

faire partie de l'étude de l'avant-projet d'un canal d'arrosage, si l'on veut éviter des écoles coûteuses et des insuccès possibles.

La connaissance de cette donnée n'est, d'ailleurs, pas uniquement désirable en vue de l'étude économique des projets; elle permettra, en outre, la détermination, pour un terrain envisagé, des divers éléments fondamentaux des projets d'arrosage, savoir : le module à adopter, l'intervalle de temps à laisser entre deux arrosages successifs, la durée de ces arrosages et, par suite, le volume d'eau total annuel qu'il convient d'employer par unité de surface. Les recherches que nous poursuivons actuellement dans le périmètre de plusieurs canaux conduisent, en effet, à penser qu'il existe, entre ces divers éléments et le degré de perméabilité des sols, des relations étroites. En particulier, ceci n'est pas douteux pour le module qui, pour obtenir un bon arrosage, doit, ainsi qu'on l'a fait pour certains canaux, et comme l'a indiqué M. Crevat (1) dans des recherches faites avec M. Carrier, être proportionné dans une certaine mesure à la nature des terres. La détermination, dans chaque cas particulier, du module le plus convenable permettra certainement d'atténuer, dans une très large mesure, les inconvénients d'une très faible ou d'une trop forte perméabilité. De l'ensemble de nos observations on peut, en résumé, tirer les conclusions suivantes :

1° Le degré de perméabilité des sols est le facteur essentiel de leur aptitude à utiliser l'eau.

2° Dans les cas de perméabilités extrêmes, l'irrigation présente des difficultés spéciales, se traduisant, en général, par des dépenses supplémentaires qui diminuent les bénéfices de l'entreprise et peuvent souvent les rendre économiquement irréalisables.

3° Lorsque le périmètre arrosable renferme des terrains de perméabilités diverses et que, ce qui est fréquemment le cas, la quantité d'eau dont on dispose est limitée, il convient, toutes choses égales d'ailleurs, de réserver l'eau disponible aux terrains de perméabilité moyenne.

4° La détermination du degré de perméabilité doit faire partie de l'établissement des projets de canaux d'arrosage. De cette donnée dépendent, en particulier, l'opportunité de la création du canal, le module à adopter, le mode de distribution des eaux (espacement et durée des arrosages) et le volume total à employer annuellement par hectare.

En prenant en considération ces propositions, on évitera le renouvellement d'erreurs quelquefois commises et qui ont abouti à des sacrifices considérables faits en pure perte, et l'on portera les efforts que nécessite la création de nouveaux canaux sur des régions où l'apport de l'eau peut amener une réelle prospérité agricole.

## TRAMWAYS A COURANTS CONTINU ET ALTERNATIF DE LA C<sup>ie</sup> O. T. L.

La banlieue de Lyon, qui forme autour de la grande ville une ceinture très étendue et très peuplée, était desservie jusqu'à ces derniers temps, ainsi d'ailleurs que la ville elle-même, par des tramways électriques à courant exclusivement continu. La C<sup>ie</sup> des Omnibus et Tramways de Lyon, qui exploitait déjà le réseau de la ville, avait étendu son trafic jusqu'à certains faubourgs, en employant, soit des feeders très coûteux, soit des sous-stations de transformation de courant alternatif en courant continu, également très coûteuses. Mais certaines lignes avaient atteint leur longueur extrême praticable en courant continu, tandis que d'autres étaient commercialement irréalisables.

Devant les résultats obtenus par la Société anonyme Westinghouse avec le courant alternatif monophasé, la C<sup>ie</sup> des Omnibus et Tramways de Lyon n'hésita pas à employer la traction par courant alternatif monophasé pour certaines nouvelles lignes de banlieue.

Pour la commodité des voyageurs et de l'exploitation, toutes les lignes des faubourgs pénètrent jusqu'au centre de la ville; mais les prescriptions administratives interdisant

la traversée des grands centres par des lignes à haute tension, et, d'autre part, le réseau de la ville existant déjà en courant continu, l'équipement des voitures devait répondre à cette obligation de pouvoir, sans inconvénient, fonctionner alternativement sous courant alternatif à 6000 volts et sous courant continu à 600 volts.

Nous allons nous attacher à faire ressortir ici comment le problème a été résolu par la Société Westinghouse avec son matériel monophasé.

*Lignes.* — Les deux lignes équipées à l'heure actuelle en monophasé sont celles de Miribel et de Jons. La ligne de Miribel est longue actuellement de 12,5 km., dont 5 sont en courant continu; elle sera prolongée ultérieurement jusqu'à Montluel, atteignant une longueur totale de 20 km. Elle est entièrement sur route, et traverse plusieurs agglomérations.

La ligne de Jons a 21 km, dont 6 sont en courant continu; elle sera prolongée très prochainement jusqu'à Sault-Brénaz à 60 km, de Lyon. Elle traverse plusieurs villages.

Ces deux lignes ont été construites d'une manière identique. La voie est unique et normale; l'éclissage électrique est fait sur les deux files de rails au moyen de joints *Chicago*, de 50 millimètres carrés de section.

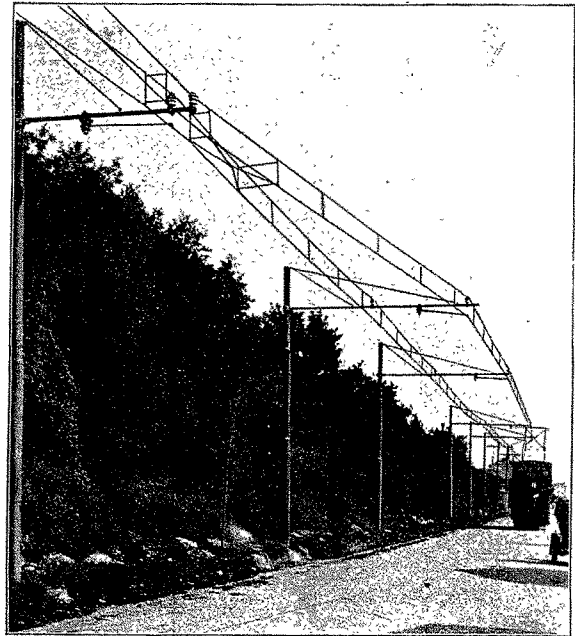


FIG. 1. — Ligne caténaire en alignement droit, avec évitement.

Pour la traversée des villes et des agglomérations, ou dans les courbes de grand rayon, ainsi qu'aux évitements, les poteaux sont métalliques, constitués par des tubes d'acier, du type Manesseman, pouvant supporter un effort de 800 kgs au sommet, et par des fers double T de 16 mm. en campagne, et dans les courbes de petit rayon. Les résultats obtenus avec ce dernier genre de poteaux ont été très satisfaisants. En alignement droit, la portée entre poteaux varie entre 35 et 54 mètres.

En général, la ligne est établie sur consoles. Dans certaines traversées de ville où la voie passe au milieu de la route, ou dans les gares à plusieurs voies, la construction par transversaux a été adoptée; dans quelques évitements en courbes à faible rayon, les fils transversaux ont été remplacés par des fers à U.

Les consoles sont tubulaires; afin d'unifier le matériel, les mêmes tubes sont employés comme consoles normales et comme supports de ligne dans les transversaux à fils.

La ligne est du type caténaire; les isolateurs principaux, fixés sur les consoles, sont en porcelaine à triple cloche; chacun de ces isolateurs, avant la mise en place, a subi un essai de surlension de 50.000 volts.

(1) Conditions de l'irrigation rationnelle des terres.

Sur l'isolateur est fixé le câble d'acier, composé de 7 fils de 25/10, supportant, au moyen de pendules en fer plat, le fil de cuivre de 50 millimètres carrés, à section en 8. Les pendules reposent sur le câble d'acier au moyen d'un cavalier, et retiennent le fil de cuivre par une griffe serrée par des boulons.

Pour maintenir constamment le cable et le fil de trolley dans un plan vertical, la ligne est munie de bras antibalçants, au droit des courbes, et même en alignement pour éviter le balancement. Ces bras sont rigides ou souples, suivant le cas, et supportés par des isolateurs identiques aux isolateurs principaux.

Tous les poteaux sont établis sur fondation en béton, et mis soigneusement à la terre par une connexion avec le rail.

Chaque ligne est divisée en sections d'environ 3 km. complètement isolées les unes des autres. Au point de sec-

Les voitures présentent les caractéristiques suivantes :

Distance d'axe en axe des boggies.....	6m31
Distance d'axe en axe des 2 essieux des boggies.....	4m21
Longueur totale du châssis.....	10m90
Largeur du châssis.....	1m83
Diamètre des roues motrices.....	0m85

Les voitures sont prévues avec compartiment de première et de seconde classe, avec plate-forme au milieu pour places debout.

La capacité totale d'une voiture est de 50 places. A l'avant et à l'arrière, le wattmann dispose d'une petite plate-forme, interdite aux voyageurs, dans laquelle sont installés les appareils de commande.

Chaque automotrice est équipée avec les appareils suivants : 2 moteurs, 2 contrôleurs, 1 auto-transformateur,

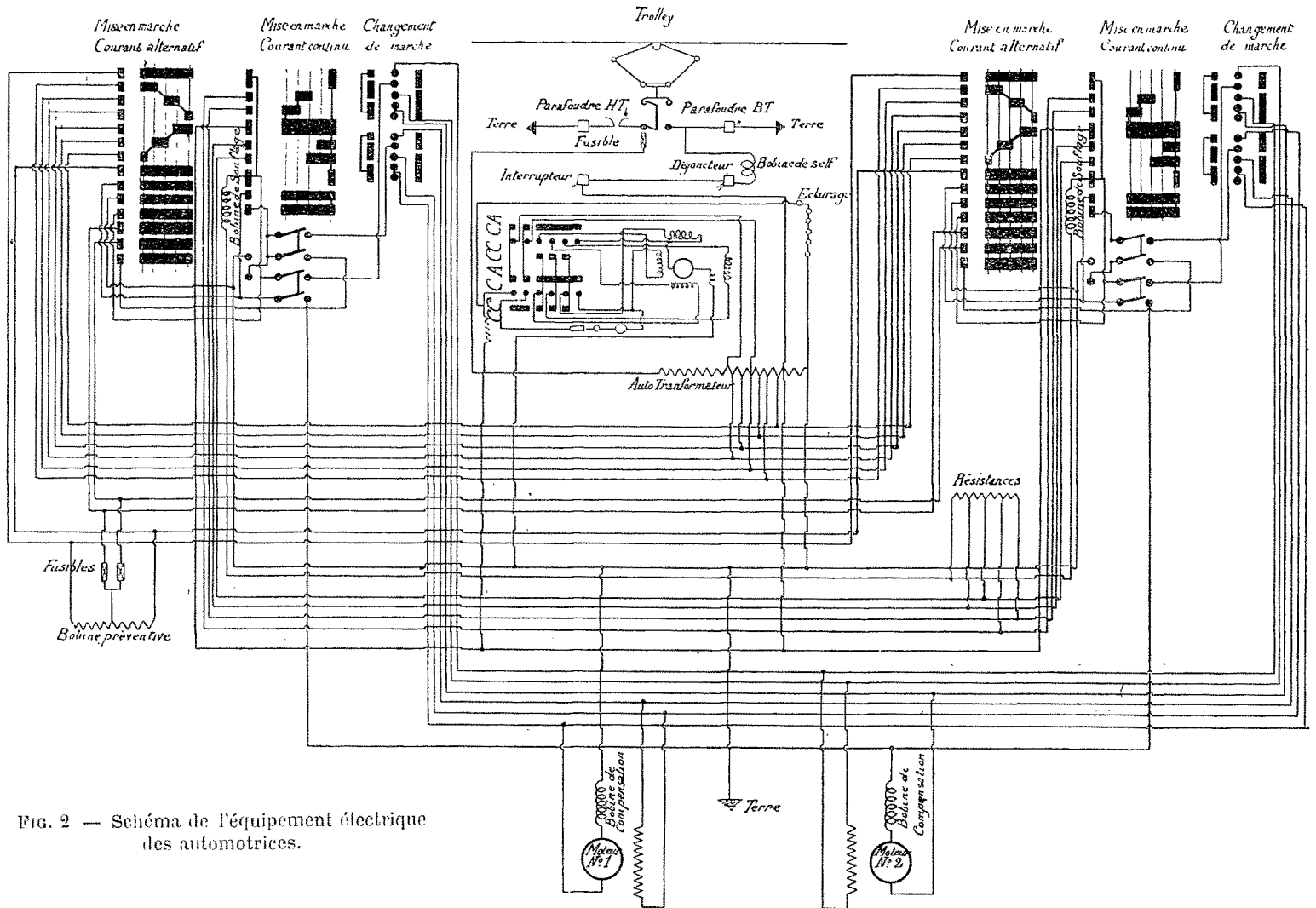


FIG. 2 — Schéma de l'équipement électrique des automotrices.

tionnement est installée une petite cabine qui contient un interrupteur à huile, un parafoudre type LE et sa résistance, et un jeu de couteaux pour mise à la terre, dans le cas de réparation urgente sur la section protégée.

Les lignes monophasées étant assez éloignées de la sous-station, sont alimentées à 6600 volts au moyen de deux feeders de 6,5 km pour une ligne, de 4,3 km pour l'autre.

L'alimentation du réseau en courant continu se fait directement en ville, au terminus. Le passage de la ligne courant continu à la ligne courant alternatif se fait simplement par l'interposition d'une zone neutre sans courant.

La ligne courant continu est du type normal à un seul fil.

**Automotrices.** — Les trucks, du type Brill à boggie, sont établis pour voie normale. Ils ont été construits, ainsi que la carrosserie, dans les ateliers de la Compagnie française de matériel de chemins de fer d'Ivry.

l'inverseur, des résistances pour courant continu, des parafoudres haute et basse tension, des disjoncteurs, des fusibles, un groupe compresseur d'air, une prise de courant pantographe, et une perche à trolley normal.

Cette double installation de prise de courant a été nécessitée par la disposition des anciennes lignes urbaines qui ne permettent pas l'emploi du pantographe.

Le nombre des voitures automotrices à double courant est de 15.

**Prise de courant pantographe.** — La prise de courant est portée sur la toiture par un châssis en bois monté sur isolateurs; la ferrure de chaque isolateur est reliée soigneusement à la terre. La commande de l'appareil est pneumatique.

Du pantographe part une dérivation vers un parafoudre à cornes, installé avec ses résistances métalliques sur le

toit de la voiture. Le courant, capté par le pantographe, passe par l'inverseur, fixé également sur le toit de la voiture, et qui a pour but d'envoyer le courant soit sur le circuit haute tension, soit sur le circuit basse tension de l'automotrice.

Si la voiture est alimentée par du courant continu, le courant passe par un circuit comprenant les appareils normaux des voitures de tramways, c'est-à-dire disjoncteur de plate-forme, interrupteur de plate-forme, fusible; nous ne nous arrêterons pas à la description de ces appareils.

Quand la voiture quitte le réseau courant continu pour entrer dans le réseau courant alternatif haute tension, une potence spéciale, fixée à un poteau placé dans la zone neutre entre les deux sections, zone sans courant, bute contre un levier de l'inverseur placé latéralement à la voiture: le choc a pour effet de faire tourner l'inverseur d'un certain angle, et de le disposer à envoyer l'énergie prise sur le fil de ligne dans le circuit alternatif de la voiture. Le mouvement inverse se produit quand la voiture passe du réseau alternatif au réseau continu. De l'inverseur, le courant passe au fusible haute tension, puis au transformateur. Ces deux derniers appareils sont placés en dessous de la voiture. La conduite est faite en câble à haute isolation, protégé par une gaine métallique mise à la terre.

*Auto-transformateur.* — Le transformateur est du type à bain d'huile, de 55 KVA, 15 périodes, à un seul circuit, alimenté à 6.600 volts entre connexions extrêmes, l'un des bouts étant à la terre; il est prévu avec une gamme de tensions d'utilisation variables de 400 à 315 volts, nécessaire pour le démarrage des moteurs et le réglage de la vitesse.

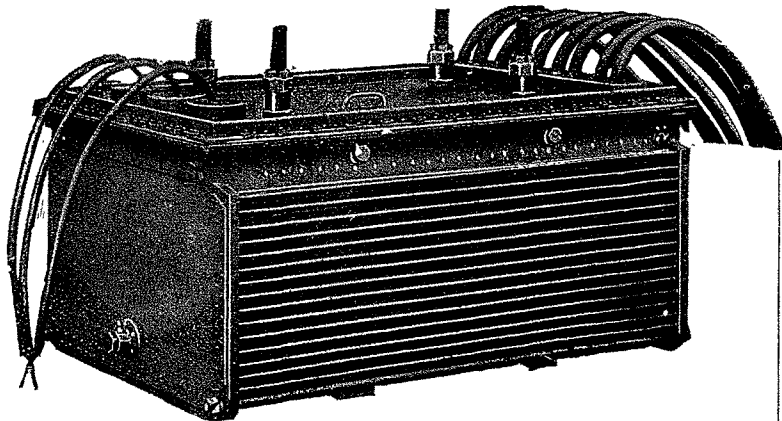


FIG. 3. — Auto-transformateur.

*Contrôleurs.* — Les contrôleurs sont constitués par trois tambours; deux de ces tambours correspondent à ceux des contrôleurs à courant continu, l'un pour l'inversion du sens de marche, l'autre pour le réglage de la vitesse; le troisième tambour correspond au réglage de la vitesse des moteurs fonctionnant sous courant alternatif. Une seule manette principale suffit; quand on passe du réseau courant alternatif sur le réseau à courant continu et, réciproquement, le wattmann change sa manette de tambour; un oubli de sa part ne peut produire aucune fausse manœuvre désagréable, car la voiture ne démarre pas.

Chacune des bornes de sortie basse tension de l'auto-transformateur correspond à un plot du tambour à courant alternatif. C'est donc par variation de tension qu'on effectue le démarrage, et qu'on règle la vitesse, quand la voiture est alimentée par le réseau courant alternatif. Les touches du tambour principal à courant continu correspondent aux bornes de connexion des résistances, comme dans les équipements normaux de tramways à courant continu. On peut donc entrevoir déjà l'économie importante réalisée par le fait de la suppression des résistances sur le parcours le plus étendu du réseau.

*Moteurs.* — Chaque voiture est équipée avec deux moteurs monophasés, d'une puissance nominale de 45 HP, alimentés sous courant alternatif à 275 volts, 15 périodes, ou courant continu 275 volts, excitation série. Ils sont munis d'enroulements compensateurs et de circuits résistants de commutation, suivant les dispositifs Westinghouse pour moteurs de traction monophasés.

Ces deux moteurs fonctionnent toujours connectés en série sous courant continu, et en parallèle sous courant alternatif.

*Freins à air.* — Les voitures sont munies du frein à air Westinghouse; l'air comprimé nécessaire à leur fonctionnement est produit par un petit compresseur actionné par un moteur électrique de 5 HP, qui fonctionne aussi bien avec du courant alternatif que du courant continu. Entre le compresseur et les cylindres de frein, est placé un réservoir d'air. Le groupe de compression est placé en dessous de la voiture, près du transformateur.

*Sous-station.* — La sous-station alimentant le réseau en courant alternatif haute tension est située rue d'Alsace, près de la sous-station de transformation en courant continu à basse tension du courant continu à 50.000 volts venant de Moutiers (\*), et de l'un des dépôts de voitures.

Le tableau de distribution comprend huit panneaux, dont sept à basse tension et un à haute tension.

Les appareils, montés sur marbre et servant au contrôle et aux manœuvres, sont tous à basse tension; seule la partie postérieure, fermée par des grillages, contient les appareils haute tension.

Cette sous-station reçoit son énergie en courant continu qu'elle transforme en courant alternatif monophasé, 15 périodes, 6.600 volts. Cette transformation est faite au moyen d'un groupe composé d'un moteur à courant continu de 300 HP tournant à 450 tours par minute et accouplé directement à un alter-

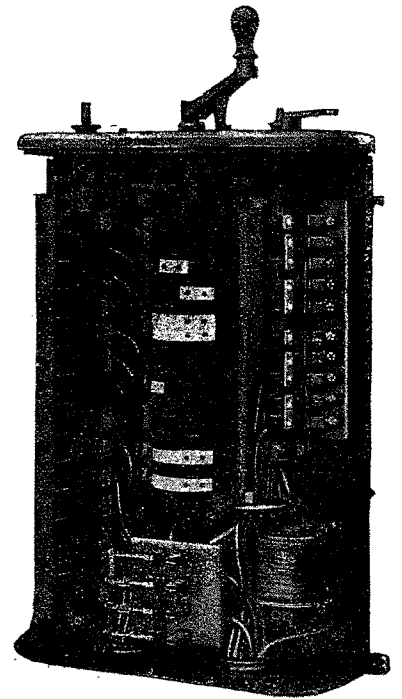


FIG. 4. — Contrôleur ouvert.

nateur de 225 KVA à excitatrice en bout d'arbre. La sous-station ne comprend actuellement que deux groupes identiques, l'un servant de réserve, à l'exception des jours de grand trafic où ils marchent en parallèle.

Afin d'éviter des interruptions prolongées sur la ligne, dès qu'un disjoncteur fonctionne, une série de lampes s'éclairent, et un signal acoustique retentit, avertissant l'électricien de service.

*Exploitation.* — L'ouverture de l'exploitation des deux premières lignes a eu lieu en mars 1909. Sur la ligne de Miribel, 3 voitures sont en circulation avec un départ toutes les demi-heures les jours de semaine, et 6 voitures avec un départ toutes les vingt minutes les dimanches et jours de fête, de 5 heures du matin à 11 heures du soir. Sur la ligne de Jons, 3 voitures sont en circulation avec un départ toutes les heures les jours de semaine, et 6 voitures

(\*) Pour la description du transport Lyon-Moutiers, à 50.000 volts voir *La Houille Blanche* de novembre 1908.



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 .....	1,115	1,220	1,156
Goudron de fours à coke :			
a) Fours Simon-Carvès .....	1,106	1,150	1,110
b) — Carvès-Hussener .....	1,139	—	—
c) — Hoffmann-Otto .....	1,1198	—	—
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 érossais
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.