

LES RÉCENTS PROGRÈS
DANS LE
TRANSPORT
des corps solides d'une certaine grosseur
par un courant d'air

PAR

M. HENRI VERDINNE

Ingénieur-divisionnaire aux Charbonnages Réunis de Charleroi.

L'emploi de l'air comprimé comme moyen de transport de la force motrice est devenu courant dans l'industrie en général. Mais son emploi pour déplacer des corps solides le long d'une canalisation est beaucoup moins répandu et est demeuré, jusque récemment, restreint à des usages spéciaux.

Au point de vue du produit transporté, on peut diviser en trois groupes les applications réalisées jusqu'ici :

- A. Déplacement de tubes porteurs isolés renfermant de menus objets, papiers, factures, monnaie, etc., entre les bureaux d'une banque, d'un grand magasin, etc. (*Pneumatic despatch tubes*).
- B. Elimination de poussières industrielles nuisibles ou de déchets à évacuer des machines : poussières de meulage, de dessablage, copeaux et sciure de bois, etc. (*Collecting plant*).
- C. Transport d'un point à un autre de larges quantités d'un produit solide déterminé, le nouveau procédé étant en concurrence avec les moyens mécaniques de transport employés jusqu'ici. (*Conveying plant*).

Nous ne considérerons que cette dernière catégorie, la seule qui nous intéresse pour l'application que nous voulons proposer et qui soit susceptible d'un grand développement industriel.

Classification des convoyeurs pneumatiques

Il est clair avant tout que le transport pneumatique est restrictif à des matériaux pouvant être déplacés le long d'une conduite sans s'agglomérer pour donner des obstructions; pouvant aussi être séparés instantanément du courant d'air de transport à l'extrémité de décharge.

D'une manière générale, le produit à transporter peut être *aspiré* ou *refoulé* dans la conduite. Les systèmes par aspiration conviennent au transport de plusieurs endroits en un endroit unique (Concentration). Les systèmes par refoulement, au transport d'un point central en plusieurs points dispersés (Distribution).

Quoiqu'il puisse paraître, à première vue, que ces modes de transport épuisent les combinaisons possibles, on est amené en pratique à envisager un troisième système mixte, où le produit est à la fois aspiré et refoulé dans la conduite par l'action inductrice d'un jet d'air comprimé, cette façon de créer le courant de transport amenant dans le circuit des simplifications suffisantes pour constituer un type distinct.

Nous distinguons ainsi les trois modes suivants :

1. Aspiration de l'air de l'atmosphère à travers la conduite par une pompe à piston ou un ventilateur centrifuge placé à l'extrémité d'arrivée (*suction system*) ;
2. Refoulement dans la conduite de transport par un compresseur placé à l'extrémité de départ (*blowing system*) ;
3. Entraînement de l'air de l'atmosphère dans la conduite par un jet d'air comprimé débouchant par une tuyère, faisant office d'injecteur à l'extrémité de départ (*induction system*).

Le choix de l'un ou de l'autre de ces systèmes est déterminé dans chaque cas par les éléments du problème à résoudre : nature du produit à transporter, sa densité, dimension limite des morceaux, quantité à transporter par heure, distance de transport, différence de niveau entre les points de départ et d'arrivée.

D'autre part, il y a lieu de considérer si le produit une fois arrivé à destination, se sépare facilement de l'air de transport, et comment peut s'opérer cette séparation; si les fines particules qui restent alors en suspension sont nuisibles ou non à l'appareil d'aspiration (poussières abrasives); si le produit est friable et si le bris est à éviter; si le produit peut traverser le ventilateur déprimogène ou s'il doit être déchargé avant d'atteindre celui-ci, etc...

Les systèmes de transport par aspiration et par refoulement nécessitent tous deux des sas à air, le premier pour écluser le produit à son arrivée du milieu déprimé dans l'atmosphère, le second pour mettre le produit en suspension au départ en passant de l'atmosphère dans le milieu comprimé.

Le système par induction supprime les sas à air, et cette circonstance peut justifier son choix pour certaines applications spéciales : transport du sucre chaud, du sable mouillé, de minerais pesants pulvérulents, etc...; de plus, il est possible de diminuer la vitesse du courant à la sortie, de façon que le produit transporté ne soit pas endommagé (pommes de terre, oranges, etc...).

La pression, (ou la dépression), nécessaire est déterminée par la densité du produit à transporter et la résistance du convoyeur : la section de la conduite, par le débit à assurer.

Tout système de transport pneumatique comprend :

- 1) Un appareil créant la pression ou la dépression motrice;
- 2) Un dispositif de mise en suspension;
- 3) Une canalisation de transport;
- 4) Un dispositif de séparation.

I. — Transport par aspiration

Le convoyeur par aspiration est le type de convoyeur pneumatique qui a été le plus développé jusqu'ici, parce que c'est celui qui convient essentiellement au déchargement des bateaux et des wagons. Il est d'un usage courant dans l'industrie du coton, dans la minoterie, la brasserie, etc... Il est susceptible d'un grand nombre d'applications, et a été employé récemment avec succès au transport du charbon pour les catégories allant du poussier aux têtes de moineaux.

On prévoit aujourd'hui son emploi pour des débits allant jusqu'à 250 tonnes à l'heure, et une distance de transport de 300 mètres. (Fig. 1).

En principe, un convoyeur de ce genre comporte une pompe à air ou un ventilateur créant un vide partiel dans une chambre reliée à la canalisation de transport, ouverte à l'autre extrémité et qui plonge par un flexible muni d'une tuyère, dans le tas de produit à déplacer.

Le dispositif de mise en suspension est donc réduit ici à sa plus simple expression; c'est l'aspiration qui fait monter les corps solides dans la conduite.

En arrivant dans la chambre, qui constitue un épanouissement brusque de la section, le produit transporté se précipite, au moins

dans ses éléments les plus gros, et est éclusé par un distributeur rotatif spécial. Les poussières qui restent en suspension sont généralement nuisibles pour la pompe ou pour l'atmosphère. Elles sont alors captées dans des filtres à manches ou des filtres humides.

Au cas où la décharge du produit pourrait se faire sans inconvénient au-delà de l'appareil créant la dépression, en traversant celui-ci, la chambre de dépression serait évidemment supprimée avec avantage. La nécessité d'un sas à air dans la plupart des cas constitue en effet le principal inconvénient des convoyeurs par aspiration, parce que l'extrémité d'arrivée de la conduite est ainsi immobilisée, et son champ d'action limité. On a parfois monté le sas sur rails pour lui permettre de desservir une plus grande surface, mais, même ainsi, le débit intermittent de ces appareils, l'entretien qu'ils nécessitent pour conserver leur étanchéité, les font indésirables, surtout pour des tonnages importants.

A) Appareils créant la dépression.

La dépression à créer dépend du poids des morceaux à transporter, mais dans les limites d'emploi, tous les appareils présentent la caractéristique de fournir de grands volumes d'air à un degré de dépression relativement faible.

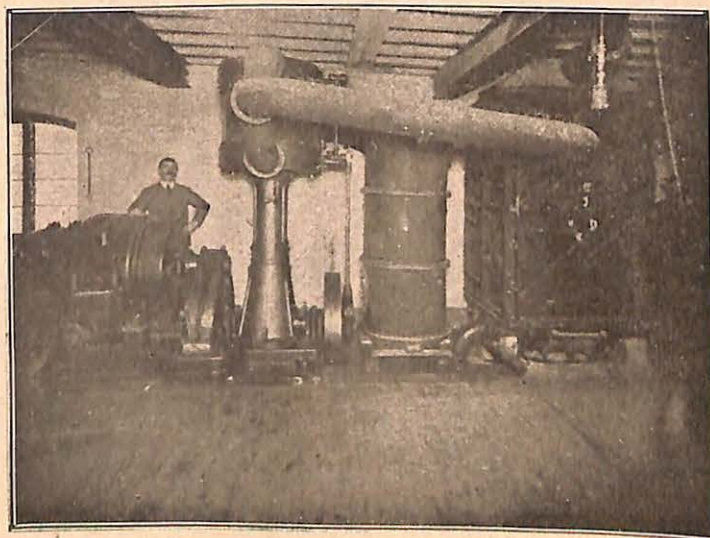


FIG. 2. — Pompe aspirante d'un convoyeur pour fines de charbon.
20 tonnes à l'heure.

(Boots à Nottingham)

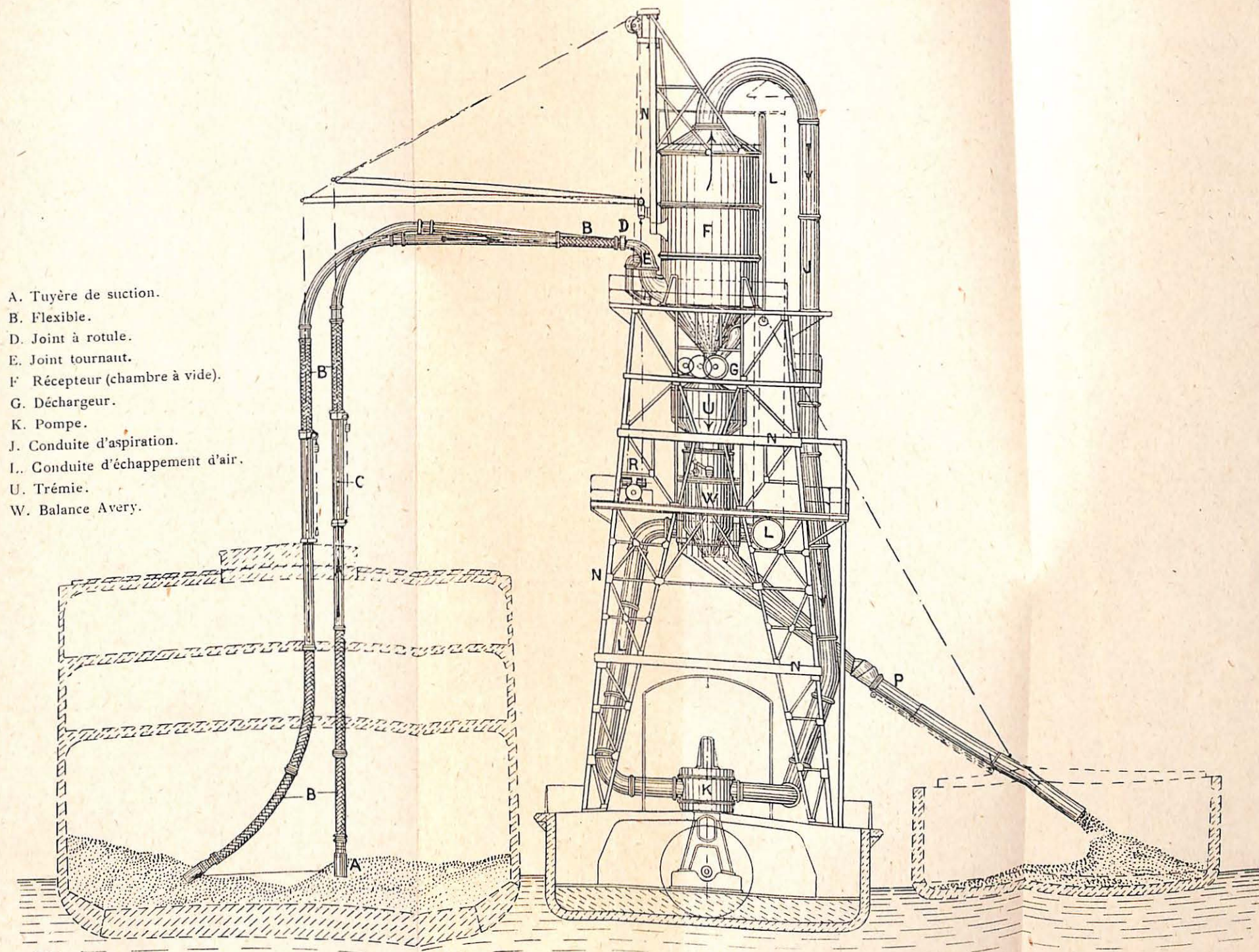
La pompe à air à piston et à double effet est communément employée pour les installations traitant de 20 à 25 tonnes à l'heure. Celle construite pour ce tonnage par la maison King, de Nottingham (fig. 2), est du type vertical, avec une course de 35 centimètres et un diamètre de piston de 70 centimètres. Les valves d'aspiration sont des valves Corliss placées à l'intérieur d'une enveloppe entourant le cylindre et commandées par cames. Pendant la course du piston, l'une d'elles est en communication à la fois avec la canalisation et le cylindre, tandis que l'autre obture le passage correspondant de l'autre côté du piston. Les orifices d'échappement sont de simples clapets de cuir armés de métal et placés directement sur les faces planes du cylindre. Des portes ménagées dans l'enveloppe donnent accès facile aux valves qui peuvent être retirées en un quart d'heure. La surface totale des valves est environ $1/5^{\text{me}}$ de celle du piston, ce qui réduit la vitesse de l'air au passage.

Le rendement mécanique de ces pompes est élevé et atteint 0,78. Toutefois, dans le cas de transport de matières dont les poussières peuvent endommager les parois du cylindre et les cercles du piston (cendres, poussières abrasives, poussières de carneaux, de minerai de fer, etc.), l'air doit être soigneusement filtré avant d'arriver à la pompe. On préfère alors avoir recours aux centrifuges à roues multiples qui n'ayant pas de surfaces dressées et huilées en contact souffrent peu d'un faible pourcentage de poussière, et demandent un filtrage plus rudimentaire, partant moins onéreux, de l'air.

Les soufflantes des types Roots et Sturtevant conviennent également bien pour ce genre de travail, et les Américains se servent d'une turbine à joint hydraulique (Nash hydro-turbine), trop spéciale pour que nous nous en occupions ici.

B) Canalisation.

Le tracé correct de la conduite de transport est un point essentiel dans le convoyage pneumatique. Tout doit être disposé de façon à éviter les obstructions et à réduire la perte de charge au minimum. D'une manière générale, les coudes brusques, les changements de section sont à éviter, d'autant plus que le produit à transporter est plus sujet à se tasser, par la vitesse acquise, à la rencontre d'un obstacle. De même, si l'on doit éviter le bris ou la pulvérisation (charbon, malt, substances granuleuses), on remplacera les angles droits par des angles obtus convenables.



- A. Tuyère de suction.
- B. Flexible.
- D. Joint à rotule.
- E. Joint tournant.
- F. Récepteur (chambre à vide).
- G. Déchargeur.
- K. Pompe.
- J. Conduite d'aspiration.
- L. Conduite d'échappement d'air.
- U. Trémie.
- W. Balance Avery.

FIG. 1. — Convoyeur par aspiration pour le déchargement du grain
 Débit : 200 à 250 tonnes à l'heure (MM. R. Boby Ltd., Bury-St-Edmunds).

Le diamètre de la conduite dépend du débit à assurer, et va de 75 millimètres à 305 millimètres.

La conduite est formée de sections en tôle mince d'acier pour les parties en ligne droite. Les courbes, qui s'usent davantage, sont en fonte dure et formées de plusieurs segments facilement démontables (quatre sections de 22°,5 pour un angle de 90°).

Aux embranchements, on dispose des valves à trois voies spéciales, ne présentant aucun coin où la matière puisse se déposer, de manière que la conduite soit parfaitement vidée dès que l'aspiration cesse,

La tuyère d'aspiration est reliée à la conduite par un flexible d'une longueur suffisante. En d'autres points de la canalisation les flexibles ne sont pas à conseiller, parce que leur usure est plus grande et qu'ils coûtent plus cher que les tuyaux ordinaires.

Pour le déchargement des bateaux dans les ports ou les rivières soumis à la marée, on fait usage de tubes télescopiques, de joints sphériques, de bras de support à mouvement vertical, etc...

Pour évaluer la capacité de transport d'une conduite, on ne doit pas tabler sur sa section entière. La section utile ne serait dans certains cas que de 15 % de la section totale (1).

Les vitesses employées dans les convoyeurs par aspiration sont de 12 à 15 mètres par seconde. La dépression varie avec la nature, la grosseur, la densité du produit à transporter; elle est, par exemple, de 200 millimètres de mercure pour le grain, et 250 millimètres pour le charbon.

L'intérieur de la conduite doit être le plus lisse possible, et l'on doit veiller, notamment, à ce qu'aucun joint ne dépasse.

c) Tuyère d'aspiration.

Il en existe de nombreux modèles. Elle doit permettre l'entrée de l'air quand elle est enfouie dans la matière à transporter; la quantité d'air doit pouvoir être réglée à volonté suivant la nature du produit; enfin, quand il y a plusieurs tuyères sur la même canalisation, chacune doit avoir un dispositif de fermeture. Au cas, en effet, où l'une d'elles resterait découverte, l'air se précipiterait sur celle-ci jusqu'à la capacité de la pompe, contraignant les autres tuyères à l'inaction.

(1) E. G. Phillips : *Pneumatic conveying*, chez Pitman et Sons Ltd; London, 1921.

d) Sas à air ou « déchargeur. »

La fonction du « déchargeur » est double : il doit d'abord séparer le produit transporté du courant d'air de transport; ensuite écluser le produit abattu du milieu déprimé dans l'atmosphère.

La première condition est remplie, d'une façon générale, par un ralentissement du courant d'air en dessous de la vitesse-limite des morceaux transportés, ce qui est obtenu en donnant au déchargeur une section suffisante par rapport à celle de la canalisation.

La seconde, au moyen d'un distributeur rotatif, sorte de roue à cloisons, à axe vertical ou horizontal, ajustée dans une enveloppe et commandée par un engrenage à vis hélicoïdale. Une partie de la périphérie de la roue se trouve sous la dépression, l'autre est ouverte à l'atmosphère. La rotation amène ainsi, d'une façon continue, la matière à l'extérieur, sans permettre une rentrée d'air.

Un déchargeur de ce genre laisse éventuellement l'air chargé des particules les plus fines. Si celles-ci ne peuvent être éliminées dans l'atmosphère, ou si elles doivent être récupérées à cause de leur valeur, ou si elles sont de nature à détériorer la pompe à air, on intercale entre celle-ci et le déchargeur, des filtres, secs ou humides, dont les types varient selon les constructeurs.

Dans le cas d'un produit pouvant être déchargé au delà de l'aspirateur, le déchargeur se réduit à un simple cyclone, sans distributeur rotatif.

e) Puissance développée et énergie consommée.

Dans une installation (1) d'une capacité de 15 tonnes à l'heure pour le déchargement de bateaux de grain, des mesures faites simultanément au compteur électrique et à l'aide d'une balance Avery, ont donné pour la moyenne de sept mois les chiffres suivants :

	Enregistreur de poids (en quaters de 225 kgs)	Compteur (en kwh)	Énergie consommée par tonne élevée kwh.
11 février 1920. . .	24.056	1.215	0,985
19 avril 1920 . . .	37.020	4.043	0,965
14 juin 1920 . . .	49.580	6.727	0,952
12 juillet 1920 . . .	54.823	7.832	0,960
9 septembre 1920.	68.764	10.792	0,967
	9.900 tonnes de 1.016 kgs.	9.577	0,967

1) Messrs. Humphries et Robbets, Castle Flour Mills à Bristol.

L'énergie consommée par tonne élevée a donc été en moyenne de 0,967 kWh. Le transport comportait une élévation verticale de 11 mètres, suivie d'un transport horizontal de 10 à 15 mètres, dans une conduite de 150 millimètres.

La puissance développée mesurée au volant de la pompe était en moyenne d'environ 13,5 HP, et la dépression de 0,255 kg./cm².

Cette installation est représentée par la fig. 3 (1).

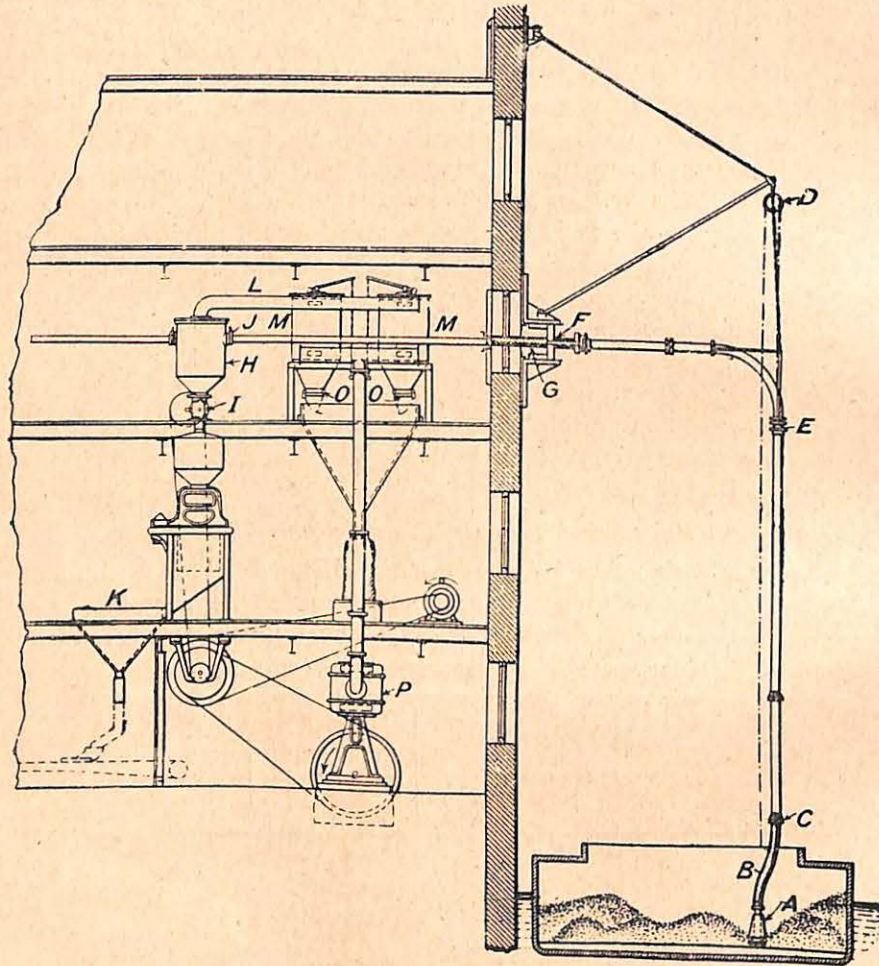


Fig. 3. — Convoyeur par aspiration pour le déchargement du grain.
Installation de 15 tonnes à l'heure aux Castle Flour Mills à Bristol.

(Constructeur Robert BOBY Ltd, Bury-St-Edmunds).

(1) *The Electrician*, 31 décembre 1920 : « Pneumatic Intake Plant for Road or Water Born Grain ». M. JENNINGS A.M.I. Mech. E.

- | | |
|-------------------------|------------------------------------|
| a) Tuyère d'aspiration. | i) Distributeur rotatif. |
| b) Flexible. | j) Registre. |
| c) Joint d'assemblage. | h) Trémie sous la balance Avery. |
| d) Palan. | l) Conduite. |
| e) Joint à billes. | m) Filtres à manches. |
| f) Joint universel. | o) Orifice de vidange des filtres. |
| g) Flexible. | p) Pompe pneumatique. |
| h) Déchargeur. | |

f) Description d'une installation pour le transport de charbon, à la centrale des usines Boots à Nottingham (1).

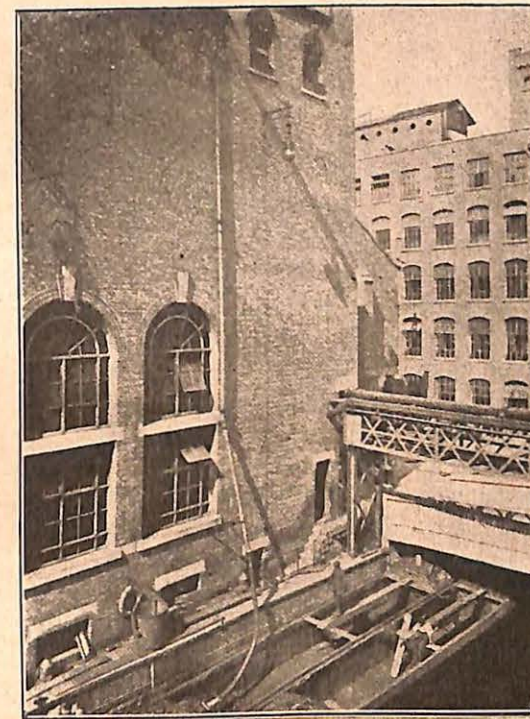


Fig. 4. — Convoyeur par aspiration.

Elévation sur 25 mètres de 20 tonnes à l'heure de charbon 0-60.

(1) *Iron and Coal Trade Review*, 16 janvier 1920 : « Coal handling by suction ».

Ce convoyeur pneumatique par aspiration qui fonctionne depuis 3 1/2 ans a remplacé une chaîne à godets d'un débit de 10 tonnes à l'heure, nécessitant une force motrice de 20 HP, et un personnel de 6 hommes.

La pompe aspirante est du type vertical à piston et est attaquée directement par un moteur électrique de 70 HP. La puissance consommée ne dépasse toutefois pas 40 HP. Le débit est de 20 tonnes à l'heure, ce qui revient à 2 HP par tonne-heure, pour une élévation de 25 mètres, depuis la rivière jusqu'aux caissons placés au-dessus des chaudières, dans une conduite de 125 millimètres (fig. 4).

On transporte par ce moyen toutes les catégories de charbon entre le poussier et les têtes de moineaux inclus. Une seule personne est requise, pour maintenir le suceur recouvert de charbon dans le bateau.

Outre le déchargement du charbon, cette installation est utilisée pour l'évacuation des cendres des chaudières et le nettoyage des carneaux.

Les cendres encore chaudes sont d'abord concassées dans un broyeur portatif actionné électriquement, qui se déplace en dessous des trémies à cendres des chaudières. Les cendres concassées tombent par gravité dans la conduite de transport où elles sont aspirées jusqu'aux caissons alimentant les wagons.

La même usine dispose d'une installation mobile à bord d'un bateau muni d'un moteur à pétrole de 30 H.P., lequel peut être à volonté embrayé sur l'hélice ou sur une soufflante Roots.

Le bateau est chargé de cendres par aspiration, puis procède par ses propres moyens jusqu'à un endroit hors ville où se fait la mise à terril par refoulement. Le bateau revient alors reprendre du charbon au tas par aspiration, et l'amène au pied de l'installation fixe pour le déchargement.

II. — Transport par refoulement

Ce mode de transport a surtout été développé pour la distribution du charbon pulvérisé, de la centrale de pulvérisation aux récepteurs thermiques. La préparation spéciale subie par le produit à transporter, qui lui donne la mobilité d'un liquide, entraîne certaines facilités, notamment dans la mise en suspension; mais dans l'ensemble, les mêmes dispositifs s'appliquent aux matériaux d'une certaine grosseur.

De même, certains usages spéciaux de l'air comprimé, pour la mise en place économique du ciment (*cement-gun*), de la couleur

(*aerograph*). de métaux en fusion (*procédé Schoop*), etc..., quoique réduisant à l'extrême le déplacement des corps solides, nécessitent également des appareils d'éclusage et de décharge où il est possible de reconnaître le principe des convoyeurs par refoulement.

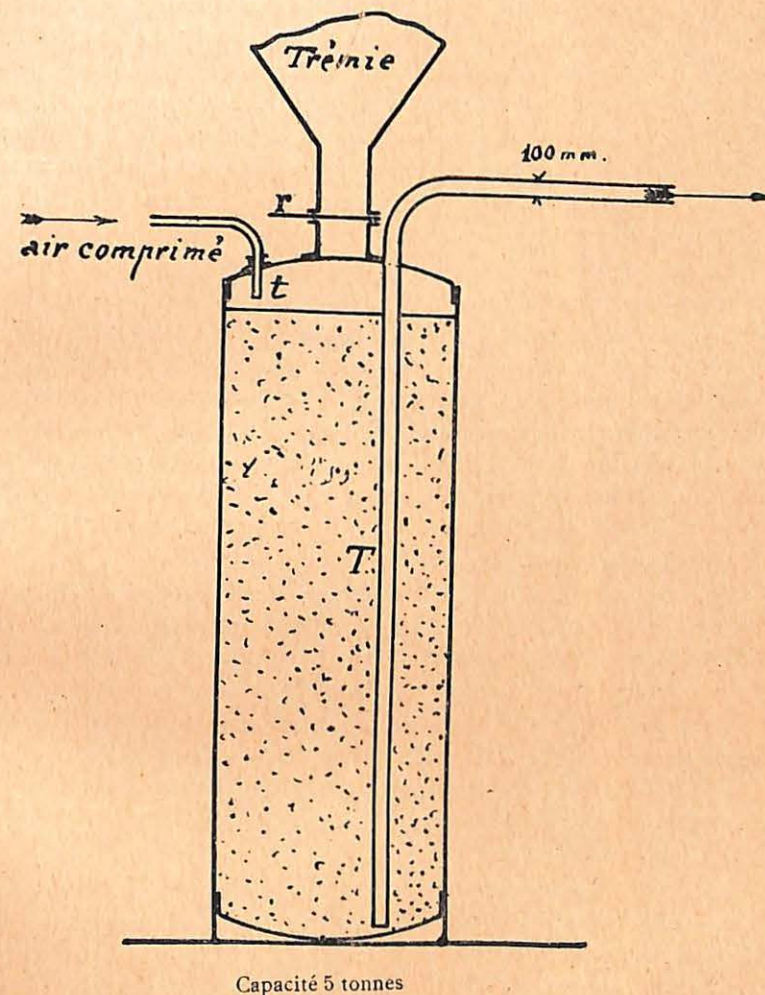


FIG. 5. — Convoyeur par refoulement pour charbon pulvérisé.
(Système Quigley).
Sas de départ.

Ceux-ci se composent essentiellement d'un compresseur refoulant dans la conduite, par l'intermédiaire d'une chambre ou sas permettant d'écluser le produit à transporter, de l'atmosphère dans le milieu comprimé.

Dans le système Quigley de distribution du charbon pulvérisé, le sas (Fig. 5), appelé « tank souffleur », a une capacité de 1 à 8 tonnes, et est placé sous la trémie d'emménagement de la poussière à laquelle il est relié par une tubulure munie d'un registre. Un tuyau *T* plonge verticalement dans le réservoir, jusqu'à une faible distance du fond, et est raccordé, à l'extérieur, à la canalisation. Un autre tuyau, débouchant à la partie supérieure du « tank », amène l'air comprimé du compresseur.

Le sas étant vide et à la pression atmosphérique, on y admet la poussière, jusqu'au niveau du tuyau *t*. On ferme alors le registre, on admet l'air comprimé à la pression de 2 à 3 atmosphères (selon les distances), et la poussière monte à l'intérieur du tuyau *T* à la façon d'un liquide dans un monte-jus. La puissance des chasses est si énergique, que l'on a constaté (1), après l'une d'elles, qu'un tronçon de tube de cuivre de 15 mm. de diamètre et 0,60 m. de longueur, détaché intempestivement d'une conduite d'émulsion, fut expédié avec le charbon, et retrouvé dans les distributeurs-controlleurs dont il provoqua le grincement puis l'arrêt.

Dans l'installation des Mines de Bruay, 1 tonne est ainsi transportée dans une conduite de 100 mm. à 120 mètres de distance, en 55 secondes, l'air étant comprimé à 2,5 ou 3 kg./cm². Le sas a un volume suffisant pour contenir 6 tonnes de charbon pulvérisé.

Dans une installation américaine (2), 4 tonnes ont été transportées dans une conduite de 100 mm., à 165 mètres, en 5 minutes, avec de l'air à 2,9 kg./cm². A cette pression, la quantité d'air nécessaire au transport est estimée à environ 25 litres (mesurés à 0° et 760 mm.), par kilogramme de poussière.

Le sas de refoulement pour charbon pulvérisé est réduit à sa plus simple expression, en raison de la nature spéciale de ce dernier. Si nous envisageons le cas général du refoulement de matériaux quelconques, en morceaux d'une certaine grosseur, laissant entre eux

(1) MICHEL SOHM, ingénieur en chef des travaux du jour des Mines de Bruay : *Chauffage des chaudières au charbon pulvérisé*. «Revue de l'Industrie Minière» 15 septembre 1922.

(2) IRON AGE, 28 février 1918.

des interstices, il nous faut considérer l'emploi d'un distributeur rotatif, comme celui d'un cement-gun (fig. 6)

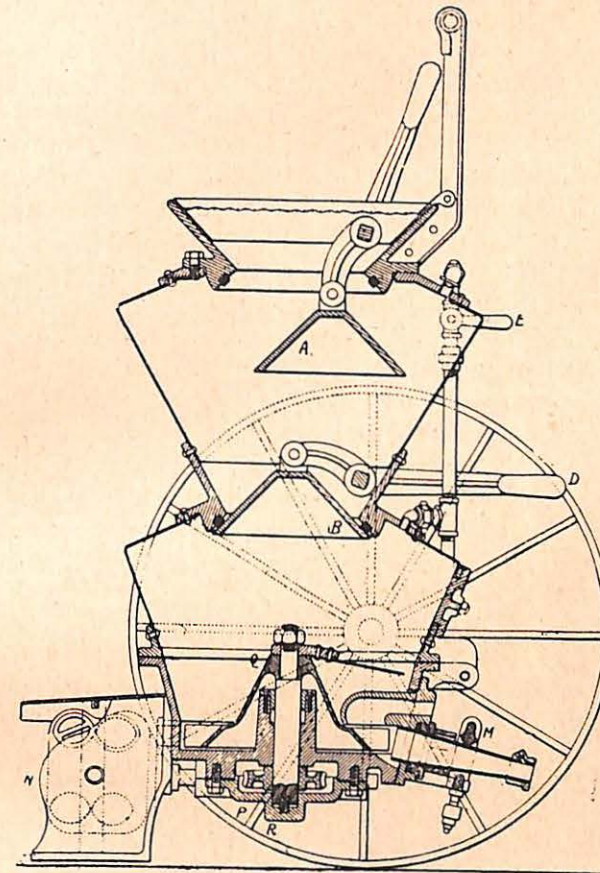


FIG. 6. — Convoyeur par refoulement pour ciment et gravier (Cement-gun).

Sas de départ avec distributeur rotatif.

Le distributeur rotatif *Q*, placé au bas du sas, est fixé sur un axe vertical, lequel est entraîné, par l'intermédiaire d'un engrenage en bronze *P*, par un moteur à air comprimé *N*, avec commande hélicoïdale. Il est garni à sa périphérie de petites cavités qui se remplissent du mélange de ciment et de gravier, et chacune d'elles est

amenée par rotation, successivement, devant un col de cygne C par lequel arrive l'air comprimé.

La conduite de refoulement a 30 millimètres de diamètre (type I), et se termine par une tuyère de 19 millimètres de diamètre. Aux Charbonnages du Levant de Mons, on a projeté avec cet appareil jusqu'à des classés 8/12 (3). Dans les aciéries il sert à projeter la dolomie goudronnée sur la sole des fours. La distance de refoulement varie selon qu'il s'agit d'un transport vertical, en hauteur ou en profondeur, ou d'un transport horizontal. Aux usines Ford, on refoulait à 70 mètres de hauteur, grâce à une admission d'air supplémentaire à mi-hauteur. L'air est généralement comprimé à 3 kg./cm²; il l'est à 6 kilogrammes s'il faut refouler au delà de 20 mètres de hauteur. Le débit est d'environ 4,6 tonnes avec 255 mètres cubes d'air libre, par heure, soit 56 litres par kilogramme de matière projetée.

Nous citerons pour mémoire l'aspiration des schlamms à la pointe des spitzkasten de décantation dans les lavoirs, et leur refoulement à l'extérieur, par une pompe à air réversible, ainsi que le système Holbeck de refoulement du charbon pulvérisé, où le sas est supprimé, en raison du fait que la poussière peut traverser le ventilateur et est mise en suspension dans l'air avant d'arriver à l'ouïe de celui-ci.

Rendement d'un convoyeur pneumatique par refoulement.

C'est le rapport de la quantité d'énergie livrée à l'origine de la conduite de transport au travail utile effectué. La différence entre ces deux quantités résulte des différentes pertes de charge dues aux frottements, courbes, changements de section, etc., qui sont propres à chaque canalisation.

La quantité d'énergie fournie est mesurée par le travail nécessaire à la compression isotherme du cube d'air considéré à la pression absolue p , en partant de la pression atmosphérique, travail qui a pour expression,

$$\tau = RmT \cdot \log. \text{nép. } p.$$

où m représente le poids en kilogrammes du cube considéré à la température absolue T , et R , la constante de Gay-Lussac, égale à 29,72; la pression p . est exprimée en atmosphères.

(3) Pierre Demart, directeur des travaux des Charbonnages du Levant de Mons : *Revêtement des Galeries et Puits de Mines au moyen du cement-gun.*

Le travail utile étant le déplacement d'un poids P sur la longueur L de la conduite, est mesuré par un certain nombre de kilogrammètres, qu'on peut rapporter au travail dépensé τ .

Dans l'installation de Bruay, ce dernier était égal à

$$1.000 \times 120 = 120.000 \text{ kgmt.}$$

En supposant que le cube d'air ait été de 25 litres par kilogramme et en tenant compte que l'énergie emmagasinée dans un mètre cube comprimé à 3 kilogrammes de pression effective, est de 14.325 kmgt. (1), on a pour l'énergie fournie :

$$1.000 \times 0,025 \times 14.325 = 358.125 \text{ kgmt.}$$

et pour le rendement du convoyeur,

$$\frac{120.000}{358.125} = 0,335 \text{ soit } 33,5 \%$$

Dans l'installation américaine, on a pareillement :

$$(4 \times 1.016) 165 = 670.560 \text{ kgmt.}$$

$$(4 \times 1.016) 0,025 \times 14.325 = 1.455.420 \text{ kgmt.}$$

$$\frac{670.560}{1.455.420} = 0,46 \text{ soit } 46 \%$$

Dans un transport de force motrice, on peut déterminer par le calcul le rendement d'une canalisation donnée, en évaluant les diverses pertes de charge; dans un convoyeur, nous nous trouvons en présence d'inconnues sur lesquelles on n'a pas encore fourni de données, encombrement de la section, coefficients de frottement des divers matériaux sur le métal de la conduite, et des morceaux sur eux-mêmes, etc... Toutefois, il paraît vraisemblable que les conditions de rendement maximum sont les mêmes que pour le transport de force motrice : minimum de L longueur de la conduite, maximum de D , diamètre, maximum de P , pression de l'air.

Puissance à installer.

Premier cas : 358.125 kgmt. en 55 secondes correspondent à :

$$\frac{358.125}{75 \times 55} = 86,8 \text{ HP.}$$

1) Haton de la Goupillière: *Cours d'Exploitation des Mines*, tome II, page 529.

Le tonnage refoulé pendant une heure étant :

$$1 \times \frac{60}{55} \times 60 = 65,4 \text{ tonnes.}$$

on a comme puissance consommée par tonne refoulée par heure :

$$\frac{86,8}{65,4} = 1,3 \text{ HP.}$$

2^{me} cas : 1.455.420 kgmt. en 5 minutes correspondent à :

$$\frac{1.455.420}{75 \times 300} = 65 \text{ HP environ}$$

pour un tonnage d'environ 50 tonnes à l'heure, soit encore 1,3 HP par tonne refoulée par heure.

Vitesse de refoulement.

Premier cas : Les 120 mètres ayant été parcourus en 55 secondes, la vitesse de transport moyenne est :

$$\frac{120}{55} = 2^m,10 \text{ environ.}$$

En réalité, la tonne de poussière n'a pas été déplacée en une fois, mais progressivement et à une vitesse beaucoup plus élevée. Pour la déterminer, remarquons que le poids de poussière qui passe par seconde est :

$$\frac{1.000}{55} = 18,18 \text{ kg.}$$

accompagnés d'un volume d'air égal à

$$18,18 \times 25 = 454 \text{ dcm}^3 \text{ à } 0^\circ \text{ et } 760 \text{ millimètres.}$$

et à 3 kilogrammes de pression effective (1)

$$454 \times 0,25 = 114 \text{ dcm}^3.$$

Si nous prenons la densité du pulvérisé égale à 0,7, le volume occupé par la poussière est

$$\frac{18,18}{0,7} = 26 \text{ dcm}^3$$

et le volume total qui passe dans la conduite par seconde,

$$114 + 26 = 140 \text{ dcm}^3$$

(1) Haton : *loc. cit.*

ce qui correspond, dans une conduite de 100 millimètres de diamètre et 0,785 dcm² de section à une vitesse de 17,83 mètres.

La vitesse mesurée à Bruay était d'environ 20 mètres. L'erreur résulte vraisemblablement de différences dans la densité, dans la quantité d'air par kilogramme, et dans le volume attribué à l'air comprimé en supposant une compression isothermique, ce qui n'est pas réalisé en pratique.

Deuxième cas : En raisonnant de même sur les chiffres fournis par l'installation américaine, on trouve que 13,55 kilogrammes de poussière sont transportés par seconde à une vitesse de 13,20 mètres.

III. — Transport par courant d'air induit par un injecteur à air comprimé.

A l'origine, le courant d'air de transport était en réalité induit par une injection de vapeur, et ce genre de convoyeur était employé exclusivement aux chaudières pour l'évacuation des cendres et des poussières de carneaux. L'installation était ainsi réduite à sa plus simple expression, et ne nécessitait ni pompe à air ni compresseur. Une conduite en fonte, ouverte aux deux extrémités, dont le diamètre allait jusqu'à 200 millimètres, était placée dans le sol et présentait des ouvertures en regard de chaque chaudière.

Les cendres sont concassées grossièrement à la main ou dans un concasseur portatif, et tombent par les ouvertures dans la conduite, où elles sont entraînées par l'aspiration. L'injecteur de vapeur se trouve au coude nécessité pour élever les cendres jusqu'à la trémie d'emmagasinement sous laquelle arrivent les wagons. Eventuellement, s'il y a un second coude, on y place un second injecteur. On peut également, au lieu de mettre l'injecteur en ligne, le placer sur le dessus de la trémie d'arrivée qui est alors close. L'injecteur décharge dans l'atmosphère, et la vapeur ne se mélange pas au produit à transporter ; on a ainsi un véritable système de transport par aspiration.

La simplicité d'une telle installation aux chaudières a sa contrepartie dans la grande consommation de vapeur. Toutefois, le principe même de la méthode est intéressant et a été repris, en employant un injecteur à air comprimé pour entraîner l'air de transport.

L'injecteur produit un vide partiel à l'entrée de la canalisation, et l'air de l'atmosphère s'engouffre dans la conduite, et les matériaux qui se trouvent à proximité avec lui.

Ce système présente une sérieuse simplification des systèmes à aspiration et à refoulement, par la suppression des sas au départ ou à l'arrivée. Les deux extrémités de la canalisation de transport sont libres, et le débit continu. Le produit, à la décharge ne heurte aucune cloison, et l'on peut régler sa vitesse de sortie de manière à éviter le bris ou la détérioration.

D'après M. E.-G. Philipps (1), ce genre de convoyeur, qui est encore dans sa phase expérimentale, présente de nombreux avantages, et il est possible qu'il se substitue aux autres systèmes dans l'avenir. Sa simplicité de construction et d'emploi le rend peu coûteux d'établissement et d'entretien, la main-d'œuvre est réduite au minimum; enfin, il convient au transport de matières facilement endommageables, ou qui s'aggloméreraient dans un sas sous l'action de la vitesse ou de la pression (sucre chaud, sable mouillé, minerai dense pulvérulent, etc.).

Pour être complet, il nous reste à parler d'un système mixte de transport pneumatique, employé par la firme Fuller pour la distribution du charbon pulvérisé, et où la poussière est refoulée dans une conduite sans l'intermédiaire d'un sas. L'impulsion est donnée par une vis tournant à grande vitesse (700 tours), et placée au bas de la trémie à pulvériser (fig. 7).

En avant de la décharge de la vis, on fait une injection d'air comprimé à 1 ou 2 kilogrammes, selon la distance de transport. Toutefois la fonction de l'air n'est plus ici d'entraîner la poussière, mais bien d'en diminuer la densité. La quantité introduite est d'ailleurs réduite à 8,5 litres par kilogramme de poussière. Ces appareils très simples peuvent transporter une dizaine de tonnes de poussière par heure à plusieurs centaines de mètres de distance.

Emploi de l'air comprimé comme agent de transport du remblai dans les mines.

L'exposé qui précède suggère naturellement l'idée d'employer l'air comme agent de transport du remblai pour le remblayage des tailles dans les exploitations de charbon.

Il paraîtrait étrange même que l'on ait songé d'abord à l'eau, — qui doit être exhaurée et qui prohibe l'emploi du procédé pour cer-

(1) Loc cit.

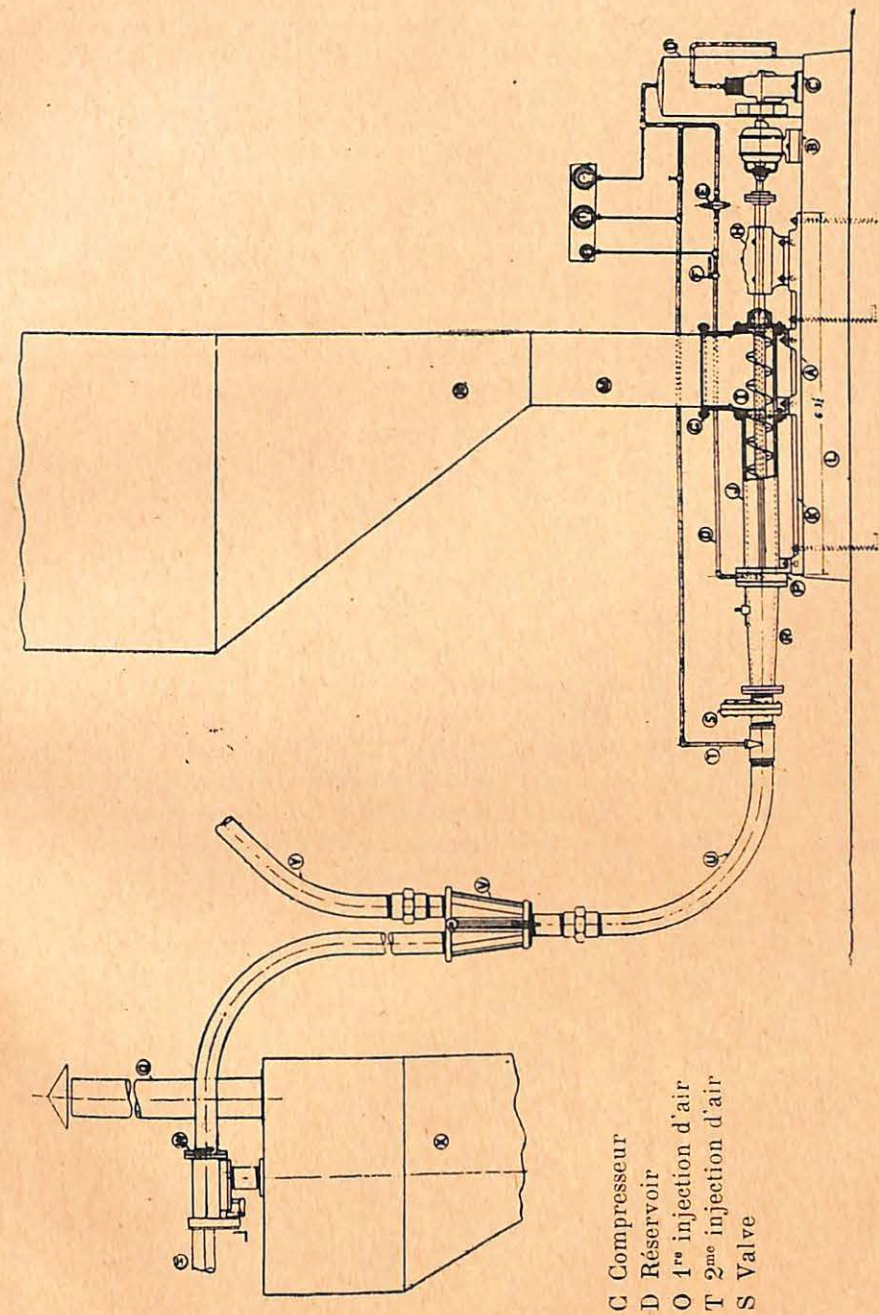


Fig. 7. — Système mixte Fuller-Kinyon.
Refoulement du charbon pulvérisé par vis avec injection partielle d'air.

- C Compresseur
- D Réservoir
- O 1^{re} injection d'air
- T 2^{me} injection d'air
- S Valve

tains terrains et de grandes profondeurs, — si l'on ignorait le fait que les premières applications du remblayage hydraulique ont été réalisées dans des mines où l'on pratiquait l'embouage pour combattre les incendies souterrains.

L'emploi de l'air comprimé est maintenant bien établi dans les charbonnages, et aux mêmes pressions que celles qui sont nécessaires pour résoudre les problèmes de transport pneumatique.

Pour que l'idée que nous avons émise soit réalisable, il faut établir :

a) La possibilité d'adaptation d'un convoyeur pneumatique aux conditions rencontrées dans les mines de charbon ;

b) Les conditions d'emploi ;

c) La comparaison du coût de l'opération avec celui des autres modes de remblayage pratiqués actuellement.

A) Possibilité d'emploi.

Le remblayage des tailles soulève la question du transport de *grandes quantités de matériaux* à de *grandes distances*. Une taille de 50 mètres de longueur, faisant par poste d'abatage une havée de 1^m,50 dans une veine de 1 mètre, laisse un vide de 75 mètres cubes ; si le terrain permet le remblayage tous les quatre jours, le volume à remblayer d'un coup sera de 300 mètres cubes.

Le transport doit se faire par refoulement puisqu'il s'agit d'une distribution, et que d'ailleurs, il ne saurait être question d'encombrer l'extrémité de la conduite dans la taille.

On construit aujourd'hui des transports par refoulement, capables avec un sas de 6 tonnes, de transporter 60 à 70 tonnes de poussière à l'heure à une distance de plusieurs centaines de mètres, dans une conduite de 100 mm. de diamètre, avec de l'air comprimé à 3 kg./cm². En portant cette pression à 6 kg., et le diamètre de la conduite à 150 mm., le débit serait plus que doublé, ce qui dans la plupart des cas serait suffisant pour le tonnage dont on doit disposer.

La distance de transport ne saurait être un obstacle, parce qu'elle se réduit à une question de pression de l'air, et que l'on pourra toujours disposer le long de la conduite des injecteurs donnant une impulsion nouvelle au courant de transport aux endroits où il viendrait à ralentir dangereusement.

Remarquons d'ailleurs que le convoyeur pour mines présentera cette particularité, que les autres convoyeurs ne présentent pas jusqu'ici, de comporter une chute le long du puits de plusieurs centaines

de mètres, pendant laquelle l'énergie demandée au courant de transport sera nulle ou presque nulle (1). L'on pourrait d'ailleurs établir le sas au pied du puits, les matériaux tombant par leur propre poids, et la section de la conduite d'air étant déterminée par la condition de la perte de charge due au frottement compensée par l'accroissement de pression qui résulte de la différence de niveau.

Il y a donc moyen de retrouver au fond la pression de départ, et il s'en suit, qu'alors que dans le remblayage hydraulique la hauteur de chute de l'eau depuis la surface jusqu'à un étage donné détermine la longueur du transport horizontal possible à cet étage, cette distance n'est pas limitée dans le transport pneumatique, et ne dépend que de la pression à laquelle l'air a été comprimé.

A l'inverse de l'eau, l'air convient donc aux longs transports à faible profondeur ; et nous verrons plus loin qu'à mesure que la profondeur augmente, l'avantage, au point de vue prix de revient, se marque de plus en plus pour le transport par l'air.

b) Conditions d'emploi.

I. — CHOIX DU REMBLAI.

La question est moins le choix du remblai qui convient le mieux, que la possibilité d'utilisation des matériaux que l'on a habituellement à sa disposition dans les charbonnages : schistes de lavoir, cendrées, terres de fosse concassées, sable de carrière voisine, etc.

Dans chaque cas on aura à considérer

le danger d'obstruction dans la conduite ;

l'économie d'air comprimé ;

la compacité du remblai après sa mise en place dans la taille.

Le danger d'obstruction est moindre que dans le transport à l'eau, parce que la vitesse de circulation est de beaucoup supérieure. Encore faut-il que le tracé de la canalisation soit correct, qu'il évite les coudes brusques, les changements de section, d'autant plus que le remblai choisi présente une tendance à l'agglomération. Jusqu'à un certain point, la section de la conduite est en rapport avec celle des

(1) Dans une application du « cement-gun » aux Charbonnages du Levant de Mons, les matériaux tombaient de 100 mètres de hauteur par une conduite de 100 mm. de diamètre. Puis le sas fut placé à la surface, et les matériaux étaient expédiés avec l'aide d'une faible pression d'air par une conduite de 2 pouces jusqu'à 120 ou 150 mètres de profondeur.

plus gros morceaux à transporter. S'il est impossible d'éviter certaines de ces causes d'ennui, on pourra toujours avoir recours à une conduite de débouillage à faible section, accompagnant la conduite de transport et permettant l'introduction aux endroits dangereux, d'un jet d'air à pleine pression.

La consommation d'air comprimé dépend naturellement de la grosseur des matériaux, de leur densité, de leur nature, du débit à faire passer dans la section de conduite choisie, de la perte de charge que le tracé comporte, etc... Ce point est évidemment capital dans l'établissement du prix de revient du procédé, et devra faire l'objet d'une étude approfondie pour chaque installation.

La compacité du remblai mis en place est aussi intéressante, et pourra dans certains cas où le tassement doit être réduit au minimum devenir la considération prédominante.

Dans le remblayage hydraulique, les matières fines déposées par l'eau contre les panneaux filtrants forment un remblai d'une compacité presque parfaite, qui constitue d'ailleurs, le principal avantage du transport par l'eau. Avec des grenailles, le tassement est proportionnel au degré de vide laissé entre les grains.

Dans le remblayage pneumatique, la compacité du remblai est dû à la force de la projection des matériaux dans la taille. « La force de cette cohésion, dit M. Demart, à propos du bétonnage par le cement-gun, donne une *cohésion* et une densité de l'enduit très supérieures à celles qu'il est possible d'avoir par toute autre méthode. » (1).

Un mélange de matériaux de diverses grosseurs sera probablement favorable à l'obtention d'un bon remblai, de même qu'un certain degré d'humidité, qui pourrait s'obtenir par aspersion au moment de la projection, comme dans le gunitage. Cette aspersion pourrait d'ailleurs être rendue nécessaire pour combattre les poussières, dans le cas de sable ou d'autres matières pulvérulentes.

Une autre considération qui limiterait éventuellement la grosseur des éléments à transporter serait la nécessité d'une tuyère de décharge restreignant le diamètre de la conduite à l'extrémité de celle-ci. Dans le système Quigley, la conduite de transport de 100 mm. débouche à angle droit dans un cyclone de 1,25 m. de diamètre et 3 mètres de haut, où se dépose la poussière qui voyage à une vitesse de 20,00 m. à la seconde. Dans le type de cement-gun employé par M. Demart,

(1) Loc. cit.

le tuyau de refoulement avait un diamètre de 30 mm. réduit à 19 mm. à la tuyère, et les plus grosses grenailles employées mesuraient 12 mm.

Dans un avant-projet de remblayage hydraulique (1), on prévoyait un concassage des éléments de 0 à 30 mm.; il nous paraît à première vue que les mêmes limites pourraient convenir également pour le remblayage pneumatique, quoiqu'il faille laisser à l'expérimentation le soin d'en décider.

2° INSTALLATION A LA SURFACE..

Il est naturel d'imaginer le compresseur et le sas de refoulement installés à la surface. Toutefois rien n'empêcherait de placer le premier au jour et le second au fond; enfin la construction de turbo-compresseurs à grande vitesse à commande électrique par engrenages multiplicateurs, ne donnant guère plus d'encombrement que les centrifuges, permet d'envisager le placement des deux appareils au fond.

On pourrait aussi, par analogie avec les installations souterraines de remblayage hydraulique des mines de Lens dans la couche Omérine, imaginer l'emploi aux tailles de petits sas isolés dont le gabarit serait réglé par celui des voies et qui seraient raccordés à la conduite d'air comprimé, les matériaux criblés étant amenés de la surface dans des wagonnets.

De toutes façons, les installations de surface comprennent comme pour le remblayage hydraulique des appareils de préparation du remblai, criblage, et éventuellement concassage, des silos d'emmagasinement des produits bruts et finis, ainsi que des transporteurs ou élévateurs réunissant les divers appareils. Sous la trémie d'emmagasinement du remblai préparé, fermée par un registre, se trouve le sas de refoulement auquel on a avantage à donner la plus grande capacité pour assurer la continuité de l'opération pendant le temps le plus long, car le remblai y est introduit de façon discontinue. Pour un débit de 100 tonnes à l'heure, le distributeur rotatif doit être capable de passer près de 28 kilogrammes par seconde. On obtiendrait un débit plus considérable, avec la suppression d'un mécanisme sujet à causer des ennuis, en remplaçant le distributeur par des jets d'air comprimés assurant l'entraînement du remblai

(1) A. BAYOT et A. DEMEURE : « Notes sur le remblayage hydraulique » R. U. M. M. Avril 1910. Tome XXX 1er volume.



dans la conduite, et rappelant, somme toute, la disposition de mise en suspension dans le remblayage hydraulique.

3° CONDUITE.

En général, elle ne diffère pas (section, épaisseurs, joints, etc...), d'une conduite de transport de force motrice à la même pression.

Au point de vue de l'usure, on utilisera l'expérience gagnée dans le remblayage hydraulique : tuyaux en acier dans la partie rectiligne, courbes en fonte dure, avec surépaisseurs et démontables en segments multiples, etc...

4° INSTALLATION DANS LA TAILLE.

La mise en place du remblai devant se faire non plus par décantation, mais par projection violente du jet d'air chargé de matériaux, il en résulte une grande simplification du travail d'aménagement de la taille. Le montage et le démontage des panneaux filtrants, avec toutes leurs fournitures de planches, toiles, pointes, et le boisage supplémentaire à 5 bois par bèle, ne sera plus nécessaire. Sans doute, suffira-t-il de diviser l'espace à remblayer par des hourdages en fagots pour permettre au remblai de s'élever jusqu'au toit.

Rien n'empêche d'ailleurs d'orienter de chassage, la tuyère (1) de façon à faire progresser le remblai dans le sens habituel, au lieu de juxtaposer des bandes parallèles sur la ligne du pendage comme c'est le cas pour le remblayage hydraulique qui a besoin d'une pente pour l'écoulement des eaux. Avec le transport par l'air, la conduite peut aussi bien arriver par la voie d'entrée d'air que par la voie de retour d'air, le remblayage est indépendant de l'inclinaison, et se fait aussi bien dans des couches horizontales.

Pour les mêmes motifs, le remblayage pneumatique peut s'appliquer à n'importe quelle méthode d'exploitation, avantage capital, si l'on songe aux traçages laborieux qu'exige le remblayage hydraulique dès qu'on veut s'affranchir du nettoyage des bassins et des ennuis des eaux dans les voies de roulage.

(1) On a parfois prétendu que des flammes ou des étincelles avaient été constatées à la sortie de tuyaux en fer à air comprimé. Ce point mérite d'être étudié spécialement, mais l'emploi d'un flexible, ou au besoin, d'une tuyère en cuivre, éviterait le danger signalé.

c) Prix de revient.

On comprendra qu'il n'est pas possible d'évaluer dès maintenant le coût d'une opération qui n'a pas été réalisée jusqu'ici, dont la réalisation est encore subordonnée à plusieurs conditions.

D'ailleurs le fût-elle que le prix de revient serait fonction, pour tout autre cas, de la nature du produit transporté et des caractéristiques de la conduite, longueur, section, nombre de coudes, d'élévations, etc.

Les quelques données numériques dont nous avons pu faire état concernent le transport, sur une distance modérée, d'un produit particulièrement mobile, le charbon pulvérisé. Il est clair qu'elles ne doivent servir qu'à fixer les idées jusqu'au moment où l'on aura déterminé expérimentalement la quantité d'air et la vitesse nécessaires au transport d'un débit déterminé d'un produit donné, dans une conduite de longueur et de section données, étude préalable à l'installation de tout convoyeur pneumatique. (1)

Au point de vue de la force motrice seule, il semble indéniable que le remblayage pneumatique soit plus coûteux que le remblayage hydraulique. La mise en place d'un mètre cube de remblai (formé des particules les plus fines) demande environ un mètre cube d'eau, et probablement 12 mètres cubes d'air. L'exhaure de 1 mètre cube d'eau, par un des trois types de souterraines, (à vapeur, hydraulique, électrique), coûtait avant la guerre à peu près autant par cent mètres d'élévation que la compression d'un mètre cube d'air à 6 kilogrammes. Le poste « consommation d'énergie » dans le prix de revient du remblayage pneumatique serait donc, pour une profondeur de 100 mètres, 12 fois plus élevé que celui du remblayage hydraulique. Mais avec la profondeur, ces deux postes finissent par s'équilibrer puisque celui relatif au transport à l'eau augmente graduellement, et que celui relatif au transport à l'air reste sensiblement le même.

D'ailleurs, la consommation d'énergie n'est qu'un facteur du prix de revient, et il est vraisemblable que les nombreux avantages que nous avons énumérés plus haut interviendraient pour réduire le coût du remblayage pneumatique à un taux comparable à celui des autres procédés.

(1) H. M. Nichols « *The principles of pneumatic conveying* », Management Engineering, juillet 1922.

Pareille étude pourrait se faire à la surface sur un convoyeur expérimental qui servirait, par exemple, à la mise à terril des terres de laverie.

En résumé, il n'y a, à première vue, aucune raison qui s'oppose à l'emploi de l'air comme agent de transport du remblai de la surface jusqu'aux tailles. Cette application apparaît comme une simple extension des applications déjà réalisées dans d'autres domaines. Si l'on n'a pas atteint encore les tonnages et les longueurs de transport nécessités par le remblayage pneumatique, ce n'est pas impuissance, mais uniquement parce que le besoin ne s'en est pas fait sentir jusqu'ici.

Le remblayage pneumatique est surtout intéressant aux grandes profondeurs. Il convient également pour les longs transports horizontaux à faible profondeur.

Il accroît la salubrité et la sécurité de la mine et, d'une manière générale, n'exige aucune modification des méthodes d'exploitation.

Charleroi, mars 1923.

GRISOUMÉTRIE

Note sur le procédé de M. Delbrouck

POUR LE

Dosage du Grisou dans l'air des Mines

PAR

EMILE HUMBLET

Ingénieur A. I. Lg.

L'arrêté royal du 24 avril 1920, modifiant le règlement relatif à l'emploi des explosifs dans les mines, permet l'utilisation de ces derniers dans tous les chantiers dont la teneur en grisou est inférieure à 2,5 p. c. pendant le poste d'abatage et 1,5 p. c. pendant les autres postes.

Il en résulte, pour l'exploitant, l'obligation de procéder périodiquement au dosage du grisou contenu dans l'air de la mine aux différents points où s'effectue le minage.

De la quantité de grisou dégagée, dépendra aussi le classement de la mine et de ses divers chantiers.

Le dosage du grisou constitue donc une question pratique de première importance.

L'analyse volumétrique des mélanges gazeux repose surtout sur l'absorption successive de leurs différents constituants par des réactifs appropriés et la mesure du volume résiduel après chaque absorption.

Or, le méthane résiste à tous les moyens d'absorption; mais, comme c'est un gaz combustible, on peut toujours le doser par combustion et mesure de l'anhydride carbonique formé.

Plusieurs procédés de dosage ont été employés jusqu'ici.

Nous ne rappelons que pour mémoire le procédé bien connu basé sur l'examen de l'aurole bleue produite par la combustion du grisou au contact de la flamme réduite de la lampe de sûreté de mine. Cette mesure, dans le cas qui nous occupe, n'est pas suffisamment précise.

Parmi les procédés de laboratoire employés couramment, celui de SHAW, basé sur la mesure des limites d'inflammabilité, est simple mais exige l'emploi d'un gaz combustible, le gaz d'éclairage par exemple, qu'on n'a pas toujours à sa disposition dans un charbonnage.

Le procédé d'ORSAT mesure l'anhydride carbonique formé par la combustion du méthane.

M. LE CHATELIER a imaginé un procédé bien connu. Il brûle le grisou par le passage d'un courant électrique qui porte à l'incandescence une spirale en platine ; il mesure alors la dépression résultant de la combustion du méthane à volume constant.

La mesure de la dépression s'effectue sur un tube manométrique à mercure et la variation de pression observée est de 15 millimètres pour 1 p. c. de grisou. (1)

La prise d'essai se fait généralement dans la mine à l'aide de bouteilles en verre préalablement remplies d'eau.

Ces procédés donnent des résultats précis, mais tous exigent ou le concours d'un chimiste expérimenté, ou l'emploi d'appareils délicats.

M. M. Delbrouck, ingénieur en chef, directeur du 9^e arrondissement des mines, reprenant le principe de LE CHATELIER, a rendu le procédé applicable industriellement, tout en augmentant la précision des résultats obtenus.

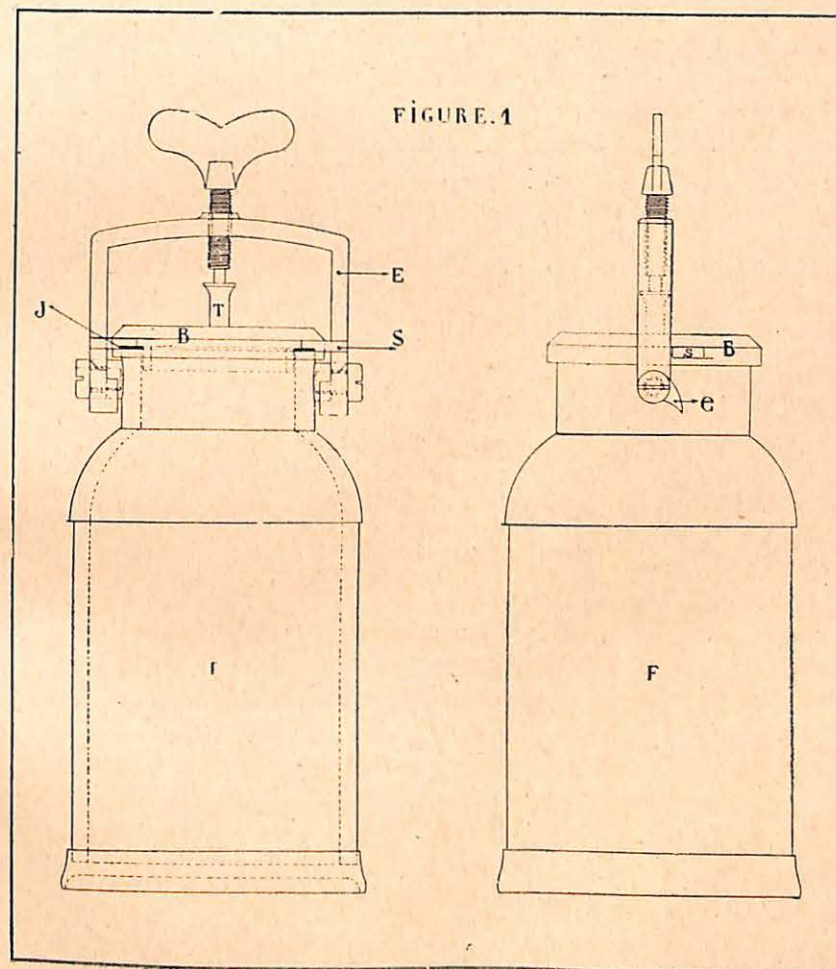
Pour les prises d'essais, il a imaginé un appareil simple, robuste et pratique, d'une manipulation facile, qui sert en même temps pour la combustion du méthane. De plus, il a substitué l'eau au mercure dans le tube manométrique. Les lectures sont ainsi amplifiées dans le rapport inverse des densités des deux liquides ; elles sont multipliées par 13,6 et sont d'autant plus précises.

Cet appareil se compose essentiellement d'un flacon en métal inoxydable F (figure 1) d'environ un litre de capacité fermé hermétiquement par un bouchon métallique B muni d'un joint en caoutchouc J.

(1) H. LE CHATELIER : Le grisou (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire Leauté, Paris.)

La fermeture est assurée par un étrier E pivotant autour de la vis, le fixant au goulot du flacon ; cet étrier est percé, à la partie supérieure, d'une ouverture formant écrou dans laquelle s'engage une clé filetée qui, en poussant sur la tige T, presse fortement sur le bouchon et assure l'étanchéité du joint.

Pour faciliter l'ouverture rapide du flacon, l'étrier porte à chaque point de fixation au goulot, un ergot E qui, lorsqu'on bascule



l'étrier, rencontre une partie du bouchon faisant saillie S (figure 2) et soulève ce dernier (1).

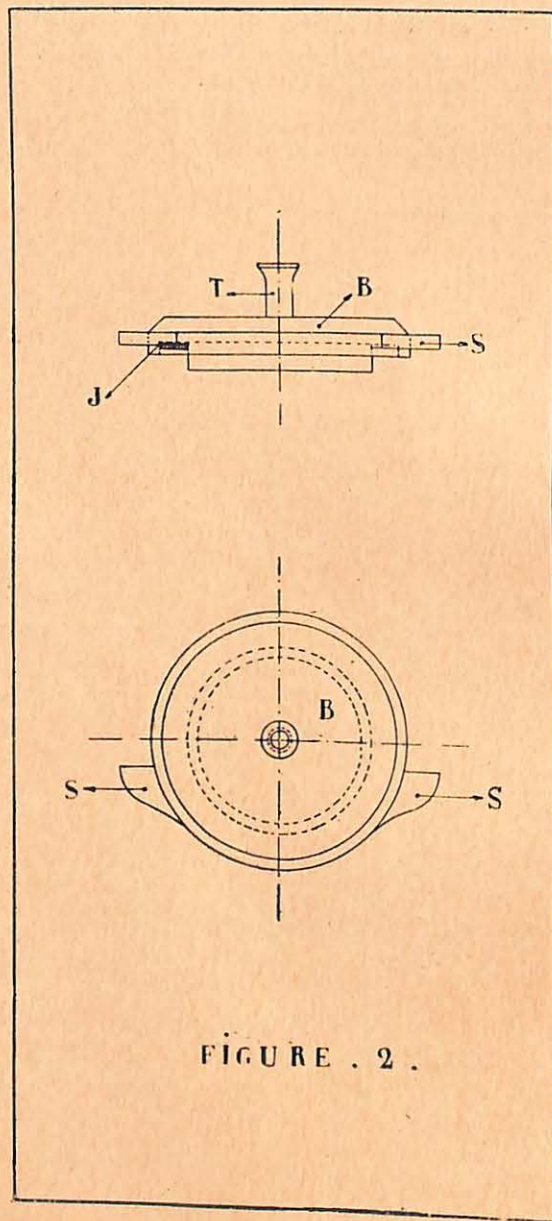


FIGURE . 2 .

(1) Les appareils dont nous nous servons ont été construits par les usines Joris, 41, rue des Eburons, à Liège.

Ces flacons sont utilisés pour le prélèvement des échantillons à analyser. A cet effet, avant la descente dans la mine, ils sont com-

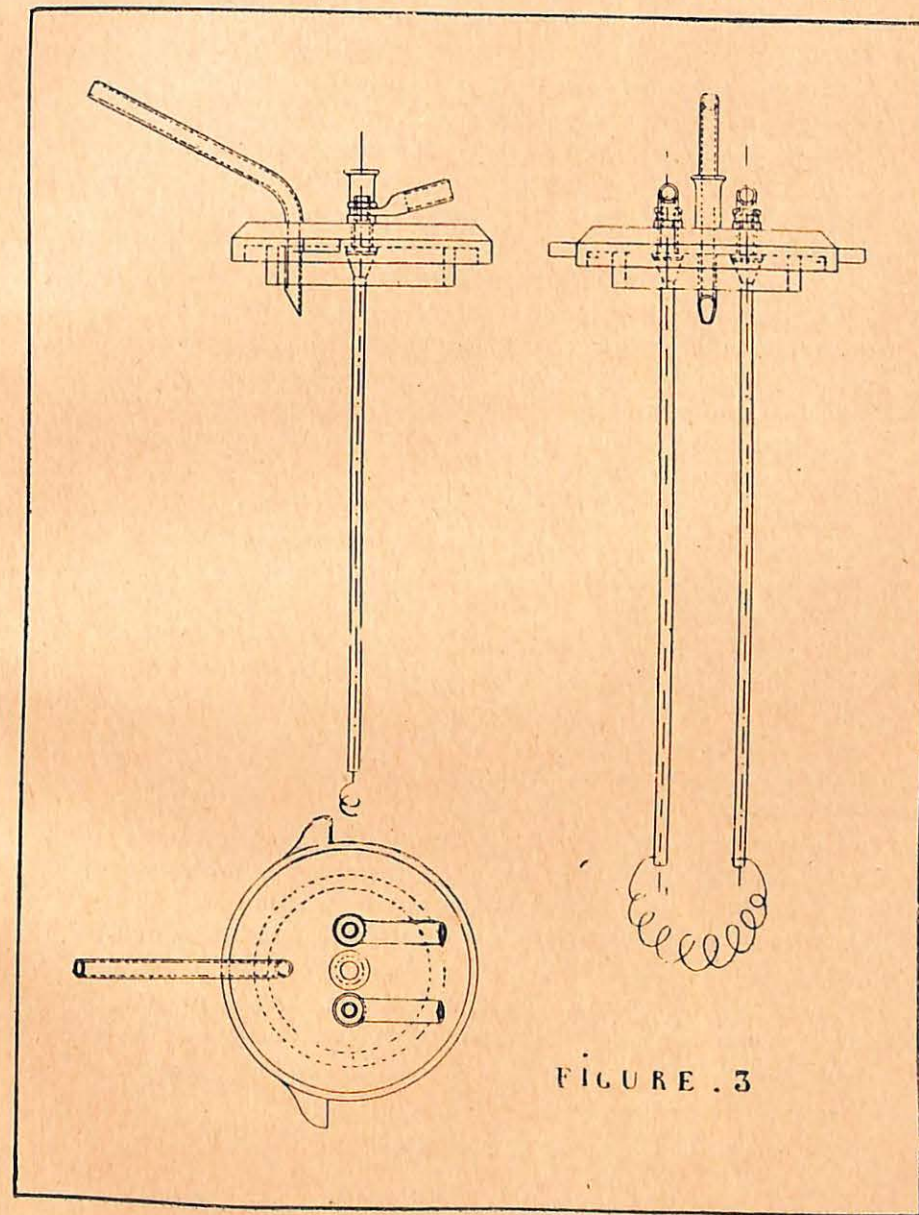


FIGURE . 3

plètement remplis d'eau. En vidant le flacon dans le chantier où l'on désire prélever un échantillon, l'air de la mine prend la place de l'eau. Le flacon est alors soigneusement fermé et remonté au laboratoire.

Au moment de procéder à l'analyse, le bouchon ordinaire est remplacé par un bouchon spécial (figure 3). Ce bouchon a la même forme et la même fermeture hermétique que les autres. Il est, en outre, traversé par deux bornes en cuivre pénétrant dans le flacon jusque 5 à 6 centimètres du fond et réunies par un fil en platine à l'iridium enroulé en spirale. A l'extérieur, ces bornes sont fixées à une prise de courant en communication avec la source électrique nécessaire pour réaliser la combustion du grisou. Une tubulure traversant le bouchon permet, par l'intermédiaire d'un tuyau en caoutchouc, de mettre l'intérieur du flacon en liaison avec une des branches du tube manométrique utilisé pour la mesure de la dépression. Pendant la combustion, une pince fixée au tube en caoutchouc assure la fermeture du flacon.

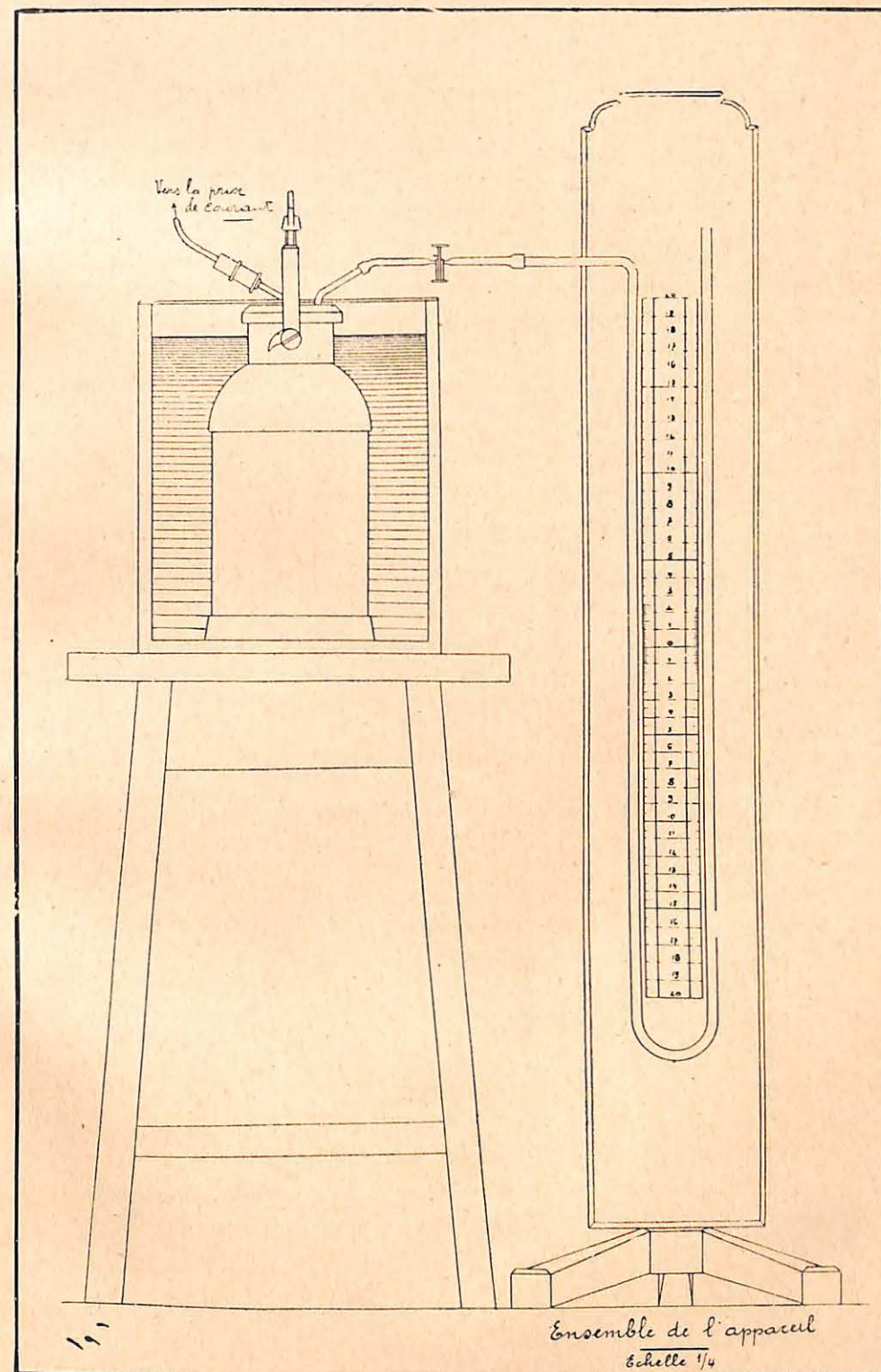
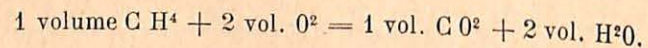
Comme je l'ai dit plus haut, avant de faire passer le courant électrique, il faut changer les bouchons. Cette opération se fait au laboratoire sans risque de modifier la composition de la prise d'essai, car la pression atmosphérique, dans la mine, étant toujours supérieure à celle de la surface, l'air contenu dans le flacon est légèrement comprimé. Cette pression est de l'ordre de 10 millimètres de mercure par 100 mètres de profondeur.

Il convient aussi de laisser, au préalable, le flacon flotter dans un baquet d'eau pour assurer l'homogénéité de son contenu et éviter tout échauffement.

Le bouchon spécial étant placé, on fixe le flacon dans le baquet de manière qu'il soit recouvert par l'eau jusqu'au niveau du goulot, puis on porte le fil de platine au blanc par le passage d'un courant électrique d'environ 6 ampères fourni par une batterie d'accumulateurs de trois éléments (6 volts).

Pour réaliser la combustion complète, il est nécessaire de prolonger la combustion pendant dix minutes, en interrompant à une ou deux reprises, pour assurer le brassage des gaz et leur passage sur la spirale en platine.

La combustion du grisou se produit d'après la formule :



L'eau formée se condense à la température ordinaire.

Si l'air analysé contient 1 % de grisou, on a

pour 100 volumes, 99 volumes air + 1 volume C H 4

et après combustion il reste 98 volumes de gaz qui, occupant le volume initial 100, auront une pression réduite de 2 % de la pression atmosphérique; donc, pour chaque pour cent de grisou que contient l'air analysé, il se produira, après combustion, une dépression égale à 2 % de la pression barométrique, qu'on peut traduire, pour une pression barométrique de 760 millimètres de mercure, par une hauteur de :

15,2 millimètres en colonne de mercure ou
206 millimètres en colonne d'eau.

On peut donc établir comme suit, une échelle de dépression correspondant à la teneur en grisou du mélange, pour une pression barométrique de 760 millimètres de mercure :

Dépression 206	millimètres d'eau :	Teneur en grisou 1 %
» 103	»	» 1/2 %
» 20,6	»	» 0,1 %

Si, avant l'opération, on remplit d'eau les deux branches d'un tube manométrique jusque la moitié de leur hauteur, le point d'affleurement des ménisques sera noté 0. En portant sur une échelle, de part et d'autre du zéro, des longueurs égales à 10,3 m/m, chaque dépression, lue au-dessus ou en-dessous du zéro, indiquera directement en 0,1 %, la teneur en CH⁴; de même chaque division intermédiaire égale à 1,03 millimètre correspondra à une teneur en CH⁴ de 0,01 %.

Le volume d'air contenu dans le tube manométrique du côté du bouchon est négligeable, comparé à celui du flacon.

Une échelle de 0^m,412 de longueur, soit 0^m,206 de part et d'autre du 0 permettra de mesurer des teneurs en grisou de 0 à 2 %.

Les variations de pression atmosphérique sont sans influence appréciable sur les résultats : une variation de pression baromé-

trique de 10 millimètres de mercure en plus ou en moins correspondra à une erreur de lecture à notre échelle de

$$10,3 \times \frac{10}{760} = 0 \text{ m/m } 14$$

soit une erreur de l'ordre de 0,001 % de grisou, ce qui est négligeable.

Il n'en est pas de même de la température. La combustion chauffe le mélange. Soient :

p = pression atmosphérique en colonne d'eau.

T = température absolue.

Supposons une variation de température de 1 degré.

On a

$$\frac{p}{T} = \frac{p'}{T'}$$

$$\frac{10333}{273 + t} = \frac{p'}{273 + t + 1}$$

si la température ambiante

$$t = 17^{\circ}$$

on trouve :

$$p' = 10361$$

soit une augmentation de pression de 28 millimètres d'eau par degré d'augmentation de température d'où erreur de 0,14 % dans la lecture de la teneur en grisou.

Il importe, par conséquent, avant de faire la lecture au tube manométrique de ramener l'air du flacon à la température initiale en le laissant se refroidir dans le baquet pendant 10 minutes au moins.

Nous avons expérimenté le procédé de M. DELBROUCK et nous avons comparé les résultats obtenus à ceux que donnait le procédé d'ORSAT.

Nous prélevions chaque fois deux échantillons au même endroit. Nous analysions l'un par le procédé DELBROUCK, l'autre était confié à M. DECHAMPS, Ingénieur chimiste à Liège pour être analysé par le procédé d'ORSAT.

Le tableau suivant donne les résultats obtenus :

Numéros d'ordre	Par le procédé d'ORSAT (M. DECHAMPS)	Par le procédé DELBROUCK
1	0,15	0,20
2	0,25	0,24
3	0,25	0,30
4	0,40	0,43
5	0,60	0,55
6	0,75	0,72
7	0,95	0,97
8	1,00	1,05
9	1,15	1,13
10	1,40	1,29
11	1,60	1,57
12	1,75	1,80

La concordance des résultats obtenus est très satisfaisante.

Le procédé de M. DELBROUCK présente le grand avantage de pouvoir être confié à un agent inexpérimenté en science et manipulations chimiques, tout en permettant de déterminer la teneur en grisou à 0,01 % près.

Des trains de roues pour berlaines

par L. DE JAER

Ingénieur en chef aux Charbonnages de Patience et Beaujonc,
à Glain.

Dans ces dernières années, la question du transport souterrain a fait l'objet de recherches particulièrement suivies en vue de réduire les frais d'exploitation.

Ces recherches ont eu pour résultats l'amélioration, non seulement du matériel employé, mais encore de la voie de transport.

Nous avons ainsi assisté à l'introduction sur le marché des trains de roues à galets et à billes. Ces trains semblaient devoir réaliser les derniers perfectionnements dans le matériel de transport et les plus grands avantages en étaient attendus.

Les trains à fusées lisses sont délaissés de plus en plus; ils ont été remplacés par les nouveaux systèmes sans que l'on se soit rendu compte bien exactement des qualités que présentent les différents types : la mode est aux nouveaux trains et on les emploie.

Ces derniers devaient toutefois offrir des avantages sérieux sur les nombreux dispositifs en usage, ceux-ci étant, en général, défectueux. Un grand avantage que présentent, avant tout et à première vue, les nouveaux systèmes, est de permettre un graissage convenable, irréalisable dans un grand nombre de systèmes anciens.

La vogue des trains nouveaux est-elle justifiée et leurs avantages ne sont-ils pas plus factices que réels? C'est ce que nous nous sommes proposé de rechercher pratiquement, tout au moins pour ce qui concerne les trains à galets à une roue folle et les trains à fusées lisses à deux roues folles du type Bertrand et C^{ie} modifié. Celui-ci est à graissage continu à l'huile.

Pour effectuer cette recherche, nous avons employé la méthode des plans inclinés opposés par le pied. On laisse descendre librement d'une hauteur constante sur l'un des plans inclinés, de pente bien déterminée, les véhicules à essayer, et on note la longueur à laquelle ils remontent sur le plan incliné opposé.

La longueur la plus forte observée à la remonte indique le système le plus avantageux.