TRANSPORTS MÉCANIQUES SOUTERRAINS

PAR

J. KERSTEN

Ingénieur

[62266]

Lorsque l'on a affaire dans les mines à des galeries sinueuses, le transport mécanique des produits par chaîne ou par câble, de quelque nature qu'il soit, devient difficile et parfois même impossible à cause de l'importance du frottement sur les poulies placées dans les courbes. Aussi doit-on recourir dans ces cas aux modes de traction par rames indépendantes dont les principaux peuvent se subdiviser comme suit :

1° Les locomotives à vapeur;
2° Les locomotives électriques par trolley ;
3° Les locomotives électriques à accumulateurs ;
4° Les locomotives à essence.

1° Locomotive à vapeur.

Ce système a été essayé dans plusieurs charbonnages et on a toujours dû y renoncer à cause des inconvénients dus à la vapeur qui se répand dans les travaux, obscurcit les

chantiers et fait pourrir les boisages. Malgré une ventilation énergique, il est fort difficile de la faire disparaître.

D'autre part, lorsque la mine est grisouteuse, il ne serait pas possible d'employer des machines à foyer et il ne resterait que les locomotives sans foyer qui n'ont obtenu que très peu de succès.

2° Locomotive électrique par trolley.

Jusque maintenant, ce genre de transport n'a reçu aucune application dans notre pays et c'est aux mines de Marles, dans le Pas-de-Calais, qu'il a été monté sur la plus grande échelle.

Au puits n° 3 de cette Société, à la profondeur de 266 mètres, est installé un réseau électrique important alimenté par une station génératrice de la surface. Cette station comprend une machine à vapeur à deux cylindres compoundés de la puissance de 500 chevaux.

La pression initiale de la vapeur est de 4.5 à 5 atmosphères. La machine marche à condensation. Sur l'arbre de couche se trouvent deux poulies qui, par l'entremise de courroies, actionnent deux dynamos à courant continu et à excitation compound, couplées en parallèle. Chacune d'elles a une puissance de 80 kilowatts ou 109 chevaux sous une différence de potentiels utile de 500 volts aux bornes. Le courant débité par chacune est ainsi de 160 ampères. Leur vitesse de rotation est de 350 tours par minute. Dans la salle de machine, on a réservé la place pour le montage futur de deux dynamos semblables, ce qui porterait la puissance utilisable de la station à 320 kilowatts ou 435 chevaux-vapeur.

L'énergie est amenée à l'étage de 266 mètres par deux câbles de cuivre toronné de 200 millimètres carrés de section utile. Le cuivre est entouré d'une gaine en filin, puis d'un

toronnage de fils de fer recouvert lui-même d'un second filin. Ces deux câbles sont suspendus dans le puits tous les dix mètres.

En admettant que la longueur totale du câble jusqu'au pied du puits soit de

$$l = 2\,(266 + 100) = 732 \text{ mètres},$$

quand le débit est maximum et atteint pour les deux dynamos en parallèle, la valeur $i = 2 \times 160 = 320$ ampères ; on calcule que la perte de charge en volts, de la machine à l'accrochage, est seulement de

$$V = \frac{l\,i}{60\,s} = \frac{732 \times 320}{60 \times 200} = 19{,}5 \text{ volts},$$

soit 3.90 °/₀ du voltage utile.

La longueur totale du transport dans la mine est de 5 kilomètres, constitué par plusieurs ramifications sur lesquelles circulent sept locomotives. On transporte habituellement 1600 tonnes de charbon et 300 tonnes de terre à une distance moyenne de 1800 mètres, ce qui fait 3420 tonnes kilométriques.

Le conducteur de trolley est constitué par une ligne de poutrelles I fixées au ciel des galeries. Celles-ci ont une hauteur de $2^m.75$ et une largeur de $2^m.75$; elles sont munies de pieds-droits en maçonnerie sur lesquels reposent des chapeaux de bois ou des poutrelles métalliques, suivant la qualité du terrain. Le retour du courant se fait par une ligne de poutrelles parallèles placée à 45 centimètres de la première.

La section de ce conducteur est de 1100 millimètres carrés pour une hauteur de 85 millimètres et une largeur de 50 millimètres. La résistance d'une semblable conduite est seulement de 0.0087 ohm par hectomètre, ce qui représente

pour le courant total une perte de charge de 2.78 volts, sans tenir compte de la résistance des joints.

La voie sur laquelle circulent les rames est simple, avec des croisements tous les 600 mètres. Les rails sont du type vignole et pèsent 16.6 kilogrammes par mètre courant; l'écartement d'axe en axe est de $0^m.65$. La pente est de 11 ‰; on roule à 15 kilomètres à l'heure, soit $4^m.17$ par seconde en descendant à charge et à 13 kilomètres, soit $3^m.60$ par seconde en remontant à vide.

Chaque locomotive pèse 3 tonnes et est mue par un moteur shunt de 25 chevaux avec balais en charbon et induit en anneau.

Le changement de marche s'obtient au moyen d'un embrayage et l'induit tourne toujours dans le même sens. L'éclairage des machines se fait au moyen de 7 lampes à incandescence.

Le trolley se compose d'un petit chariot à deux essieux roulant sur les poutrelles et tiré par un câble attaché à la locomotive. Aux embranchements, ce trolley passe d'une voie à l'autre au moyen d'un véritable aiguillage à verrou.

Les rames sont de 30 wagonnets répartis en deux groupes : celui qui joint la locomotive à 10 unités et le second en a 20; les deux groupes sont réunis par une longue corde. La charge utile est ainsi de 15 tonnes de charbon. A l'arrivée au puits, on pratique la manœuvre anglaise : le premier groupe va avec la machine au puits d'extraction et le deuxième est dirigé sur le puits d'aérage. Un manœuvre se tient à l'avant du deuxième groupe et détache la longue corde. Le long de la voie se trouvent des aiguilleurs pour la direction à donner aux rames.

Chacune de celles-ci comporte un personnel de trois hommes : un mécanicien et deux manœuvres, dont un freineur à l'arrière qui se sert d'un frein mobile s'adaptant

aisément à chaque wagonnet, et un autre qui détache la corde pour la manœuvre anglaise.

La voie est excellente ; elle est placée sur un côté de la galerie et les hommes circulent dans l'autre côté sur un trottoir de bois recouvrant la rigole qui amène les eaux au puits.

Tout le transport est éclairé par des lampes à incandescence électriques.

Le manque de données plus détaillées ne nous permet pas de calculer le rendement net de l'installation.

Le matériel électrique et mécanique du transport de Marles a été fourni par M. Lebrun de Nimy.

D'après ce qui nous a été dit à la mine, le coût de la tonne kilométrique reviendrait à 11 centimes, en comprenant l'amortissement de l'installation en 15 ans.

3° Locomotive électrique à accumulateurs [1].

Le transport par locomotives électriques à accumulateurs a reçu une application au charbonnage d'Amercœur dans le bassin de Charleroi. Cette traction se fait dans une galerie de 1575 mètres de longueur réunissant les puits Chaumonceau et Belle-Vue à la profondeur de 66 mètres du second.

La voie est composée de rails vignole de 12 kilogr., posés, à l'écartement de 50 centimètres à l'intérieur des bourrelets, sur des traversines en bois. Le rayon minimum des courbes est de 8 mètres et la pente moyenne de 4.7 °/₀₀.

La voie est simple avec un évitement au milieu. La section de la galerie à cet endroit est de $3^m.55$ de largeur sur

---

[1] En 1894, M. Joseph Libert, actuellement Ingénieur en chef des Mines à Namur, a publié sur ce sujet deux brochures très complètes qui ont paru dans plusieurs Revues techniques.

$1^m.80$ de hauteur. On transporte 300 tonnes utiles à 1575 mètres en 10 heures, ce qui représente 472 tonnes kilométriques.

Chaque rame se compose de 25 wagonnets pesant à vide 250 kilogr. et tenant 500 kilogr. de charbon, ce qui fait un poids total de 18.750 kilogr.

La vitesse de marche est de 7 kilomètres à l'heure, soit $2^m.20$ par seconde.

Une locomotive pesant 3200 kilogr., la charge du train s'élève ainsi à 21.950 kilogr., soit 22.000 kilogr. en chiffres ronds.

La puissance utile de chaque machine est de 4,5 chevaux; on peut ainsi calculer la résistance à la traction par tonne :

$$\frac{22 \times 2,2 \times x}{75} = 4,5,$$

d'où $x = 7$ kilogr. environ.

Il y a toujours deux locomotives en service, avec une troisième en charge. Leurs dimensions principales sont les suivantes :

longueur	$3^m.97$
largeur	$1^m.20$
hauteur	$1^m.15$

et leur poids se décompose ainsi :

batterie	1440 kilogr.
moteur	560 »
train et divers	1200 »
Total	3200 kilogr.

La locomotive se compose d'un truc en acier reposant sur deux essieux moteurs. Au milieu du truc se trouve le

moteur qui actionne les essieux par l'entremise d'un engrenage et de deux chaînes de Galle. Aux deux côtés du moteur sont les caisses qui renferment les accumulateurs. A chaque extrémité se trouve une plate-forme, mais les appareils de manœuvre n'existent que d'un seul côté.

Le moteur est du genre Lahmeyer bipolaire avec enroulement en série ; l'armature est en tambour avec disposition Pacinotti. Les balais sont en charbon et leur calage est fixe.

Le changement de marche se fait en renversant le courant dans l'induit.

Chaque locomotive est éclairée par une lampe à incandescence de 8 bougies.

Les accumulateurs sont du système Julien ; ils présentent une capacité de 15 ampères heure par kilogr. de plaque, soit au total 465 ampères heure sous une différence de potentiel utile moyenne de 110 volts. La décharge se fait à raison de 1.49 ampère par kilogr. de plaque, ce qui représente une capacité de 4,5 chevaux pendant 10 heures.

Les batteries se chargent au fond ; le courant est amené par deux conducteurs de cuivre partant du tableau de distribution du jour. On emploie, à cette fin, la dynamo qui sert à l'éclairage de la surface.

D'après ces donnnées, on peut calculer le rendement net de l'installation, en admettant les chiffres d'effets utiles réalisés généralement en pratique.

Rendement de la dynamo génératrice	0.80
» » ligne	0.95
» » batterie	0.80
» du moteur avec ses engrenages	0.70

D'où le rendement net :

$$0,8 \times 0,95 \times 0,8 \times 0,7 = 0,42.$$

Le prix de revient de la tonne kilométrique est de 7,3 centimes en y comprenant l'amortissement des locomotives et l'entretien des accumulateurs qui se fait à forfait par le fournisseur, à raison de 2 1/2 centimes par tonne kilométrique.

Si l'on ajoute l'amortissement du matériel fixe, on arrive au prix de 10 centimes.

4° Locomotive à essence.

Jusque dans ces derniers temps, cette locomotive n'était pas employée dans les mines à grisou, à cause du danger d'inflammation du gaz ou des poussières par la décharge de la machine ou par l'inflammation du mélange tonnant. Aujourd'hui, la maison Otto de Deutz construit un type de locomotives à benzine qui semble réunir toutes les conditions de fonctionnement économique et de sécurité désirables.

Ces machines sont livrées en Belgique par la firme Fetu Defize qui est une filiale de la Maison Otto pour les moteurs thermiques. Les types les plus généralement employés dans les travaux souterrains sont ceux de 6, 8 et 12 chevaux.

La locomotive se compose d'un châssis en ∪ d'acier reposant sur deux essieux (fig. 1).

Ce châssis porte une machine à benzine à un cylindre dont le cycle est en quatre temps. L'arbre de couche A attaque, par l'intermédiaire d'un engrenage, un arbre secondaire B portant deux cônes de friction pouvant tourner fous ou être calés par un embrayage à friction. Chacun des cônes, par une paire d'engrenages de diamètres différents, donne le mouvement à un troisième arbre C qui est relié aux essieux par une chaîne de Galle G. Un cône donne une vitesse de marche de $1^{m}.20$ par seconde et l'autre, une

vitesse de $2^m.00$. On peut cependant démarrer avec lenteur en agissant doucement sur l'embrayage. Ceux-ci sont graissés par l'intérieur de l'arbre qui les porte et qui est creux. Tous les engrenages sont en acier taillé.

La chaîne Galle G qui donne le mouvement tourne toujours dans le même sens ; elle passe sur des manchons M

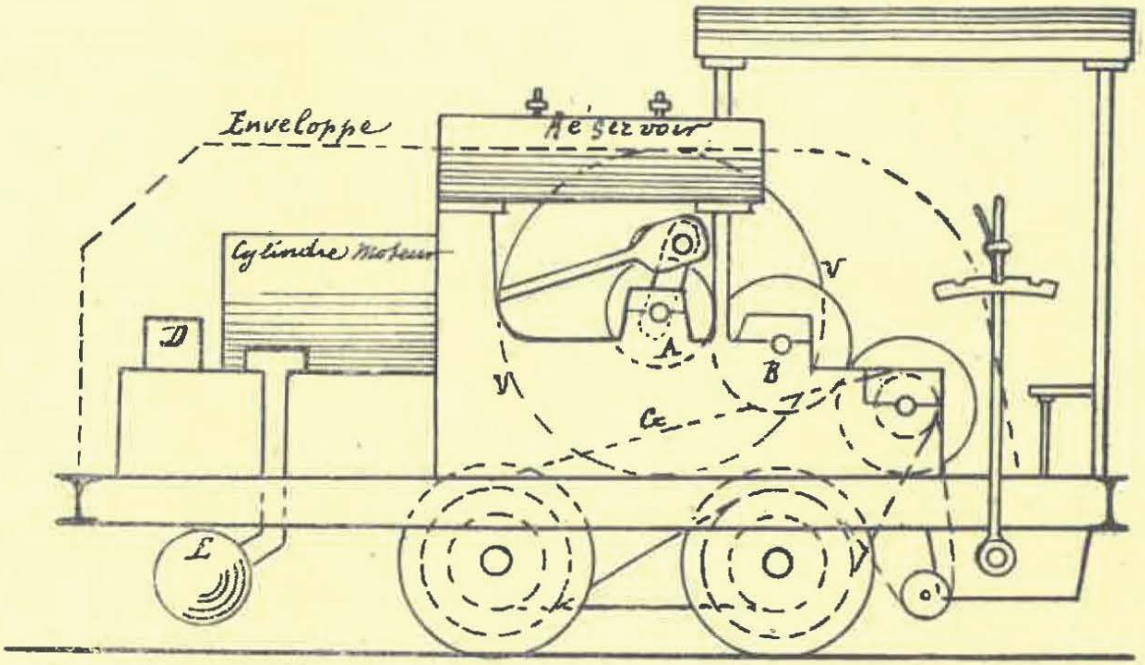

Fig. 1

(fig. 2) fous sur les essieux et qu'on peut rendre isolément fixes au moyen d'un embrayage. Quand on cale l'embrayage de l'essieu I, on marche dans un sens et quand on cale l'essieu II, on marche dans l'autre sens. La chaîne est maintenue rigide par l'action d'un tendeur.

Les deux essieux sont réunis par un chaîne Galle *g*, ce qui fait que, quel que soit le sens de la marche, les deux essieux sont moteurs.

L'arbre de couche fait 300 tours par minute pour la vitesse de 2 mètres par seconde.

L'embrayage des cônes à friction qui détermine la vitesse

est commandé par un levier qu'on fait mouvoir au moyen d'une vis et l'embrayage qui sert à changer la marche est mû par un levier à contrepoids.

La benzine est renfermée dans un cylindre en fer étamé placé sur la locomotive. Elle est aspirée et foulée dans la machine par une petite pompe et elle arrive dans la chambre d'explosion, pulvérisée par une pomme d'arrosoir. Au même instant le piston aspire l'air qui se carbure au contact des

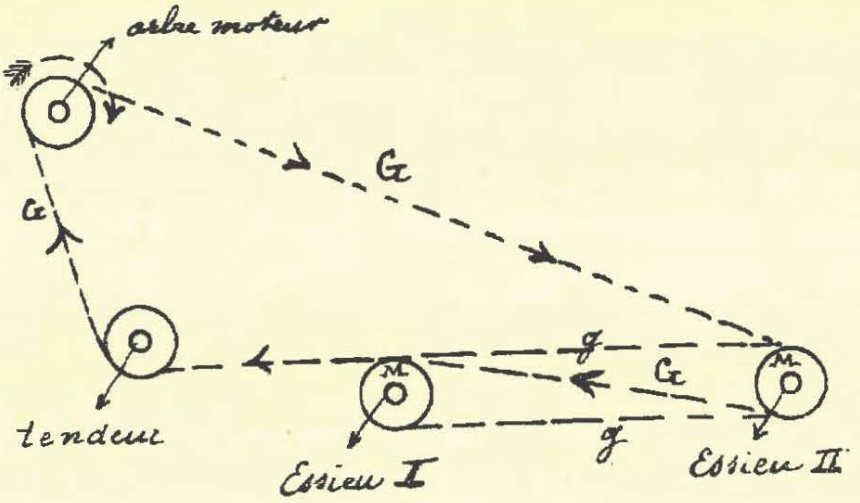

Fig. 2

vapeurs de la benzine. La course du piston de la pompe est de 1^{mm}.

La rotation du moteur est régularisée par un volant V qui tourne dans un plan vertical sur le côté de la machine.

Le cylindre moteur est lubrifié avec de l'huile minérale envoyée par une petite pompe dans le genre de celle du graisseur Monseu. Les mouvements sont munis du graisseur Stauffer.

L'allumage se fait au moyen de l'étincelle électrique produite par un induit frappé à chaque admission par une came et qui se meut brusquement dans le champ magnétique d'un aimant permanent D (fig. 1) en fer à cheval. L'étincelle

jaillit dans la chambre d'explosion et ne communique pas avec l'atmosphère.

La marche du moteur est conduite par un régulateur à force centrifuge qui agit sur la came de distribution.

Il serait trop long de donner ici en détail le fonctionnement du moteur Otto qui est bien connu d'ailleurs, et nous signalerons simplement les particularités qui s'appliquent à la locomotive. La mise en marche se fait en quelques tours et, pour accélérer, on diminue l'entrée d'air pour rendre le gaz plus riche et on supprime la compression. C'est le seul self starter employé et il est très suffisant.

Quand on est au repos, pour éviter une accélération de vitesse, on tire un levier qui soulève le manchon du régulateur ; dès lors, l'admission est rendue minima. Si l'arrêt doit durer plus longtemps, on la supprime entièrement et on remet en marche après, au moyen du volant et du self starter.

Pour une machine de 8 chevaux, le cylindre a un diamètre de 156^{mm} et une course de 245^{mm}.

Le piston est garni de 4 cercles en fonte.

Le cylindre est refroidi par l'eau contenue dans deux réservoirs attachés aux longs côtés du châssis et qui est mise en circulation par une petite pompe.

L'échappement des produits de l'explosion se fait à travers un tissu métallique dans un cylindre E (fig. 1) placé sur l'avant de la locomotive. Ils se détendent dans ce cylindre, puis ils en sortent par un des deux fonds qui est perforé. Au moment ou ils arrivent à l'extérieur, ces produits sont à une température basse ne dépassant pas 20 à 25° centigrades. On peut facilement les recevoir sur la main sans éprouver aucune sensation de chaleur.

Le moteur et tout le mécanisme sont renfermés dans une enveloppe en tôle munie de portes pour la visite et le graissage.

La machine de 8 chevaux a les dimensions suivantes :

longueur . . .	$3^m.20$
largeur	$1^m.47$
hauteur	$2^m.00$ avec le toit.
poids.	3.300 kilogr. en ordre de marche.

Celle de 6 chevaux :

longueur . . .	$2^m.60$
largeur	$1^m.20$
hauteur	$1^m.30$ sans le toit.
poids.	2.400 kilogr. en ordre de marche.

Pour cette dernière, cependant, on peut réduire la largeur à $0^m.95$ quand il s'agit de circuler dans des galeries étroites.

Une locomotive de 8 chevaux coûte 9.500 francs.

Toutes les machines sont munies d'un frein à main et d'un timbre à mouvement automatique. Elles peuvent rouler pendant 14 heures avec leur provision de benzine, dont la consommation atteint seulement 400 grammes par cheval-heure.

La combustion dans le cylindre est complète et les gaz brûlés qui s'échappent ne répandent aucune odeur, comme nous avons pu nous en rendre compte à la mine de manganèse de Giessen (Grand Duché de Hesse) où dans un tunnel de 700 mètres de longueur circulent des rames de 25 wagonnets pesant au total 25 tonnes remorquées par une locomotive à benzine de 8 chevaux.

La vitesse est de 2 mètres par seconde. La voie est constituée par des rails vignole de 7 kilogrammes placés à l'écartement de 50 centimètres. On consomme par jour 4 à 5 kilogs de benzine. Bien que le tunnel ne soit pas aéré par des moyens mécaniques on ne perçoit aucune odeur provenant de la décharge des produits de la combustion. De plus,

depuis un an que ces machines fonctionnent, elles n'ont encore subi aucune réparation.

Les frais de consommation et d'entretien se calculent sur la base de 4 1/2 centimes par tonne kilométrique.

Ce serait donc 45 °/₀ du coût de la traction par accumulateurs et 41 °/₀ de celui par trolley.

Bruxelles, juin 1899.