

LIEU DE LA FABRICATION.	SUBSTANCES ÉLÉMENTAIRES TROUVÉES DANS 100 PARTIES DE CHARBON.			
	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène, azote et pertes.	Cendres.
Le Bouchet.	73,961	3,0190	22,5750	0,4750
Saint-Chamas.	74,894	3,6120	21,0242	0,4750
Vonges.	76,010	2,9821	19,8646	1,6410
Saint-Médard.	79,928	3,1886	16,0259	0,8685
Metz.	80,364	3,6140	15,1437	0,9425
Angoulême.	81,028	3,2398	14,9810	0,7802
Saint-Ponce.	81,067	3,0022	15,0250	0,9125
Esquerdes.	83,034	3,4210	12,0960	1,4460

Les expériences de Violette ont montré, en outre, que le charbon du milieu de la chaudière est plus riche en carbone que celui du fond ou de la surface. Le procédé des chaudières ne permet donc pas, dans un même établissement, d'obtenir des produits homogènes.

V. PROCÉDÉ DANOIS.

La méthode de carbonisation usitée en Danemark forme la transition entre le procédé des fours et celui des cylindres. Le bois d'aune, préalablement soumis à une exposition prolongée à l'air sous un hangar ouvert, est placé dans des caisses spéciales en fer qu'on introduit dans un four à trois étages; la charge d'une caisse étant de 6 à 7^k, on en retire 1^k,500 à 1^k,750 de charbon, ce qui donne un rendement d'environ 25 p. 100. L'opération dure à peu près 4 heures; on l'arrête quand les produits volatils, qui s'échappent par les ouvertures ménagées à la partie supérieure de la caisse, brûlent avec une flamme bleue. Le charbon est enfermé dans des étouffoirs pendant 18 à 24 heures, puis on fait le triage des nœuds et des brûlots.

Ce procédé présente tous les inconvénients de la carbonisation en cylindres (p. 176); il donne, en outre, des produits beaucoup plus souillés de goudrons, et il n'offre pas d'avantages, au point de vue de la marche et de la conduite de l'opération, sur les systèmes précédemment décrits.

VI. PROCÉDÉ DES CYLINDRES.

Le procédé de carbonisation en cylindres ou par distillation fut découvert par l'évêque anglais Landloff et introduit en Angleterre dès 1797. Il fut d'abord tenu secret, et ce n'est qu'en 1802 que Coleman en publia la description.

Dans ce mode de carbonisation, la décomposition s'effectue, à l'abri de l'air, au moyen d'un combustible auxiliaire. Nous décrirons successivement le système des cylindres fixes et celui des cylindres mobiles, puis nous examinerons les propriétés spéciales des charbons distillés. — Nous étudierons à part (VII) le procédé de distillation à l'aide de la vapeur d'eau surchauffée.

A. Système des cylindres fixes.

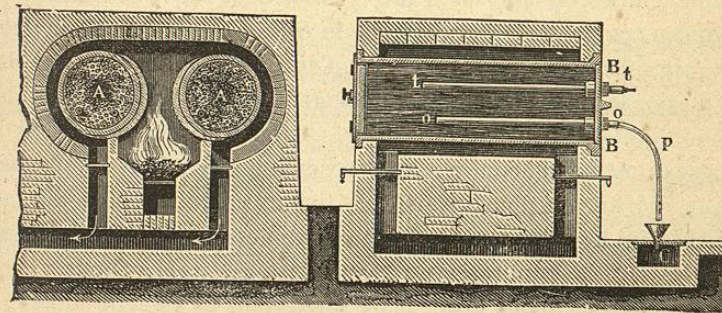
a) Appareils français.

Les cylindres fixes de la poudrerie du Bouchet se rapprochent beaucoup des anciens appareils anglais et de ceux qui existent encore dans la plupart des poudreries françaises, où ils seront peu à peu remplacés par des cylindres mobiles.

L'atelier de carbonisation a 23^m,80 de long sur 9^m,60 de large et contient 12 foyers. Les cylindres sont en fonte; ils ont 2^m de longueur, 0^m,67 de diamètre et 0^m,025 d'épaisseur, et sont encastrés horizontalement dans la maçonnerie d'un four par leurs deux extrémités. Deux cylindres AA, distants de 1^m d'axe en axe, sont chauffés par un même foyer (fig. 20 et 21); la grille est placée dans l'intervalle, et le foyer, fermé par deux portes opposées, s'étend sur toute

Fig. 20.

Fig. 21.



la largeur du massif au-dessous des cylindres, qui sont protégés contre les coups de feu par des voûtelettes en briques dans lesquelles s'ouvrent les carneaux donnant passage à la flamme et à la fumée. Les gaz montent entre les deux cylindres, redescendent à droite et à gauche pour aller échauffer les parties extérieures, et aboutissent à un carneau communiquant avec la cheminée, dont la hauteur est d'au moins 20^m, afin d'assurer un tirage suffisant; les carneaux sont munis de registres qui permettent de régler la marche du feu pour chaque fourneau. Du côté de la grille, les cylindres sont revêtus d'une enveloppe d'argile destinée à les mettre à l'abri des coups de feu et à produire un échauffement plus régulier. Ils sont fermés, à leurs deux extrémités, par des fonds ou couvercles. Le fond postérieur B est solidement vissé. Il était autrefois muni de 4 tubulures métalliques de 0^m,1 de diamètre : à la tubulure *o* était adapté le tube en cuivre *p*, qui conduisait les produits volatils dans le réservoir C, où ils se condensaient en partie, tandis que le reste s'échappait par la cheminée; les trois autres contenaient les tubes en tôle *tt*, dits *cylindres-éprouvettes*, ouverts seulement vers l'intérieur du cylindre, et dans lesquels on avait introduit des morceaux de bois destinés à indiquer la marche de l'opération. Le fond antérieur se composait de deux disques constituant un obturateur et dont l'intervalle, qui était de 0^m,20, devait être rempli avec un mélange de cendres, de terre glaise et de poussière de charbon.

Les cylindres fixes actuellement existant en France ont de 1^m,50 à 2^m,00 de longueur et 0^m,70 de diamètre; ils sont en fonte de 0^m,03 d'épaisseur; on emploie de préférence la fonte blanche, qui est plus difficile à travailler, mais s'altère moins rapidement que la fonte grise. L'obturateur antérieur est fixé au moyen de deux pattes solides, percées d'un trou dans lequel s'engage une pièce munie d'un écrou dont la vis presse fortement sur le couvercle; les bords en contact de l'obturateur et du cylindre sont garnis de deux anneaux en cuivre rouge de 7 à 8^{mm} d'épaisseur, qu'on fixe par des vis et qui se mangent moins rapidement que la fonte. Enfin, les produits volatils peuvent être utilisés comme combustible dans le fourneau même qui contient les deux cylindres ou dans le fourneau voisin, au moyen d'un système de tuyaux en cuivre deux fois recourbés qui les ramènent au-dessus ou au-dessous de la grille postérieure. — A la poudrerie de Saint-Chamas, trois cylindres sont chauffés par un même foyer, placé au-dessous de celui du milieu.

b) Appareils russes et allemands.

En Russie, les cylindres de carbonisation sont en tôle; ils ont 2^m de longueur sur 0^m,65 de diamètre et 0^m,012 d'épaisseur. Les produits volatils ne sont pas utilisés comme combustible; les cuites sont de 6 heures, et on laisse refroidir le charbon dans les cornues pendant 16 heures environ. On obtient ainsi du charbon noir au rendement de 28 à 30 p. 100, renfermant de 81 à 82 p. 100 de carbone.

L'installation de Neisse est analogue à celle du Bouchet. Les cylindres-éprouvettes ont été remplacés par un simple robinet, permettant d'observer le dégagement des produits volatils de la distillation.

A Dresde, où les cylindres ont 2^m,17 de longueur et 0^m,77 de diamètre, chaque cylindre a un foyer spécial, ce qui permet de diriger plus facilement et plus régulièrement la marche de la carbonisation; la partie inférieure est garantie contre la flamme par un manteau en tôle placé à une distance de 0^m,026, et l'intervalle est rempli avec un mélange de brasque de charbon et d'argile. La fermeture antérieure se compose de deux obturateurs distants de 0^m,31: pour appliquer solidement l'obturateur intérieur contre le cylindre, on coince un morceau de bois entre cet obturateur et une barre de fer fixe; l'obturateur extérieur, qui est en fonte, est solidement vissé. A la partie postérieure du cylindre, un large tube en cuivre conduit les produits volatils à l'appareil de condensation; il est recourbé à angle droit au point où il entre dans cet appareil.

A Spandau, les cylindres fixes, identiques à ceux de Neisse, ont été récemment remplacés par des cylindres mobiles (B, a).

c) Appareils anglais.

En Angleterre, deux et souvent trois cylindres correspondent à un même foyer: dans ce dernier cas, le foyer est latéral. La partie inférieure des cylindres est protégée au moyen d'un revêtement en terre réfractaire, maintenu par une enveloppe en tôle.

Le mode de carbonisation usité à Waltham-Abbey rappelle le procédé danois (V). Le bois est chargé dans des cylindres en tôle que l'on introduit dans les cylindres en fonte; l'opération terminée, on les retire et on les remplace immédiatement par de nouveaux cylindres. On peut ainsi travailler d'une manière presque continue, et

l'on n'a pas besoin d'étouffoirs spéciaux. Le procédé anglais présente, toutefois, l'inconvénient de donner des produits souillés de goudrons.

d) Appareils suédois et italiens.

On a proposé, en Suède, de faire tourner le cylindre, pendant la carbonisation, de 90° autour de son axe, de manière à amener successivement tous les morceaux de charbon au contact de la paroi. On espérait ainsi obtenir des produits plus homogènes, avec une moindre dépense de combustible. Les résultats de ces essais ne nous sont pas encore connus.

L'appareil de carbonisation de la poudrerie de Fossano comprend 40 cylindres en fonte couplés deux à deux sur un fourneau. Les produits volatils de deux cylindres sont conduits, par des tuyaux abducteurs, dans une même boîte en fonte, d'où partent deux couples de tuyaux : les uns sont verticaux, en cuivre, et plongent dans un baquet où se condensent la vapeur d'eau et l'acide pyrolique ; les autres sont horizontaux, en fonte, coulés d'une seule pièce, placés entre les deux cornues un peu au-dessous du plan des axes, et portent des fentes, par lesquelles s'échappent les gaz enflammés, et, sur la paroi antérieure, des regards fermés par des tampons, au moyen desquels on peut vérifier la couleur des gaz et le degré d'avancement de la cuite. Le bois est chargé dans des cylindres en tôle mince, ouverts à une extrémité et supportés par des galets fixés sur la cornue en fonte ; un trou pratiqué au centre de l'obturateur permet d'introduire une clef carrée dans une boîte ménagée sur le fond du cylindre en tôle, de faire tourner celui-ci dans le cours de l'opération, et d'assurer ainsi une carbonisation plus uniforme des différentes parties de la charge. Un pyromètre doit compléter cette installation. — Chaque cylindre reçoit de 60 à 70^k de bois ; la durée d'une cuite est d'environ 6 heures ; on arrête l'opération au moment où la flamme des gaz devient bleue. La dépense en combustible (bois d'aune) est de 1^k,50 par kilogramme de charbon produit. On obtient ainsi un charbon au rendement de 28 p. 100 ; une analyse chimique en vérifie, chaque jour, la teneur en carbone, qui doit rester comprise entre 84 et 88 p. 100.

e) Dispositions générales des cylindres fixes.

On voit que la longueur des cylindres fixes n'est pas la même dans

tous les pays : elle varie de 1^m,50 à 2^m,17, tandis que le diamètre reste à peu près constant. En général, on obtient des produits d'autant plus homogènes que les cylindres sont plus petits, puisqu'il n'est pas nécessaire de pousser aussi vivement le feu pour porter la chaleur jusqu'au centre de la charge ; aussi les poudreries anglaises ont-elles une tendance à diminuer les dimensions de leurs cylindres, dont quelques-uns ne contiennent que 35^k de bois. D'un autre côté, les frais de main-d'œuvre et de chauffage varient en sens inverse de ces dimensions.

La durée des cylindres en fonte est de 15 ans environ ; celle des cylindres en tôle n'est guère que de 6 ans.

f) Chargement et opération (France et Allemagne).

Le cylindre est complètement rempli de bois. En Allemagne, on laisse, sur une longueur de 0^m,35 à 0^m,40, un espace libre aux deux extrémités qui, reposant sur la maçonnerie, ne reçoivent pas l'action directe du foyer ; on ménage, en outre, un petit passage à la partie supérieure pour le dégagement des produits volatils.

Le chargement peut se faire en introduisant le bois brin à brin et en l'enfonçant à l'aide d'un maillet ; cette manœuvre est pénible, surtout quand le cylindre est encore chaud. Il est préférable de préparer les bottes dans deux cercles de fer qu'on introduit avec la charge dans le cylindre, ou de les attacher avec des liens en paille qu'on retire dès que la charge est en place ; les vides sont ensuite comblés à la main. On peut enfin charger le bois dans un demi-cylindre en tôle qui entre exactement dans le cylindre fixe ; ce système est surtout commode au point de vue du déchargement, car la matière n'occupe, après la carbonisation, que la capacité du demi-cylindre. — La charge de bois varie de 60 à 100^k.

Le chargement terminé, on ferme l'ouverture antérieure du cylindre, on bouche les joints avec de la terre glaise ou tout autre enduit réfractaire, et la carbonisation peut commencer.

Le combustible employé est du charbon de terre en petits morceaux, du bois ou de la tourbe ; celle-ci est quelquefois préférée à cause de sa combustion plus régulière.

Supposons que l'on veuille obtenir du charbon noir. On commence par chauffer lentement, et, à cet effet, on n'entretient le feu qu'à la partie antérieure du foyer. Au bout d'une demi-heure environ, on voit sortir des vapeurs blanchâtres du tube de dégagement : on

BIBLIOTÈCA

repousse alors le feu vers le fond du foyer et l'on active la combustion, en évitant la production de longues flammes ; en tous cas, la flamme ne doit jamais lécher la surface du cylindre. Au bout de 4 heures 1/2 à 5 heures commence la distillation proprement dite : les vapeurs blanches prennent une coloration jaunâtre et répandent une forte odeur empyreumatique. Si l'appareil est muni d'un système ramenant les produits volatils dans le foyer, la carbonisation s'achève par la combustion même de ces produits sous la grille postérieure. Si l'on dispose de cylindres-épreuves, on retire un des bâtons, que l'on brise en plusieurs points, pour reconnaître ceux où la carbonisation est en retard : on active alors la combustion en ces points. Les vapeurs dégagées passent peu à peu au blanc, et finalement au bleu : dans beaucoup de poudreries, c'est là le signe que l'opération est terminée ; dans celles où l'on brûle les gaz sous les cylindres, on peut reconnaître la fin de la carbonisation à la couleur de la flamme. A Dresde, on se règle sur la température du tube de dégagement des gaz : si le coude qu'il présente est assez froid pour qu'on puisse le prendre à la main, on laisse tomber le feu, on l'enlève au bout d'un quart d'heure et l'on ferme les registres des carneaux. — La durée totale de l'opération, assez variable dans les différents pays suivant le procédé de chauffage, est, en France, de 6 à 7 heures pour la première cuite ; il suffit, pour les cuites suivantes, de chauffer très-peu au début, afin de provoquer le dégagement des produits volatils, qui opèrent presque seuls la carbonisation, et l'opération ne dure guère que 3 heures 1/2 à 4 heures. — Il faut, entre deux cuites consécutives, laisser refroidir le cylindre pendant quelque temps : cette précaution est indispensable au double point de vue de la bonne conservation des appareils et de leur rendement en charbon, lequel s'abaisse quand la durée des dernières cuites est inférieure à 3 heures. En outre, le charbon lui-même ne peut être immédiatement déchargé, à cause des dangers d'inflammation spontanée. Dans la plupart des poudreries, on laisse refroidir le charbon dans les cylindres pendant 1 heure environ ; à Dresde, la durée du refroidissement varie de 16 à 24 heures, suivant les conditions atmosphériques. En France, une Instruction de 1791 prescrivit, afin d'accélérer la fabrication, d'éteindre le charbon en l'aspergeant avec de l'eau ; mais ce mode d'opérer parut exercer, d'après les expériences de Robin, une si fâcheuse influence sur les qualités de la poudre, qu'il fut proscrit dès 1798.

Pour obtenir des charbons roux, il faut maintenir constamment, et pendant plusieurs heures, la température entre 250 et 270° ; nous avons vu, en effet (p. 160), que, si l'on dépasse 270°, il se produit une élévation subite de température qui peut aller jusque vers 340° et donner une proportion considérable de charbons noirs, quelque précaution qu'on prenne pour s'y opposer, soit qu'on éteigne complètement le feu dans le foyer, soit qu'on retire immédiatement du fourneau le cylindre supposé mobile. Aussi le feu doit-il être conduit très-lentement ; on a un très-faible dégagement de gaz combustibles, qu'on laisse le plus souvent échapper dans la cheminée, et l'on chauffe tout le temps avec de la houille ou avec du bois. L'opération dure, en France, de 10 à 12 heures ; si l'on veut marcher d'une manière continue, il faut laisser 2 ou 3 heures d'intervalle entre les cuites successives. En Allemagne, la durée de l'opération ne doit pas être inférieure à 11 heures.

g) Déchargement et triage (France et Allemagne).

Quand le refroidissement est terminé, on procède au déchargement du charbon. Si la charge a été placée dans un demi-cylindre, il suffit de retirer celui-ci et d'en verser rapidement le contenu dans des étouffoirs au moyen d'un entonnoir en tôle ; sinon, on se sert d'une poignée à main, ou plutôt d'une tige de fer terminée par un demi-cercle de tôle fixé à angle droit, et qui permet de ramener tout le charbon d'un seul coup. Les étouffoirs sont des cylindres en tôle de 1^m,5 à 2^m,5 d'épaisseur, munis de poignées et de couvercles à fermeture hermétique. Le charbon doit séjourner au moins 4 jours dans les étouffoirs.

Avant d'être porté aux ateliers de composition, le charbon est soumis, en France, à un triage spécial. A cet effet, on verse un étouffoir sur une toile métallique à larges mailles fixée à un cadre en bois incliné. S'il s'agit de charbon roux, on met à part le charbon le plus roux pour les poudres de chasse superfine et extrafine, les parties goudroneuses qui sont renvoyées à la poudre de mine, et les brûlots qui seront recuits ; quant au poussier et à la braisette, qui peuvent servir de combustible, ils tombent, ainsi que la terre et les graviers, dans une trémie en cuir et, de là, dans un étouffoir placé au-dessous de la toile métallique. Le triage du charbon noir, qui est généralement plus homogène, se réduit à la séparation de la braisette et des