

avec un départ toutes les demi-heures les dimanches et jours de fête, de 5 heures du matin à 11 heures 30 minutes du soir. Les jours d'affluence, chaque auto-amotrice entraîne une ou deux remorques. Aux essais, on a relevé, en palier, une vitesse maxima de 50 km. à l'heure, et une vitesse commerciale de 24 km., y compris les temps de démarrage et de freinage, mais non compris les durées de stationnement. Cette vitesse de 24 km. est remarquable pour un tramway suburbain, surtout si l'on considère que celui-ci est établi sur route, et que la circulation oblige souvent à ralentir et à freiner.

Un autre résultat très intéressant, est le bon état dans lequel se conservent les collecteurs, et le peu d'entretien qu'ils nécessitent.

J. COLLIGNON,
Ingénieur-électricien.

LA FABRICATION DES ÉLECTRODES

(Suite)

AGGLOMÉRANTS

Les matières employées comme agglomérants dans la fabrication des électrodes sont :

- 1° Le goudron de houille ;
- 2° Le brai de goudron de houille ;
- 3° Les goudrons synthétiques ;
- 4° Le bitume et l'asphalte ;
- 5° Des agglomérants divers.

Goudron de houille. — Les goudrons prennent naissance dans la distillation pyrogénée de la houille ; ils peuvent provenir de quatre sources différentes :

L'industrie du gaz d'éclairage ; c'est elle qui fournit le plus de goudron ; l'industrie du coke métallurgique (goudron des fours à coke) ; l'industrie métallurgique (goudron de hauts-fourneaux) ; l'industrie du gaz de gazogène et du gaz à l'eau (goudron de gazogène).

Pour conserver le goudron qu'on achète, le moyen le plus simple consiste à le placer dans des fosses souterraines, munies de serpentins de vapeur pour le chauffage. Lorsqu'on veut s'en servir, on le refoule à l'aide d'une pompe dans le local où il doit être utilisé. Dans cette fosse, le goudron, chauffé par les serpentins de vapeur, a le temps de laisser déposer les corps étrangers qui s'y trouvent mélangés mécaniquement et, en même temps, de perdre son eau qui se vaporise.

Le pouvoir agglomérant d'un goudron dépend de sa densité, de sa teneur en carbone libre et de sa constitution.

Densité du goudron. — La densité du goudron varie avec son origine. Voici, d'après Lunge, la densité de différentes sortes de goudrons de houille :

Origine du goudron	DENSITÉ		
	Minima	Maxima	Moyenne
Goudron de gaz	1,415	1,220	1,456
Goudron de fours à coke :			
a) Fours Simon-Carvès	1,406	1,150	1,410
b) — Carvès-Hussener	1,439	—	—
c) — Hoffmann-Otto	1,1498	—	—
d) — Semet-Solvay	1,170	—	—
e) — Jameson	0,960	0,994	0,977
Goudron de haut-fourneau . . .	0,954	—	—
— de gazogène	1,080	—	—
— de gaz à l'eau	1,100	—	—

La densité du goudron dépend, dans une certaine mesure, de sa teneur en carbone libre. Elle dépend encore de sa

constitution : les goudrons dont la densité est inférieure à 1 000 sont formés, en grande partie, par des hydrocarbures de la série grasse, tandis qu'un goudron à densité élevée est constitué surtout par des corps de la série aromatique.

Constitution du goudron de houille. — Les goudrons de houille possèdent, comme nous l'avons vu, une constitution assez variable.

Voici, à titre d'exemple, deux analyses élémentaires de goudron de houille :

Éléments dosés	Goudron de gaz de Londres	Goudron de cannel écrossais
Carbone.	77,53	85,33
Hydrogène.	6,33	7,33
Azote.	1,03	0,85
Soufre.	0,61	0,43
Oxygène.	14,50	6,06

Pour l'analyse immédiate des goudrons de houille, on a trouvé à peu près la composition moyenne suivante :

Benzène et homologues	$C^n H^{2n-6}$	2,50
Phénols et homologues	$C^n H^{2n-7}OH$	2,00
Pyridine et quinoléine	$C^n H^{2n-7}Az$	2,25
Naphtalène	$C^{10} H^{2n-12}$	6,00
Huiles lourdes	$C^n H^n$	20,00
Anthracène (phénanthrène).	$C^{14} H^{2n-8}$	2,00
Partie soluble du brai	$C^{2n} H^n$	38,00
Carbone (partie insoluble du brai).	$C^{3n} H^n$	24,00
Eau		4,00
Pertes à la distillation, gaz, etc.		4,25
		100,00

Dans l'industrie, on distille le goudron de houille pour en retirer les différentes huiles qu'on sépare ainsi du brai.

Quelques distilleries de goudron opèrent ordinairement le fractionnement de la façon suivante :

- 1° Jusqu'à 170°
 - 2° De 170° à 230°
 - 3° De 230° à 270°
 - 4° Au-dessus de 270°
 - 5° Résidu
- huiles légères ;
huiles moyennes ;
huiles lourdes ;
huiles anthracéniques ;
brai.

D'autres fractionnent comme il suit :

- 1° Jusqu'à 200°
 - 2° De 200 à 300°
 - 3° De 300° à 360°
 - 4° Résidu
- huile légère brute ;
huile lourde ;
huiles anthracéniques ;
brai.

Des distillations fractionnées, et divers traitements chimiques, permettent ensuite d'extraire une foule de produits différents (*).

Brai de Goudron de houille. — Le brai est une masse noire, épaisse, restant comme résidu dans la cornue de distillation du goudron. La proportion de brai obtenue peut varier de 30 à 90 % suivant la qualité du goudron, les appareils employés et la fusibilité du brai que l'on veut obtenir.

Les brais ne sont pas plus que les goudrons un produit homogène. Il y a des brais très riches en matières collantes, c'est-à-dire en chrysène, pyrène et résines ; il y en a d'autres qui en sont très pauvres et contiennent beaucoup de carbone libre. Les goudrons pauvres en anthracène donnent ordinairement des brais peu collants. Les goudrons riches en carbone libre donnent de mauvais brais.

Diverses sortes de brais. — On distingue : 1° les brais gras, 2° les brais mi-gras, 3° les brais secs.

(*) On trouvera la liste des principaux corps constitutifs du goudron de houille dans le *Dictionnaire de Chimie* de Wurtz, 2° supplément.

Brais gras. — On obtient les brais gras en arrêtant la distillation du goudron avant que les huiles anthracéniques commencent à passer. Le brais gras est un produit visqueux, semi-liquide, qui se ramollit vers 15° et fond complètement entre 40° et 50°. La densité du brais gras varie aux environs de 1,3.

Quelques usines d'électrodes emploient simplement le brai gras comme agglomérant. Pour l'obtenir, on distille le goudron jusqu'à ce que le résidu pris dans la cornue ait une densité d'environ 1,3 à la température de 15°.

Brais mi-gras. — Le brai mi-gras, obtenu en poussant un peu plus loin la distillation du goudron, commence à se ramollir vers 33° à 40° et fond vers 55° à 65°. On le dissout quelquefois dans le goudron de houille pour en augmenter la densité.

Brais secs. — Le brai sec, qui est le résidu obtenu dans la distillation complète du goudron de houille, fond entre 75° et 100°.

Sa densité varie entre 1,182 et 1,315. Elle est en moyenne de 1,261. Il est très riche en carbone libre et n'est presque pas employé dans la fabrication des électrodes.

Les brais les plus employés sont les brais mi-gras. Ils doivent satisfaire aux conditions suivantes :

- a) Être solides à la température ordinaire ;
- b) Présenter une cassure conchoïdale ;
- c) Être d'un beau noir mat ;
- d) Chauffés dans de l'eau à 50°, ils doivent pouvoir s'étirer en fils longs, minces, flexibles et sans nœuds ;
- e) Ils ne doivent pas avoir plus de 0,5% de cendres ;
- f) Les matières volatiles doivent être d'environ 45° à 55 % ;
- g) Le point de fusion doit être d'environ 55° à 65° C ;
- h) Ils doivent posséder une densité de 1,290 à 1,310 ;
- i) La quantité de carbone libre doit être aussi faible que possible, car elle est en raison inverse de la force agglomérante.

Nous avons fait quelques analyses de brais mi-gras et en avons consigné les résultats dans le tableau suivant.

Brais	Densité	Point de fusion	Matières volatiles	Cendres
1	1,290	58° — 60°	55,7	0,4
2	1,293	55° — 57°	54,2	0,5
3	1,296	55° — 60°	54,0	0,4
4	1,303	57° — 60°	52,7	0,3
5	1,303	55° — 60°	52,9	0,3
6	1,310	55° — 60°	53,0	0,7
7	1,313	59°	50,4	0,8
8	1,319	59° — 60°	50,2	0,5
9	1,317	65°	48,6	0,2
10	1,319	63° — 65°	47,1	0,4
11	1,439	71°	45,3	0,3

On remarquera, dans ce tableau, que la densité et le point de fusion du brais mi-gras paraissent varier à peu près dans le même sens.

Goudrons synthétiques. — On appelle goudrons synthétiques les goudrons qu'on a reconstitués à partir des brais et des huiles distillées. On les obtient en dissolvant les brais dans les huiles de goudrons et il est évident qu'on peut en former ainsi une très grande variété suivant les proportions de brais et les huiles employées (huile légère, huile lourde, huile anthracénique).

Bitume. — On peut encore employer comme agglomérant le bitume de Judée, ou asphalté, et le malthe, dont le pouvoir agglutinant est considérable.

Le bitume de Judée, ou asphalté, est une matière solide, noire, d'un aspect résineux, à cassure conchoïdale, formé de divers hydrocarbures. Sa densité varie de 0,7 à 1,3.

D'après Boussingault, les bitumes sont des mélanges composés de deux substances distinctes, savoir 1° d'un carbure d'hydrogène liquide nommé *pétrolène*, qui bout à 280° C et a pour formule C¹⁰H³² ; 2° d'une matière noire et solide appelée *asphaltène*, de formule C¹⁰H³²O⁶, probablement un oxyde de pétrolène, qui a dû se former sous l'action de l'air.

L'asphalté est peu soluble dans l'alcool, mais il se dissout facilement dans le pétrole, l'essence de térébenthine, la benzine et les huiles de goudron de houille.

Assez rare en Europe, le bitume se trouve en grandes quantités sur les bords de la mer Morte, ou lac asphaltique, ainsi que dans le lac de poix de l'île de la Trinité, dans les Antilles anglaises, et au Mexique.

Voici quelques analyses de bitume de Judée que nous avons effectuées :

Bitumes	Point de fusion	Densité	Matières volatiles	Cendres
1	45° — 47°	1,312	63,4	22,2
2	47° — 49°	1,305	59,2	24,1
3	50° — 52°	1,307	58,7	23,3
4	50° — 52°	1,304	61,6	24,6
5	45° — 48°	1,310	63,1	21,7
6	50° — 52°	1,301	64,7	22,3
7	55° — 56°	1,253	63,5	25,6
8	45° — 50°	1,310	63,3	20,7
9	45° — 47°	1,306	60,1	21,9

A l'analyse qualitative, les cendres du bitume de Judée se sont montrées composées principalement de fer, avec de petites quantités d'alumine, chaux, magnésie, potasse, soude, silice, acide sulfurique, acide chlorhydrique.

Le Malthe, ou bitume mou, ou poix minérale, est une matière noire, solide, mais très molle, qui fond vers 80°. On le rencontre dans différents terrains (houiller, secondaire, tertiaire, en particulier à Pymont près Seyssel (Ain), à Dax et à Orthez (Landes), à Gabian (Hérault), à Val-de-Travers (canton de Neuchâtel, Suisse), à Beckelbronn et à Lampertsloch (Alsace), à Seefeld (Tyrol), à Limmer, près de Hanovre, à Holzen (duché de Brunswick). Dans le Puy-de-Dôme, on trouve aussi des rochers volcaniques imprégnés de malthe.

L'extraction du malthe de la roche qu'il imprègne se fait par deux procédés :

1° Lorsque la roche est compacte, on en fait des tas, on y met le feu : le malthe fond et s'écoule dans des vases placés en contrebas ;

2° Lorsqu'il s'agit de matières terreuses, on les fait bouillir avec de l'eau, le malthe fond et monte à la surface où il est écumé, puis moulé en pains.

Agglomérants divers. — Parmi les matières employées comme agglomérants, il nous faut encore citer la colle, la mélasse, le sirop de sucre, la gélatine, l'empois d'amidon, l'huile minérale visqueuse, la résine et la poix. Mais ces corps sont de moins en moins employés et, actuellement, toutes les fabriques d'électrodes se servent presque exclusivement de goudrons.

Isidore BAY,
Ingénieur-chimiste.

(A suivre)

Nous rappelons que tout ce qui concerne la Rédaction doit être adressé à M. COTE, directeur, 24, rue Sully, Lyon, et pour l'Administration à M. Jules REY, éditeur, 23, Grande-Rue, Grenoble. Toutefois, les clichés et bons à tirer d'annonces doivent être adressés directement à l'imprimerie de la Revue.