve comme en état de flotation, est cause de pertes sensibles par évaporation d'huiles légères ou pertes au transvasement.

La méthode que nous avons suivie évite toutes les causes d'erreur, mais elle est longue et délicate à cause de la grande masse traitée, tout en acquérant pour cette raison un caractère de grande précision.

Nous en donnons ci-dessous une description détaillée.

Méthode d'analyse des goudrons

La distillation du charbon a été effectuée dans un four rotatif de F. Fischer comprenant la cornue, les deux condenseurs, la chambre de décantation des vésicules liquides entraînées par le courant gazeux, un tube rempli de laine de verre agissant sur le brouillard de goudron, un appareil laveur de gaz au charbon de bois activé, le compteur de volume gazeux dégagé et une série de cloches.

Une difficulté sérieuse réside dans le *transvasement quantitatif des goudrons distillés*.

La récolte du goudron se fait en deux phases : les fractions les plus lourdes se condensent dans le premier condenseur maintenu par une enceinte de vapeur à la température de 100-110°; les fractions plus légères sont condensées dans le second condenseur refroidi à l'eau.

La fraction lourde est recueillie directement dans un ballon en verre Pyrex de 3 litres — dans lequel se fera la distillation ultérieurement — c'est en effet celle dont le

transvasement est le plus pénible parce qu'elle tend à se solidifier par refroidissement; quant à la fraction plus légère, on la recueille dans un flacon quelconque d'une contenance de 3 litres environ.

Chaque fraction de goudron est accompagnée d'une assez grande quantité d'eau. La décantation de l'eau accompagnant la fraction lourde est très facile parce que le goudron lourd est presque complètement solide à froid et reste retenu par les parois.

L'écart très faible existant entre la densité du goudron léger et celle de l'eau rend la décantation de celui-ci moins aisée; il se laisse entraîner quantitativement dans une grande boule à robinet par rinçage des dernières traces retenues par les parois du flacon au moyen de petites quantités d'eau; en dissolvant 2-300 grammes de chlorure de sodium ordinaire dans l'eau qui l'accompagne il vient surnager très rapidement et totalement (à part des traces émulsionnées) et la solution salée peut être décantée.

Le goudron léger sera ajouté au goudron lourd, en recueillant les dernières traces adhérentes aux parois par rinçages répétés au moyen de petites quantités d'eau, dont le petit volume sera séparé ultérieurement par distillation en même temps que les huiles légères.

Les eaux de décantation seront réunies car elles devront être épuisées des phénols solubles et du goudron émulsionné.

Mais les gaz, sortant des condenseurs, entraînent encore de faibles quantités de goudron qui vont se condenser dans la chambre de décantation des vésicules et au contact de la laine de verre tassée dans le large tube qui lui fait suite et qui agit à la manière d'un séparateur de Pelouze.

Tous ces appareils, de même que l'intérieur des tubes condenseurs, sont encore souillés de goudron que l'on récupère par lavage à l'éther; la solution étherée servira d'abord à l'extraction des deux solutions aqueuses décan-

tées des goudrons, afin de récupérer tout ce qu'elles ont encore pu entraîner : phénols dissous et goudron émulsionné. Cet éther est mis à part afin d'être utilisé dans les opérations qui suivent :

Distillation du goudron. — Le goudron transvasé quantitativement contient encore de l'eau dissoute, plus celle qui a servi au lavage, et du charbon entraîné ; le mélange est soumis à la distillation lente. L'eau en distillant entraîne l'huile légère et des phénols ; le distillat est recueilli dans une boule à décantation bien refroidie extérieurement. Une mousse abondante se produit à la fin et l'opération doit être surveillée de près.

Dès que la température du liquide a atteint 110°, on y injecte un courant de vapeur modérément surchauffée et on pousse la distillation jusqu'à ce que les vapeurs mixtes atteignent 130°, afin de chasser tous les hydrocarbures bouillant jusque 210-220°, pour que le goudron ne contienne plus de constituants entraînés par l'éther en ébullition, dont on devra le séparer dans la suite.

Le type de ballon représenté ci-contre (figure 28) qui a été fabriqué sur notre demande par la Société du verre Pyrex, convient très bien à ce genre d'opérations ; il permet de suivre à la fois la température des vapeurs et celle du liquide, d'injecter la vapeur surchauffée et d'arrêter les entraînements mécaniques. Les belles qualités du verre Pyrex contribuent à donner une grande sécurité à la distillation du goudron à feu nu même jusque 350°, rendent ainsi inutile l'emploi d'appareils en cuivre et donnent une grande précision aux distillations quantitatives (1).

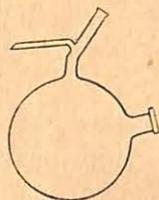


Fig. 28.

(1) Je tiens à remercier M. Henry, directeur-gérant du Charbonnage des Chevalières à Dour, d'avoir contribué à ce travail par le don généreux de tout un lot de matériel en verre Pyrex qui a été très utile et sans lequel je n'aurais pu le mener à bonne fin.

Après refroidissement le goudron resté dans le ballon est dissous dans l'éther qui a servi au lavage des appareils et des solutions aqueuses ; le mélange est filtré quantitativement sous vide et le résidu de charbon entraîné, lavé avec de l'éther frais.

Séparation des phénols et composés acides. — La solution étherée est recueillie dans une boule à décantation spacieuse, additionnée d'un excès calculé de solution de soude à 20 % et agitée énergiquement à plusieurs reprises. La soude caustique entraîne en solution les phénols et des produits résineux à fonction acide, analogues au bitume ; elle se colore fortement en noir brunâtre, tandis que la solution étherée devient brun clair légèrement fluorescent.

Après décantation la solution sodique doit être épuisée des hydrocarbures qu'elle retient énergiquement par agitation avec un grand volume d'éther renouvelé quatre fois.

Les solutions étherées sont réunies, transvasées, après repos, dans un ballon de 3 litres décrit ci-dessus et taré ; le tube latéral du col sera bouché et le col surmonté d'un fractionneur de Glinsky relié à un bon réfrigérant.

L'éther est distillé lentement ; le fractionneur sert à retenir les traces d'huiles neutres entraînées avec les dernières fractions d'éther.

On arrête la distillation avant le départ de la totalité de l'éther et on la continue (après enlèvement du fractionneur) dans la vapeur surchauffée.

Le distillat. — eau + huiles — est recueilli dans une boule à décantation ; la distillation est arrêtée lorsque les produits commencent à se solidifier dans le réfrigérant, soit vers 260-270°, température de la vapeur mixte.

Le résidu est le *brai neutre* ; son poids est donné par la pesée du ballon refroidi.

Distillat — Huiles légères + phénols. — Il est traité, dans la boule à décantation qui le contient, par de la

soude caustique, pour en extraire les phénols; après décantation de la solution alcaline (que l'on ajoute à la solution alcaline des phénols dont il est question ci-dessus) les huiles sont transvasées dans un ballon surmonté d'un fractionneur.

Ces huiles distillées livrent une fraction d'*huiles légères* bouillant de 40 à 200°; le résidu de cette distillation sera ajouté aux fractions suivantes.

Distillat d'huiles neutres dans la vapeur surchauffée.

— La présence d'huiles très visqueuses trouble la décantation nette de la couche aqueuse; on les dilue avec de l'éther et on recueille la solution étherée dans un ballon à fractionner taré surmonté d'un fractionneur de Glinsky.

L'éther est distillé lentement jusqu'à ce que la température de l'huile se soit élevée à 160°-180°; les dernières fractions d'éther peuvent avoir entraîné un peu d'hydrocarbures, on les recueille à part et les traite par de l'acide sulfurique à 75 %; les hydrocarbures resteraient comme résidu de ce traitement et pourraient être pesés.

Les huiles sont fractionnées, cette fois-ci, à feu nu, sans fractionneur, après y avoir ajouté le résidu de la distillation des huiles légères; on recueille à part les *huiles bouillant de 200 à 250° et de 250 à 300°*.

Le nouveau résidu est considéré comme *huiles visqueuses*; par refroidissement elles laissent cristalliser des *paraffines solides*.

Fraction des phénols. — Les solutions alcalines réunies (c'est-à-dire celle provenant du lavage du goudron et celle provenant du lavage de l'huile légère) sont acidifiées par de l'acide chlorhydrique concentré; les phénols et produits acides sont remis en liberté et viennent flotter à la surface.

Si le goudron est relativement pauvre en phénols on peut ajouter directement de l'éther au mélange; l'éther

dissout les phénols et précipite une substance résineuse brune analogue au *bitume*. Celle-ci est séparée par filtration sous pression, lavée à l'éther, séchée et pesée.

Dans le cas où des parties resteraient encore adhérentes aux parois du ballon, celui-ci serait séché et pesé, puis lavé à la pyridine et repesé; la différence de poids serait ajoutée au poids principal.

Si le goudron est riche en phénols, on peut décanter ceux-ci directement de la couche aqueuse, les recueillir en ballon taré et les additionner d'un grand volume d'éther ayant servi au préalable à l'extraction des phénols solubles de la solution aqueuse; l'éther produit une abondante précipitation de résines bitumineuses, qui adhèrent fortement aux parois du ballon. Celui-ci étant séché dans le vide et repesé, on connaît ainsi le poids du bitume.

Quant à la solution étherée, elle est distillée en un ballon taré et ainsi privée du dissolvant volatil, jusqu'à ce que le résidu phénolique atteigne la température de 160°. L'eau retenue passe en même temps que les dernières traces d'éther, qui entraînent un peu de crésol; on peut en tenir compte en évaporant cet éther dans un petit vase taré.

Hydrocarbures liquides entraînés par le gaz. — Le filtre à charbon de bois activé les retient par adsorption; afin de les régénérer ou introduit la matière absorbante dans une cornue en cuivre et on la distille dans un courant de vapeur surchauffée jusqu'à ce que la température des vapeurs atteigne 300-310°; le réfrigérant est relié à une boule à décantation à robinet (tarée) surmontée d'un serpentin à reflux entouré d'eau glacée.

Les essences légères sont pesées après décantation de l'eau distillée.

Nous possédons ainsi le poids de tous les constituants du goudron réunis par groupes suivant leur fonction chimique ou séparés en fractions bien déterminées.

Nous connaissons déjà leur complexité d'après les études étrangères déjà exposées plus haut ; il était donc inutile d'essayer de pousser plus loin leur analyse, étant données les faibles quantités de chaque fraction obtenues par la distillation de 10 kgrs de charbon.

La somme de tous les constituants représente donc la totalité du goudron obtenu, dont le dosage présente ainsi toute la précision désirable, puisqu'on a pu éviter soigneusement toute cause d'erreur provenant de la perte par évaporation de fractions légères, de la présence de l'eau et du charbon entraînés.

Nous donnons ci-dessous les **résultats obtenus** pour chacun des charbons étudiés.

1° *Couche Horpe. — Charbonnage du Levant du Flénu.*

L'échantillon a été prélevé à 120 mètres de profondeur. Ouverture de la veine 0^m,81. Matières volatiles (humidité défalquée) 34,24 %. — Coke dur, dense, bien cuit.

Cendres	2,29 %
Humidité	4,93 » (1)
Soufre total	0,598 »
Azote	1,736 »

Le pourcentage du charbon vrai est de 92,78 %.

Le rendement de la distillation de 10 kilogrammes de charbon est :

Semi-coke, 6975 grs, boulets durs et grésillon, non collant ne présentant pas la moindre adhérence aux parois du four.

Gaz (jusque 595°), 860 litres.

Pré-goudron, 1336,2 grammes.

(1) Le dosage des matières volatiles a été effectué en creuset fermé à la température de 850°, mesurée au couple thermo-électrique ; celui de l'humidité a été fait en chauffant le charbon en poudre dans un courant d'hydrogène sec et en retenant la vapeur d'eau au moyen de chlorure de calcium poreux pesé.

Soit : essence légère du gaz . . .	45	grs
» » goudron . . .	126	»
huiles bouillant de 200-250° . . .	84	»
» » 250-300° . . .	109	»
huiles visqueuses	190,2	»
brai neutre	248	»
phénols	448	»
bitume acide	86,6	»

2° *Couche Grande Houbarde. — Charbonnage du Levant du Flénu.*

Echantillon prélevé à l'étage de 582 mètres.

Humidité	3,48 %	} charbon vrai 93,40 %
Cendres	3,12 »	
Matières volatiles	33,31 »	coke très dur, dense.
Soufre total	0,878 »	
Azote	1,84 »	

La distillation de 10 kilogrammes de charbon a donné :

Semi-coke, 7600 grammes, en petits boulets roulés très durs, sans aucune adhérence aux parois.

Gaz non déterminé.

Goudron, 1376,5 grammes.

Soit : essence légère du gaz . . .	47	grs
» » goudron . . .	111	»
huiles bouillant de 200 à 250° . . .	79,5	»
» » 250-300° . . .	107,5	»
huiles visqueuses	296,8	»
brai neutre	206,4	»
phénols	423,3	»
bitume acide	105	»

3° *Couche Grand Franois.* — *Charbonnage des Produits du Flénu.* — Puits n° 12. — Etage de 180 mètres.

Humidité	2,64 %	} charbon vrai 90,88 %
Cendres	6,48 »	
Matières volatiles	32,16 »	coke très dur, dense.
Soufre total	1,49 »	
Azote	1,75 »	

La distillation de 10 kilogrammes de charbon a donné :

Semi-coke, 7235 grammes, en petits boulets roulés très durs, sans aucune adhérence aux parois.

Gaz, 840 litres.

Goudron, 1284,4 grammes.

Soit : essence légère du gaz	49	grs
» » goudron	122,1	»
huiles bouillant de 200 à 250°	106,7	»
» » 250-300°	115,8	»
huiles visqueuses	314,2	»
brai neutre	202,6	»
phénols	334,5	»
bitume acide	39,5	»

4° *Couche Cinq mille.* — *Charbonnage du Grand Hornu.* — Puits n° 7.

Humidité	3,31 %	} charbon vrai 91,81 %
Cendres	4,88 »	
Matières volatiles	31,87 »	coke très dur et dense.
Soufre total	1,37 »	
Azote	1,61 »	

La distillation de 10 kilogrammes de charbon a donné :

Semi-coke, 7,185 grs, en boulets roulés, très durs, sans aucune adhérence aux parois.

Gaz non déterminé.

Goudron, 1422,5 grs.

Soit : essence légère du gaz	54	grs
» » goudron	144	»
huiles bouillant de 200 à 250°	94,6	»
» » 250-300°	114,9	»
» visqueuses	338,4	»
brai neutre	226,6	»
phénols	377,8	»
bitume acide	72,3	»

5° *Couche Amie.* — *Charbonnage de Hornu et Wasmes.*

Humidité	1,20 %	} charbon vrai 95,60 %
Cendres	3,20 »	
Matières volatiles	30,40 »	coke très dur et dense.
Soufre volatil	0,790 »	
» total	0,988 »	
Azote	1,76 »	

La distillation de 10 kilogrammes de charbon a donné :

Semi-coke, 7150 grs, en boulets roulés très durs, sans aucune adhérence aux parois.

Gaz, 843 litres.

Goudron 1299 grs.

Soit : essence légère du gaz	46	grs
» » goudron	123	»
huiles bouillant de 200 à 250°	85	»
» » 250-300°	135	»
» visqueuses	173	»
brai neutre	305	»
phénols	345	»
bitume acide	87	»

6° *Couche Petit Buisson.* — *Siège de Crachet-Picquery de la Compagnie de Charbonnages belges.* — Profondeur 247 mètres. Ouverture de la couche : 0^m,49.

Humidité	1,98	%	} Charbon vrai 95,52 %
Cendres	2,50	»	
Matières volatiles	29,32	»	} Le coke est encore assez dur, mais moins dense que les précédents.
Soufre total	2,94	»	
Soufre volatil	2,71	»	
Azote	1,26	»	

La distillation de 10 kilogrammes de charbon a donné :
Semi-coke, 7780 grammes, déjà en partie boursoufflé, partie en boulets durs, adhérence aux parois, un peu collant.

Gaz, 672 litres.

Goudron, 1225,5 grammes.

Soit : essence légère du gaz	40	grs
» » goudron	109	»
huiles bouillant de 200 à 250°	69	»
» » 250-300°	101,5	»
huiles visqueuses	165	»
brai neutre	308,5	»
phénols	332	»
bitume acide	100,5	»

7° *Couche Maton.* — *Siège du Grand-Buisson.* — *Charbonnages de Hornu et Wasmes.*

Humidité	1,40	%	} charbon vrai 96,92 %
Cendres	1,68	»	
Matières volatiles	24,35	»	} coke boursoufflé, friable
Soufre total	0,590	»	
Azote	1,87	»	

La distillation de 10 kilogrammes de charbon a donné :
Semi-coke, 7870 grammes, très boursoufflé, très friable et collant.

Gaz, 807 litres.

Goudron, 983,2 grammes.

Soit : essence légère du gaz	47,2	grs
» » goudron	94	»
huiles bouillant de 200 à 250°	47	»
» » 250-300°	94,8	»
huiles visqueuses	221,3	»
brai neutre	273,7	»
Phénols	131,2	»
bitume acide	74	»

8° *Couche Sédixée.* — *Siège du Grand-Buisson.* — *Charbonnages de Hornu et Wasmes.*

Humidité	1,08	%	} charbon vrai 94,20 %
Cendre	4,72	»	
Matières volatiles	21,77	»	} coke très boursoufflé, friable
Soufre total	0,69	»	
Azote	1,61	»	

La distillation de 10 kilogrammes de charbon a donné :
Semi-coke 8150 grammes fortement boursoufflé, très léger, friable, très collant.

Gaz 875 litres.

Goudron 806,5 grammes.

Soit : essence légère du gaz	45,2	grs
» » goudron	84	»
huiles bouillant de 200 à 250°	49,8	»
» » 250-300°	71,6	»
» visqueuses	154,9	»
brai neutre	253	»
phénols	112	»
bitume acide	36	»

9° *Couche chevalière. — Charbonnage de la Grande Machine à feu de Dour.*

Humidité	1,50 %	} Charbon réel 94,96 %
Cendres	3,54 »	
Matières volatiles	18,62 »	} Coke très boursoufflé, friable.
Soufre total	0,787 »	
» volatil	0,769 »	
Azote	1,68 »	

La distillation de 10 kilogrammes de charbon a donné :
Semi-coke 8650 grammes, très boursoufflé, très friable et très collant.

Gaz 723 litres.

Goudron 627,5 grammes.

Soit : essence légère du gaz	25,1 grs
» » goudron	65 »
huiles bouillant de 200 à 250°	25,6 »
» » 250-300°	58,6 »
» visqueuses	153,6 »
brai neutre	190,2 »
phénols	77,4 »
bitume acide	32 » (1)

Interprétation des résultats

La comparaison des rendements en goudron n'est possible que si nous ramenons tous les pourcentages obtenus,

(1) Je remercie bien vivement M. Abrassart, directeur-gérant (Hornu et Wasmes), M. Léon Gravez, directeur-gérant (Produits du Flénu), M. De Harvengt, directeur-gérant (Levant du Flénu), M. France, chef des travaux (Charbonnages belges), M. Henry, directeur-gérant (Chevalières à Dour) de l'intérêt qu'ils ont bien voulu témoigner à ces recherches en me fournissant les échantillons sélectionnés et conservés avec tout le soin désiré.

Il me reste encore un lot d'échantillons du Grand Hornu, que je dois à l'obligeance de M. Sauvage, ingénieur en chef de ce charbonnage. Le temps m'a manqué pour les englober dans ce travail; ils seront étudiés très prochainement.

uniformément, à une composition idéale du charbon pur, par abstraction des chiffres cendres et humidité; nous reconnaissons alors qu'il existe une relation nette entre les rendements en goudron et les chiffres de matières volatiles.

Le tableau suivant en rendra compte :

	Pourcentage de charbon vrai	Matières volatiles en % du charb vrai	Rendement en goudron
			grammes
Horpe	92,78	36,88	1440,4
Grande Houbarde	93,40	35,66	1473,5
Grand Franois	90,88	35,30	1412
Cinq mille	91,81	34,71	1549
Amie H-W	95,60	31,80	1360,3
Petit Buisson	95,52	30,70	1225,5
Maton	96,92	25,12	1015,5
Sédixée	94,20	23,11	856
Chevalière	94,96	19,60	660

Cette relation est exprimée d'une manière frappante dans le diagramme ci-après, dans lequel on reconnaît une proportionnalité rigoureuse entre le rendement en goudron et le chiffre des matières volatiles.

Font exception à la règle, Grand Franois, Horpe, Grande Houbarde et Cinq Mille. Cette règle n'est donc plus applicable, du moins en ce qui concerne les charbons du Couchant de Mons, à ceux qui dépassent le chiffre théorique de matières volatiles de 31,8 %.

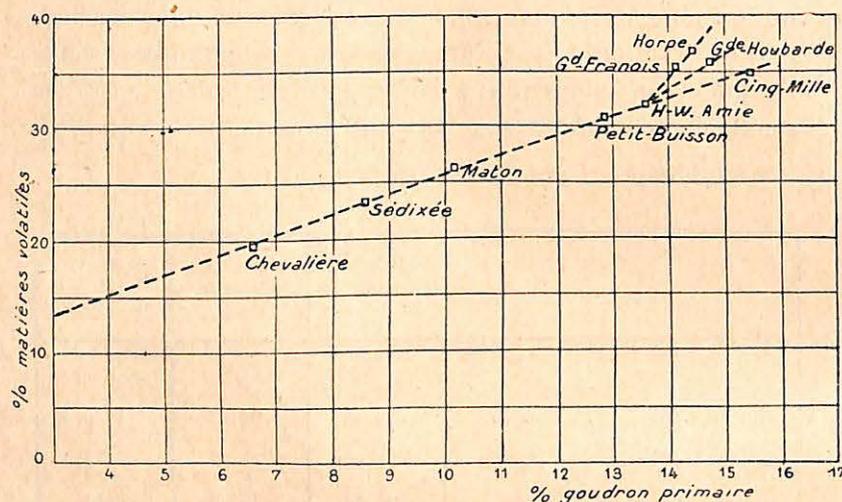


Fig. 29.

S'il nous était permis de donner une interprétation de ces divergences, nous émettrions l'hypothèse très plausible que dans les couches jeunes, les plus élevées, il existe des charbons provenant de plusieurs origines végétales différentes, dont la transformation géologique tendrait uniformément vers une composition organique commune, qui serait celle correspondant au charbon de Hornu-Wasmes ayant précisément cette teneur en matières volatiles.

Variation du rendement des constituants du goudron.
— Ici encore la comparaison n'est possible que si nous ramenons tous les résultats obtenus à la substance charbon pure.

Elle sera rendue plus facile par l'examen du tableau ci-dessous, qui comprend les rendements calculés pour 10 kilogrammes de charbon vrai.

10 kgrs de charbon 100 % donnent en grammes	Huiles neutres					Brai neutre	Phénols	Bitume acide	Total des hydrocarbures liquides et solides	Total des phénols et bitumes acides
	Essence légère du gaz	Essence légère du goudron	Huiles 200 — 250°	Huiles 250 — 300°	Huiles visqueuses					
	grammes									
Horpe	184,3		90,5	117,4	204,8	267,3	482,8	93,3	864,3	576,1
	48,5	135,8								
Grande Houbarde	169,1		85,1	115,1	317,7	220,9	453,2	112,4	907,1	565,6
	50,3	118,8								
Grand Franois	188,2		117,4	126,3	345,7	222,9	368,1	43,4	1000,5	411,5
	53,9	134,3								
Cinq-mille	215,6		103	125,1	368,4	246,8	411,5	78,7	1058,8	490,2
	58,8	156,8								
Amie HW	176,7		88,9	143	180,9	319	360,8	91	908,5	451,8
	48,1	128,6								
Petit Buisson	156		72,2	106,2	172,6	323	347,5	105,2	830	452,7
	41,9	114,1								
Maton	146		48,4	97,8	228,3	282,4	135,3	76,3	803,9	211,6
	49	97								
Sédixée	136		52,8	76	164,4	268,4	118,8	38,2	699	157
	46,9	89,1								
Chevalière	94,8		26,9	61,6	161,6	200,1	81,4	33,6	545	115
	26,4	68,4								

L'examen de ce tableau nous inspire toute une série d'observations intéressantes :

1° Tout d'abord, on est surpris du magnifique rendement en huiles neutres obtenu par la distillation des charbons gras, jusques et y compris la couche Maton ; ce rendement

représente à lui seul le double du goudron brut de la distillation en four à coke et il faut y ajouter celui du brai et celui des phénols.

2° La distillation des goudrons suivant la méthode de la grande industrie ne pourrait pas envisager la séparation des phénols ou du bitume, telle que nous l'avons opérée; mais sachant que la fraction des phénols liquides comprend 50-55 % de produits distillant dans la vapeur avant 250-260° et que les autres 50 % ou 45 % s'ajouteraient au brai neutre, sous forme de composés résineux solides; de même que le bitume, nous pourrions prévoir, d'après le pourcentage du charbon en charbon vrai, quel serait le maximum de rendement possible.

Nous aurions ainsi pour 10 kilogrammes de charbon de :

Horpe . . .	838 gr. d'huiles et 600 gr. de brai mixte
G ^{de} Hoularde .	911 id. 559 id.
G ^d Franois . .	936 id. 425 id.
Amie H.-W. . .	769 id. 590 id.
Maton . . .	590 id. 425 id.

3° Nous y reconnaissons une décroissance très régulière de tous les constituants dans la série Cinq-mille-Chevalière.

4° Nous remarquons une différence de composition très nette pour les quatre premiers charbons, qui se traduit par :

- a) le rendement énorme en huiles visqueuses (exception pour Horpe);
- b) le chiffre très élevé des phénols;
- c) le faible pourcentage en hydrocarbures solides formant le brai neutre.

5° Nous remarquons que tous les charbons qui donnent un excellent coke en creuset, dur, bien cuit et très dense, sont aussi ceux qui donnent à la distillation à basse température un résidu de distillation, ou semi-coke, en boulets

roulés durs, non collants, ne présentant aucune adhérence à la paroi du four.

Au contraire Maton, Sédixée et Chevalière donnent des semi-cokes fortement boursoufflés, très friables et très collants.

Si l'on se rapporte au tableau ci-dessus nous voyons que cette mauvaise cokéfaction correspond à une chute brusque du rendement en phénols.

Il se pourrait donc que dans ce cas il y ait une relation entre le rendement en phénols de la matière bitumineuse du charbon et ses propriétés cokéfiantes.

Cette relation s'expliquerait par le fort pouvoir dissolvant des phénols pour le bitume du charbon (voir le travail d'Illingworth cité plus haut) qu'il dépolymérise avant de le dissoudre.

Nous pouvons donc envisager le mécanisme de la cokéfaction comme suit : la matière bitumineuse d'une masse de charbon soumise à une température élevée se décompose en fournissant des hydrocarbures et des phénols; les premiers distillent tandis que les seconds diffusent par absorption vers le centre de la masse où ils agissent sur le bitume non encore transformé, en le dépolymérisant d'abord et en le dissolvant ensuite; il se produit ainsi une plastification en masse, qui donne lieu à une décomposition globale à température plus élevée; les particules de carbone colloïdal libérées par pyrogénéation soudent entre elles le résidu solide carbonisé en l'agglomérant à l'état de coke dense graphité.

Les hydrocarbures ne peuvent prendre part à la cokéfaction, du moins aussi activement, parce que leur pouvoir dissolvant et dépolymérisant sur le bitume est presque nul.

Composition centésimale des divers goudrons obtenus.— Nous pouvons encore interpréter nos résultats analytiques

en les ramenant uniformément à la composition centésimale du goudron lui-même.

Nous obtenons ainsi le tableau suivant :

100 parties de goudron contiennent	Essence légère gaz + goudron	Huiles 200 — 250°	Huiles 250 — 300°	Huiles visqueuses	Brai neutre	Phénols	Bitume	Total phénols + bitume
Horpe	12,79	6,28	8,15	14,22	11,61	33,51	6,48	39,99
Grande Houbarde. . .	11,45	5,78	7,82	21,57	14,99	30,77	7,63	38,4
Grand François. . .	13,32	8,31	8,94	24,48	15,78	26,07	3,08	29,15
Cinq mille	13,93	6,64	8,07	23,79	15,93	26,56	5,08	31,64
Amie HW	12,99	6,53	10,51	13,30	23,45	26,53	6,69	33,22
Petit Buisson	12,18	5,63	8,28	13,46	25,19	27,10	8,20	35,30
Maton	14,37	4,77	9,63	22,50	27,83	13,34	7,52	20,86
Sédixée.	16,02	6,17	8,88	19,26	31,36	13,88	4,46	18,34
Chevalière	14,36	4,07	9,33	24,48	30,32	12,33	5,09	17,42

Nous y reconnaissons : 1° que le pourcentage des divers goudrons en huiles légères et huiles bouillant de 200 à 300° ne varie que dans des limites assez faibles;

2° que celui des huiles visqueuses est très variable avec une tendance assez marquée à augmenter dans les goudrons des charbons plus pauvres;

3° que celui du brai neutre augmente régulièrement à mesure que le chiffre des matières volatiles diminue;

4° que le pourcentage en phénols tend au contraire à diminuer dans le même temps.

Récolte des gaz dégagés. — Il nous a été difficile de recueillir les gaz au début de ce travail faute du matériel; c'est grâce à un don généreux de deux cloches de 300 litres, fait au laboratoire d'étude du charbon de la faculté technique, par M. Abrassart, Directeur gérant des Charbonnages de Hornu et Wasmes, que nous sommes actuellement en mesure de faire l'étude complète des gaz dégagés au point de vue de leur composition et de leur pouvoir calorifique.

Nous nous réservons donc de revenir sur cette question.

Nous nous sommes contenté de déterminer les volumes dégagés entre certaines limites de température observées dans le four; le tableau suivant rend compte de la marche du dégagement pour quelques-uns des charbons étudiés.

Débit de gaz en litres	Gd François et H-W.	Maton	Sédixée	Chevaliers	Horpe
de 15 à 210° . . .	6	6	6	19	6
210 à 270° . . .	5	4	2		
270 à 320° . . .	2	3	1	3	10
320 à 375° . . .	9	5	7		
375 à 400° . . .	18	47	33	17	59
400 à 430° . . .	46		73		
430 à 455° . . .	93	215	170	47	272
455 à 480° . . .	188	97	144	82	86
480 à 505° . . .	139	55	178	82	39
505 à 540° . . .	171	105	161	207	
540 à 565° . . .	165	103	100	99	84
565 à 595° . . .	fin	167	—	167	—
Total	842	807	875	723	860

Le diagramme ci-après (fig. 30) permet de se rendre compte de la marche du dégagement; on y voit nettement le début de la décomposition du charbon à 320° coïncidant avec le dégagement de gaz croissant; les premières fractions de gaz dégagés entre 100 et 320° comprennent probablement des hydrocarbures occlus.

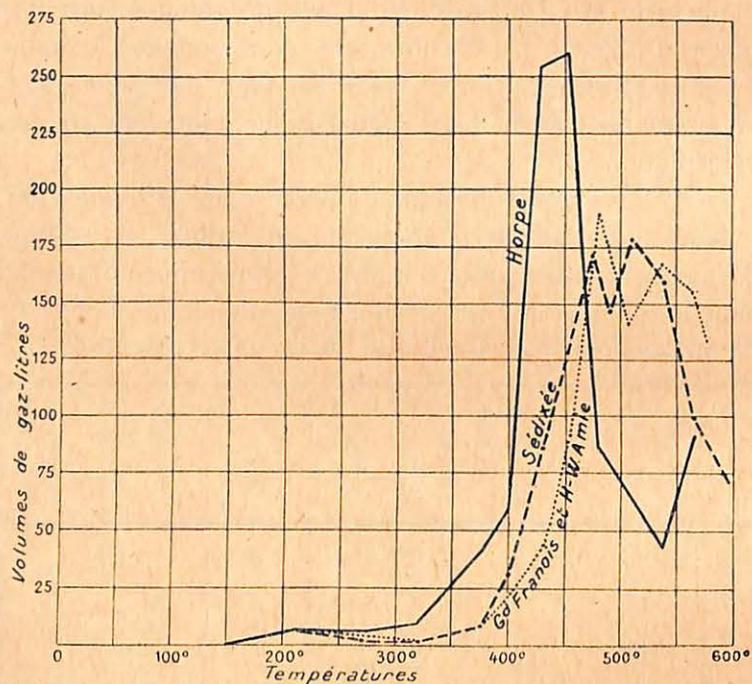


Fig. 30.

Pour Horpe, la décomposition est la plus rapide et donne une poussée de gaz très violente, elle semble complète entre 400 et 480°.

La décomposition est un peu plus lente pour Grand François et Sédixée et n'est terminée que vers 540°.

Le dégagement gazeux, ralenti vers 600°, reprend brusquement à température plus élevée (plus tôt pour Horpe),

mais ceci n'est plus du domaine de la distillation à basse température.

Il me reste à remercier M. Oscar Durieux, chimiste-assistant à la faculté technique et professeur à l'École des industries chimiques de Saint-Ghislain, du zèle avec lequel il a collaboré à ce travail pour les analyses des charbons, lesquelles ont été faites avec une grande précision.

BIBLIOGRAPHIE

1. Geological Survey, reproduit de Jrn. ind. chem. Engin. 1921, 836.
Geological Survey, reproduit de Jrn. ind. chem. Engin. 1922.
 2. Comm. Congrès des combustibles liquides, 1922. Paris.
 3. Jnl. ind. chem. Engineering 1921, 842.
 4. Comm. Congrès des combustibles liquides. Paris 1921.
 5. Baker. Jrn. Soc. chem. industry 1901, 789.
 6. Bedson id. id. 1899, 738 — 1908, 147.
 7. Harger id. id. 1914, 389.
 8. L. Vignon. Comptes rendus ac. sc. 1914, 1423.
 9. Pictet. Ber. d. deutsch. Chem. Ges. 1911, 286 et 2486,
» Glückauf 1916, 443.
 10. Hofmann. Brennstoff chemie 1922, 65 et 81 — 1923, 65.
 11. Illingworth. Fuel, 1922, 213.
 12. Pictet et Ramseyer. Berichte d. deuts. Chem. Gesells. 1911, 286
— 1913; 3342.
Glückauf 1914, 147 — 1915, 927.
 13. Meyer. Berichte d. d. Chem. Ges. 1912 — 1918.
 14. Wheeler. Jnl. chem. Soc. 1910, 1917 — 1911, 649 — 1913,
1704 et 1715 — 1914, 131, 140 et 2562.
 15. Travaux de l'Institut de Mülheim, Gesammelte Abhandlungen
zur Kenntnis der Kohle 1915 à 1922.
 16. Parr-Laying. Tr. Am. Institut of Mining 1920, 953.
 17. Weindel. Brennstoffchemie 1922, 245.
 18. Fischer. Ges. Abhandl F. 2. 1917, 237.
 19. » Brennstoffchemie 1922, 289.
 20. Bases du goudron : Gollmer : Brennstoffchemie 1923, 1 et 19.
 21. Huiles pour moteurs : Weissgerber-Moerhle : Brennstoffchemie
1923, 81.
 22. Seidenschnur, Paraffines, Brennstoffch. 1921, 49.
- Coalite : Glückauf 1944, 836.
Brennstoffch 1921, 247.
- Carbocoal : Glückauf, 1920, 726.
Brennstoffch. 1921, 247.
Chem. and metall. Engin. 1922, janvier.

- Gazogène Pintsch : Jrn. für Gasbel. 1920, septembre.
- » Thyssen : Stahl und Eisen 1920, 350.
 - » Strache : JI für Gazbeleuchtung 1920, 25 et 230.
de Grahl. Wirthschaftliche Verwertung der
Brennstoffe Berlin 1921.
 - » Dellwik-Fleischer. Jrn für Gasbeleuchtung 1919, 261.
Stahl und Eisen 1920, 366.
 - » Mac-Laurin : Iron and Coal Trades R. 1921, juin. —
1922 Avril.
- Four rotatif Thyssen : Stahl und Eisen 1920, 741.
Brennstoff. ch. 1923, 49.
- » Fusion : Iron and Coal Trades R. 1922, 21 Avril.
 - » Fellner-Ziegler : Glückauf 1923, 29 —
Brennstoff. ch. 1923, 49.
- Foyer de chaudière Josse : Brennstoffch. 1921/1922 (Kurt Gerdes).