

Les Locomotives Diesel dans les Mines grisouteuses en Belgique ⁽¹⁾

par

ADOLPHE BREYRE

Professeur à l'Université de Liège, Ingénieur en chef des Mines,
Directeur de l'Institut National des Mines.

(Extrait de la *Revue Universelle des Mines*, 1941 (8^e série, tome XVII, n^o 2.)

Résumé. — *L'auteur expose comment la question de l'utilisation de moteurs à inflammation intérieure de mélanges gazeux s'est posée dès 1899 dans les mines belges.*

Il s'agissait alors uniquement de moteurs à explosion, à benzine.

Les autorisations furent exceptionnelles pour les moteurs fixes, assez nombreuses pour les locomotives dont les conditions d'emploi furent rapidement mises au point (réglementation de 1920).

Les autorisations furent limitées aux voies d'entrée d'air des mines peu grisouteuses (première catégorie) ou moyennement grisouteuses (deuxième catégorie), à l'exclusion des mines de troisième catégorie (à dégagements instantanés de grisou).

Ces locomotives à essence sont à peu près disparues de nos mines, car lors de l'apparition des locomotives Diesel, qui offrent le double avantage d'utiliser un combustible moins volatil et de supprimer la magnéto d'allumage, une circulaire

(*) Conférence faite à la Section de Liège de l'A.I.Lg. le 26 novembre 1939.

permet de substituer sans nouvelle autorisation les locos Diesel aux locos à essence précédemment autorisées.

Mais le champ d'application des locomotives Diesel est bien plus vaste et embrasse même les mines de troisième catégorie.

Les dispositifs de sécurité ont été étudiés spécialement à l'Institut National des Mines.

L'auteur expose les essais effectués sur 18 types en atmosphère grisouteuse inflammable, détaille les organes de sécurité, rapporte les analyses effectuées sur les gaz d'échappement, etc.

D'introduction récente dans nos travaux souterrains grisouteux, la locomotive Diesel a pris d'emblée une place prépondérante.

En juillet 1939, on en comptait plus de 150 en service dans les mines du Royaume dont les puissances s'échelonnaient entre 9 et 85 CV, les types les plus courants étant ceux de 15 et de 25 CV.

L'utilisation de moteurs à inflammation intérieure de mélanges gazeux dans les mines belges est déjà ancienne.

La question s'était posée dès 1899. En principe, l'utilisation de ces moteurs avait été interdite sauf autorisation ministérielle dans des cas spéciaux.

Il s'agissait à ce moment uniquement de moteurs à essence; les installations de moteurs fixes furent très peu nombreuses et furent en général abandonnées au profit de l'électricité ou de l'air comprimé; mais les locomotives à benzine se répandirent.

Les conditions d'emploi furent rapidement mises au point. Aussi dès 1920, un statut nouveau réglementait l'usage des locomotives à benzine et subordonnait leur emploi, non plus à une décision du Ministre, mais à une simple autorisation de la Députation provinciale puis, dès 1931, à celle de l'Ingénieur en chef-directeur de l'Arrondissement minier.

Les mesures de précautions étaient dès lors codifiées. Nombreuses furent les autorisations; elles restèrent limitées aux voies d'entrée d'air des mines à grisou peu grisouteuses ou moyennement grisouteuses, à l'exclusion des mines à dégagements instantanés.

Lors de l'apparition des locomotives Diesel, celles-ci offrant le double avantage d'utiliser un combustible moins volatil et de n'avoir aucun dispositif d'allumage, une circulaire ministérielle du 11 juin 1929 permit de substituer, sans nouvelle autorisation, des locomotives Diesel aux locomotives à benzine précédemment autorisées. Ces dernières ont disparu progressivement et il n'en reste plus guère.

Les locomotives Diesel ont fait l'objet à l'Institut National des Mines d'essais méthodiques; à la suite de ces essais, l'autorisation de leur emploi fut envisagée dans les mines de troisième catégorie, mais dans ce cas, la décision est réservée au Ministre, qui a déjà fait usage de cette faculté.

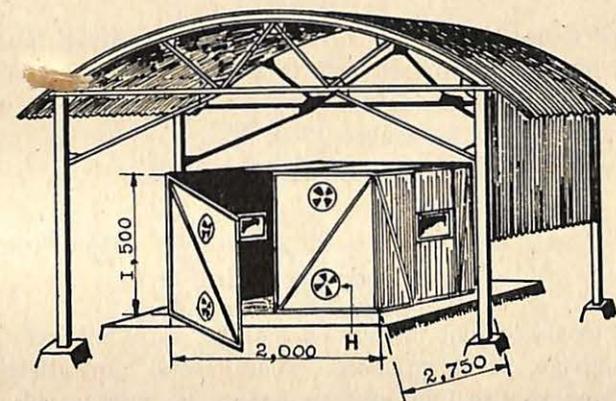


Fig. 1. — Vue en perspective de notre cuve d'essais.

Les essais effectués à l'Institut National des Mines ont porté sur 18 types de locomotives Diesel. Ils ont montré l'efficacité des mesures de sécurité imposées.

Ces essais ont porté sur le fonctionnement des locomotives en atmosphère inflammable, sur les dégagements de gaz à l'échappement dans les conditions les plus diverses, sur les possibilités des retours de flamme, les facilités de démarrage, etc.

Ils ont été complétés par des observations faites dans les travaux du fond, car la locomotive Diesel s'est répandue rapidement.

Ces travaux ont été effectués avec la collaboration principale de mon adjoint, M. Fripiat, ingénieur principal des Mines.

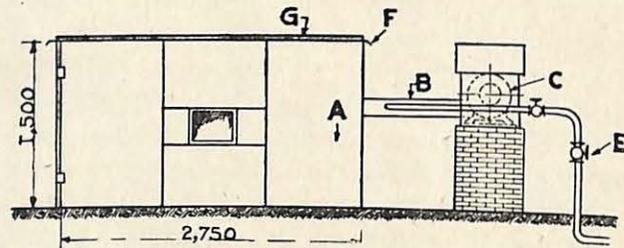


Fig. 2. — Vue longitudinale.

C'est l'ensemble de ces travaux que le Bureau of Mines nous avait demandé de présenter à la V^e Conférence internationale 1939 des Directeurs de Stations d'essais qui devait se tenir à Pittsburgh fin septembre 1939.

Je me bornerai à en résumer l'essentiel :

*Essais des locomotives en atmosphère grisouteuse.
Mode opératoire.*

Ces essais se font moteur en marche, mais débrayé, locomotive arrêtée. Nous utilisons généralement l'installation construite en vue de l'épreuve en grisou des gros appareils électriques et représentée schématiquement aux figures 1, 2, 3.

La cuve (A) sans fond, en tôles et cornières, (longueur : 2,750 m., largeur : 2 m. et hauteur 1,50 m.) est reliée à une canalisation (B) de section rectangulaire qui est rac-

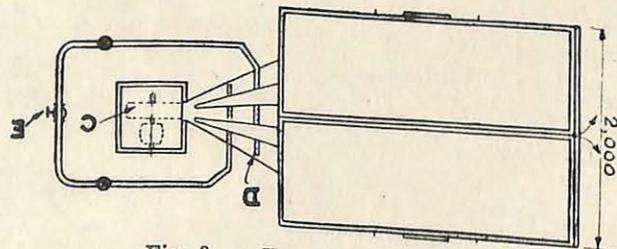


Fig. 3. — Vue en plan.

cordée à un ventilateur centrifuge (C) actionné par un moteur électrique.

Un tuyau perforé (D) relié à une conduite souterraine débite dans la canalisation (B) du grisou qui se mélange au courant d'air refoulé par le ventilateur.

La vanne (E) permet de régler la teneur en méthane suivant la richesse du grisou naturel de la Station.

La cuve est fermée vers le haut par une feuille de papier (F) maintenue par un cadre en cornières (G).

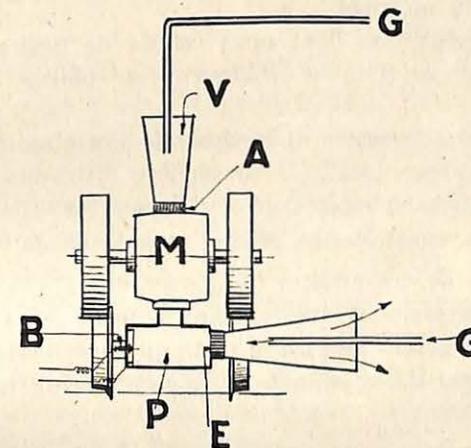


Fig. 4. — Disposition d'une locomotive pour essais avec admission du grisou dans des caisses à l'entrée et à la sortie.

- A : empilages d'aspiration (présent ou enlevé).
- B : tôle avec bougie d'allumage remplaçant pendant l'essai, un empilage.
- E : empilage d'échappement (présent ou enlevé).
- G : arrivée de grisou.
- M : moteur.
- P : pot d'échappement.
- V : entrée d'air pur.

La paroi antérieure de la cuve est constituée par deux portes à charnières; chacune de ces portes est pourvue de 2 registres (H) par lesquels s'évacue le mélange grisouteux chargé des fumées d'échappement.

Les petites locomotives (jusqu'à 5 ou 6 tonnes) peuvent être introduites entièrement dans la cuve. Pour les grosses

locomotives, dont les dimensions en longueur et hauteur excèdent généralement celles de la cuve, nous prolongeons celle-ci par une construction sommaire en planches, tôles, etc.

Les défauts d'étanchéité ont d'ailleurs peu d'importance, étant donné que l'essai se fait dans un courant d'air grisou-teux se dirigeant du ventilateur vers les portes de la cuve.

La teneur en méthane est vérifiée par la méthode de la limite d'inflammabilité. Quelques trous circulaires forés en des endroits judicieusement disposés de la paroi de la cuve permettent de prélever, à l'aide d'un tube de verre, des échantillons du mélange.

Le mode opératoire, dont nous venons de parler, est celui habituellement suivi pour l'épreuve en pleine atmosphère grisouteuse.

Parfois, pour discerner avec certitude l'origine de l'inflammation, nous avons localisé l'atmosphère inflammable uniquement aux orifices d'aspiration et d'échappement.

Dans ce cas, l'installation répond au schéma de la figure 4.

Sur chacun de ces orifices est placée une caisse métallique de forme généralement évasée, dans laquelle on fait affluer la quantité de grisou nécessaire pour qu'après brassage (brassage réalisé par la machine elle-même) on ait un mélange inflammable.

On peut à volonté amener le grisou uniquement à l'alimentation du moteur ou bien à la fois à l'alimentation et à l'échappement.

Les conditions de marche les plus dangereuses pour une locomotive Diesel consistent dans le fonctionnement en atmosphère grisouteuse, car nous ajoutons aux chances d'inflammation des vapeurs incomplètement brûlées provenant du combustible et des huiles, le risque d'inflammation du grisou.

Nos essais se font donc en atmosphère grisouteuse inflammable. Lorsqu'un moteur Diesel s'alimente en air à teneur en méthane augmentant progressivement, sa marche devient irrégulière : il y a accélération, puis, le régulateur intervenant, ralentissement. Ces périodes d'accélération et de ralentissement se succèdent à une cadence conditionnée par la sensibilité du régulateur.

La vitesse du moteur varie donc dès l'entrée en atmosphère grisouteuse et cela peut servir d'avertissement au machiniste, car ces irrégularités se produisent avant que la teneur en méthane n'atteigne la limite d'inflammabilité.

Il ne faudrait pas naturellement faire de la loco Diesel un détecteur de grisou.

Le grisou introduit dans l'air aspiré ne brûle pas entièrement par suite du retard à l'inflammation et de la température relativement peu élevée de la combustion du gazoil dans les cylindres.

Il faut, pour que le gaz sortant soit inflammable du fait du seul grisou, introduire celui-ci à l'aspiration à une teneur plus forte que la limite d'inflammabilité.

Par exemple : 7,5 % à l'admission donne 6 à 6,25 % à la sortie.

Au cours de nos essais, nous disposons une bougie d'allumage alimentée par bobine d'induction dans le pot d'échappement pour y provoquer l'inflammation des gaz : nous vérifions ainsi l'efficacité des empilages pour arrêter tout passage de flamme.

Nous sommes désormais fixés sur l'efficacité de ces dispositifs. Nous en avons déjà une longue expérience dans les appareils électriques antigrisouteux.

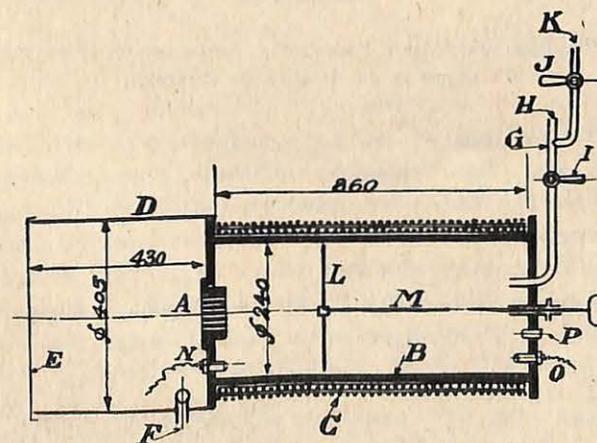


Fig. 5. — Dispositif d'essai des empilages

Avant de les appliquer aux locos Diesel, nous avons eu soin de les étudier spécialement — les essais de M. Fripiat ont été publiés dans le rapport de 1932 (*Annales des Mines*, 1933, pp. 133-150) — en vue des vapeurs de benzine, gazoil ou autres hydrocarbures.

Ces essais se sont faits dans un cylindre de 39 litres de capacité — c'est la capacité moyenne des canalisations d'échappement des locos Diesel — avec allumage possible sur les deux fonds (fig. 5).

On peut régler la largeur des lames de l'empilage et leur écartement.

Nous avons vérifié que les lames de 50 mm. déjà adoptées dans les appareils électriques, donnaient, avec un écartement d'un demi-millimètre, une sécurité complète.

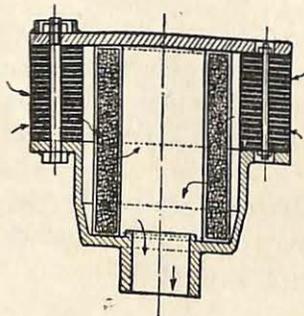


Fig. 6. — Empilage annulaire à l'admission, contenant un filtre annulaire (à rognures ou douilles de cuivre).

Il faut naturellement que les lames soient en métal inoxydable et aient une épaisseur suffisante pour résister aux chocs divers. Ces lames ont généralement 2 mm. d'épaisseur. Exceptionnellement, on les a réduites à 1 mm., ce qui augmente la section du passage des gaz pour une surface donnée.

Les empilages se réalisent de diverses façons, suivant qu'ils sont destinés à l'aspiration ou à l'échappement.

Exemple :

Admission (fig. 6) : empilages à lamelles circulaires, combinées avec filtre métallique.

Echappement (fig. 7) : rectangulaires, protégés contre les chocs extérieurs.

L'essentiel, au point de vue pratique, est que les lames soient fixées dans un cadre facile à enlever. Des intercalaires assurent la constance de l'écartement.

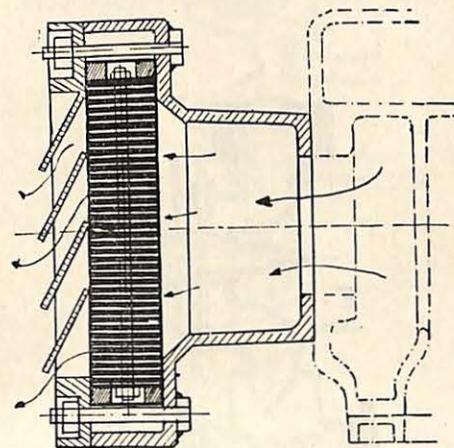


Fig. 7. — Empilage à l'échappement. Lamelles rectangulaires, protégées par des volets contre les chocs extérieurs.

Les empilages exigent des nettoyages périodiques à la benzine ou à la soude : à l'échappement, après deux postes; à l'admission toutes les semaines.

Périodiquement, il faut procéder par grattage au nettoyage complet des plaquettes.

Il faut des empilages à l'admission aussi bien qu'à l'échappement. Voici des essais qui ont mis la chose en évidence :

En provoquant, à l'aide d'une bougie d'allumage, des explosions dans le pot d'échappement — et en les faisant les plus violentes, généralement en réduisant la quantité de combustible admis pour avoir les conditions optima de combustion — nous avons eu des explosions se propageant jusqu'à la chappe d'admission. Cela se produit notamment lorsque, par exemple, par suite d'un grippage de la tige de la soupape d'échappement, celle-ci est encore ouverte lorsque s'ouvre la soupape d'aspiration.

Autre cas : il se produit dans le cylindre, à cause de la présence du grisou, une explosion retardée, qui s'est communiquée à l'air grisouteux aspiré au moment où s'ouvrait la soupape d'admission.

L'empilage est l'organe essentiel de protection contre tout passage de flamme vers l'atmosphère extérieure.

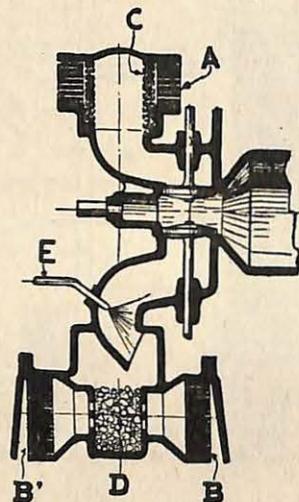


Fig. 8. — Disposition des organes de sécurité.

A : empilage d'admission.
C : filtre à air.
E : pulvérisation d'eau.
BB' : empilages d'échappement.
D : pot à cailloux.

Mais des dispositifs préparent et facilitent son action du côté de l'échappement; ce sont : une pulvérisation d'eau et soit un barbotage, soit une division par pots à galets ou à billes d'acier (fig. 8 et 9).

Ces derniers dispositifs tendent à être abandonnés : ils se colmatent par le cambouis — ou bien il se crée, par les trépidations, par arc-boutements des matières, des cheminées qui offrent aux gaz chauds une issue facile et sans effet au point de vue refroidissement.

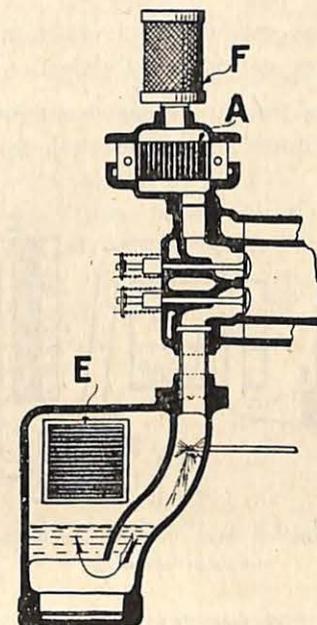


Fig. 9. — Autre disposition des organes de sécurité

F : filtre à air.
A : empilage à l'admission.
E : empilage à l'échappement.

L'utilité des dispositifs de pulvérisation d'eau se marque par les mesures des températures des gaz relevées à l'entrée de l'empilage de sortie.

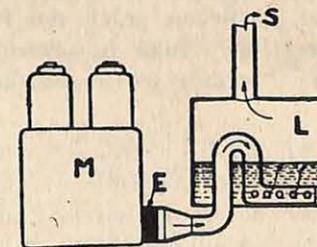


Fig. 10. — Dispositif avec bac de barbotage.

M : moteur.
E : empilage d'échappement disposé avec le circuit de lavage des gaz.
L : caisse de lavage des gaz.

Exemple : *Moteur monocylindrique* :

Température des gaz avec pulvérisation : 76 à 82°.

Température des gaz sans pulvérisation : 95 à 99°.

La pulvérisation a l'avantage également de condenser diverses vapeurs, de diminuer les fumées et de les désodoriser partiellement.

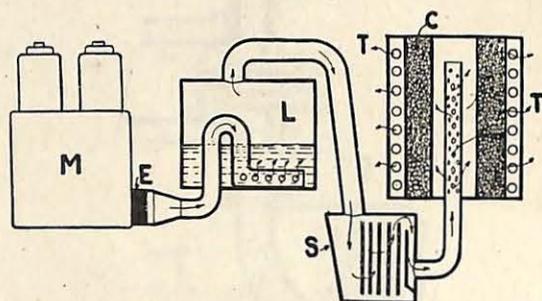


Fig. 11. — Disposition avec lavage, dessiccation et passage sur charbon actif.

M : moteur.

E : empilage d'échappement disposé avant le circuit de lavage des gaz.

L : caisse de lavage des gaz.

S : sécheur à chicanes.

C : charbon actif.

T : trous d'échappement des gaz.

Le barbotage joue le même rôle (fig. 10 à 12).

Malgré tout, l'odeur des moteurs Diesel est un désagrément. Bien que la décharge soit diluée dans nos mines, dans une énorme masse d'air, et qu'une partie des fumées se condense, l'odeur reste perceptible. Aussi le perfectionnement à souhaiter dans le proche avenir est la désodorisation totale des fumées.

Je signalerai à ce sujet l'effort fait par un constructeur français — la firme Berry, de Lille — qui a muni ses locomotives d'une caisse de lavage suivie d'un sécheur et d'un caisson à charbon activé qui retient les dernières traces d'hydrocarbures ou des produits dérivés (fig. 11).

L'efficacité de ce procédé a été confirmée par des essais réalisés en France avec la collaboration du Comité central

des Houillères (*Note Technique*, n° 342, de mai 1938). Malheureusement, ce procédé ne s'est pas encore répandu.

Nous avons fait aussi des essais de locos Diesel en milieu grisouteux, empilages enlevés : ce sont des essais draconiens, mais qui nous sont utiles parce qu'ils donnent une idée du coefficient de sécurité de marche. Sur 18 locomotives essayées dans ces conditions, trois seulement nous ont donné des inflammations après un certain temps de marche (13 minutes, 23 minutes). Il ne faut pas trop s'en étonner vu la faible température des gaz d'échappement à la sortie. Mais cela ne peut justifier aucunement la suppression des empilages.

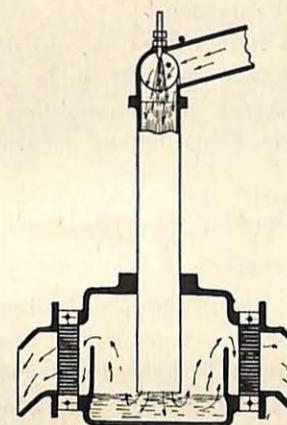


Fig. 12. — Disposition avec pulvérisation d'eau et barbotage avant l'évacuation par les empilages.

*Composition des gaz d'échappement.
Teneur en oxyde de carbone.*

Les décharges des locomotives Diesel, qui fonctionnent avec un excès d'air, donnent une teneur en CO bien moindre que les locomotives à benzine.

Nous avons déterminé cette teneur tant sur des locos neuves lors de leur agrégation que dans le fond sur des locos usagées.

La teneur maximum que nous avons trouvée sur des locos usagées est de 1 %, plus souvent 0,2 à 0,5 %, mais ces essais étaient faits avec des tubes détecteurs au pentoxyde d'iode

qui marquent par excès. Les teneurs étaient certainement moindres.

Récemment, nous avons procédé, lors de l'agrégation d'une nouvelle locomotive, à des essais méthodiques avec analyses quantitatives parfaitement exactes, dans des conditions de charge et de fonctionnement diverses. Nous avons trouvé des teneurs en CO variant de 0,10 à 0,22 % au maximum.

Je cite, à titre d'indication, que les prescriptions réglementaires allemandes limitent à 0,12 % la teneur maximum en CO.

Mais il faut se mettre d'accord sur le titrage. Des études spéciales ont été publiées dans le *Glückauf*, notamment sur les mélanges combustibles donnant la teneur minimum d'oxyde de carbone à l'échappement.

Remarquons que la teneur de 1 %, qui décèle une mauvaise combustion et impose une révision de la loco, est immédiatement ramenée, la décharge débouchant dans un cube d'air minimum de 5 m³/econde, à une teneur nettement inférieure à la limite dangereuse.

Procédés de démarrage

Les petites locos démarrent à la manivelle; les grosses, grâce à un réservoir à air comprimé (bonbonnes ou réserve créée par la loco en marche).

Nous avons écarté pour le fond, les dispositifs de chauffage de la culasse par des résistances électriques.

Pour faciliter le démarrage, on introduit parfois, par un bouchon fileté à cette fin dans la culasse, une broche de bois de chêne, qui se carbonise et prend feu, dès les premières compressions. Nous avons écarté l'usage de papier nitraté, l'introduction d'un tel produit dans nos mines grisouteuses, paraissant indésirable. Cependant, pour une loco de 85 CV, nous avons été amenés à admettre cet artifice, mais à condition d'en faire usage exclusivement dans la remise des locomotives, placée toujours dans un courant d'air spécial gagnant directement le puits de sortie.

Nous avons d'ailleurs constaté qu'à la pression ordinaire et dans l'air, la carbonisation de ce papier se fait lentement et sans flamme. Il en est de même dans une atmosphère grisouteuse et celle-ci ne s'enflamme pas.

D'ailleurs dans nos mines où la température des travaux ne descend généralement pas au-dessous de 20°, le démarrage se fait généralement sans aucune difficulté.

La locomotive Diesel est entrée dans les mines il y a quelques années à peine. Elle y a conquis d'emblée une place prépondérante et spécialement dans les mines grisouteuses pour lesquelles sont écartées les locomotives électriques à trolley ou à accumulateurs — car on n'a pas encore résolu le problème du bac à accus antidéflagrant —; les locomotives à air comprimé gardent leur sécurité mais le prix, y compris les compresseurs spéciaux et les canalisations de charge, est beaucoup plus élevé.

Un mouvement semblable s'est produit d'ailleurs dans les principaux pays miniers.

En juillet 1939, nous avions dans les mines belges 158 locos Diesel dont les puissances varient de 8 à 85 CV. Les types les plus courants sont : 15 CV (43) et environ 25 CV (104).

Types	Puissance CV	Nombre
Moteur 1 cylindre horizontal :	9	2
	15	43
	26	78
Moteurs à 2 cylindres verticaux :	20	1
	28	26
	20	3
	42	1
Moteur à 6 cylindres verticaux :	85	4

Total : 158 locos

Le cycle à 4 temps est prédominant et semble devoir devenir exclusif; le cylindre unique horizontal fait de plus en plus place au moteur à cylindres verticaux s'inspirant du moteur d'automobile.

Toutes ces locomotives sont de construction étrangère, la presque totalité de construction allemande, quelques-unes françaises.

Il serait, on le voit, désirable que notre industrie nationale s'intéressât sérieusement à cette question (1).

(1) Depuis la rédaction de cette note, nous avons examiné et proposé à l'agrégation deux types de construction belge.