

L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1951

par A. HOUBERECHTS,

Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Louvain,
Directeur de l'Institut d'Hygiène des Mines.

SOMMAIRE

Introduction.

I. — Travaux de la section médicale.

1. — Examen des mineurs au travail.

A. — Prospections médicales systématiques.

B. — Eprouves fonctionnelles pulmonaires.

2. — Travaux et études scientifiques.

A. — Le retentissement cardio-vasculaire de l'antraco-silicose et son traitement.

B. — Examen radiographique et tomographique de l'artère pulmonaire dans l'antraco-silicose.

II. — Travaux de la section technique.

1. — Lutte contre les poussières.

A. — La lutte contre les poussières dans les travaux au rocher.

B. — La lutte contre les poussières dans les chantiers d'abattage.

C. — Aérosologie.

D. — Travaux de laboratoire et applications pratiques.

2. — La climatisation des mines profondes.

A. — Recherches dans le domaine de la ventilation.

B. — Travaux théoriques dans le domaine de la thermique minière.

C. — Etude du bilan thermique des charbonnages.

D. — Les installations frigorifiques pour la réfrigération de chantiers souterrains.

E. — Etalonnage d'instruments de mesure.

III. — Enquêtes, documentation et conférences.

1. — Contribution de la section médicale.

2. — Contribution de la section technique.

Bibliographie.

INTRODUCTION

Dans l'exposé qui va suivre, les lecteurs des « Annales des Mines de Belgique » trouveront — conformément à la tradition qui veut qu'un compte rendu de l'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines paraisse chaque année dans la livraison du mois de mai — les résultats des principales recherches poursuivies au cours de 1951.

La plupart des travaux effectués durant l'exercice

ont déjà fait l'objet de Communications aux Associations Charbonnières et aux charbonnages affiliés. De ce fait, il n'est plus nécessaire d'entrer dans les détails des essais, calculs et études. C'est pourquoi nous limitons ce rapport à la description sommaire des principaux travaux accomplis en citant les résultats obtenus et les conclusions pratiques qui s'en dégagent.

I. — TRAVAUX DE LA SECTION MEDICALE

1. — Examen des mineurs au travail.

A. — *Prospections médicales systématiques.*

L'année 1951 a vu se poursuivre les examens systématiques exécutés avec le car radiologique

dans divers charbonnages du pays. Les médecins de l'Institut d'Hygiène des Mines ont ainsi examiné 2.568 ouvriers appartenant aux Charbonnages de l'Espérance et Bonne Fortune et celui d'Ans — Rocour dans le bassin de Liège et aux Charbon-

nages du Rieu-du-Cœur et de la Boule Réunis à Quaregnon (Borinage).

En ce qui concerne les deux premiers de ces charbonnages, il s'agissait d'une révision d'ouvriers examinés deux ans auparavant. La Section Technique de l'Institut d'Hygiène des Mines avait mesuré le degré d'empoussiérement des divers chantiers de ces sièges et prélevé des échantillons afin de déterminer la composition chimique des poussières. Comme les examens radiophotographiques vont, d'autre part, de pair avec l'établissement d'une anamnèse professionnelle soignée, le Service Médical accumule une documentation importante concernant les dangers des différentes occupations du fond et des diverses teneurs en poussières.

L'Institut d'Hygiène des Mines a, en même temps, continué la centralisation des résultats des examens périodiques pratiqués dans les divers charbonnages du pays.

D'autre part, plus de 100 cas de diagnostic difficile ont été adressés à l'Institut d'Hygiène des Mines par les médecins de divers charbonnages. Ces ouvriers y ont subi un examen clinique, radiologique, tomographique et électrocardiographique, à la suite duquel un rapport circonstancié a été envoyé à la fois au médecin de famille et au médecin d'industrie, précisant l'état de santé du patient et envisageant éventuellement l'utilité d'un reclassement.

Au cours de ces examens, les investigations ont pu être poussées plus loin que par le passé grâce à des mesures systématiques explorant plus à fond la fonction respiratoire même. Dès le début de cette année en effet, les locaux médicaux de l'Institut d'Hygiène des Mines se sont considérablement agrandis par l'aménagement de nouveaux laboratoires où a été rassemblé le matériel nécessaire aux épreuves fonctionnelles pulmonaires. La charge de ces nouveaux laboratoires a été confiée au Dr. F. Lavenne, Agrégé et Chargé du Cours de Maladies Professionnelles à l'Université de Louvain. La mise au point des différents procédés de mesure utilisés dans ce laboratoire a pu être réalisée rapidement grâce à l'expérience acquise et aux renseignements recueillis par le Dr. Lavenne au cours de ses voyages et séjours d'études aux États-Unis, au Pays de Galles, en Suisse, en France et en Allemagne.

B. — Épreuves fonctionnelles pulmonaires.

Les épreuves fonctionnelles pulmonaires sont souvent nécessaires si l'on veut donner un avis autorisé concernant la capacité de travail des ouvriers mineurs : possibilité de poursuivre sans danger un travail lourd ou nécessité de reclassement à un travail léger. Il n'existe pas, en effet, de corrélation nette entre les images radiologiques pulmonaires et la capacité de travail et, dans de nombreux cas, l'examen est incapable de donner à lui seul une réponse.

De nombreux tests de la fonction pulmonaire ont été proposés. Beaucoup d'entre eux font appel à la

collaboration du patient, d'où la nécessité de multiplier les épreuves, pour juger par recoupement de la bonne volonté de l'ouvrier.

Il est d'autre part important d'explorer la fonction pulmonaire, non seulement au repos (épreuves statiques), mais aussi à l'effort (épreuves dynamiques).

Examinons d'abord les *épreuves statiques*, pratiquées actuellement à l'Institut.

a) Mesures des divers volumes pulmonaires.

Le rôle de la ventilation pulmonaire est d'opérer un brassage et un renouvellement continuel de l'air dans les poumons. À chaque inspiration, nous introduisons quelques centaines de cm³ dans les alvéoles pulmonaires et nous rejetons une quantité d'air équivalente à l'expiration suivante. C'est ce volume respiratoire qu'on appelle le *volume courant*.

Mais nous n'épuisons pas ainsi nos possibilités de ventilation. Nous pouvons gonfler nos poumons de façon plus considérable en y introduisant, outre le volume courant, une quantité d'air supplémentaire à laquelle on donne le nom de *volume inspiratoire de réserve*.

De même, nous pouvons, lors d'une expiration forcée, vider les poumons beaucoup plus complètement que nous ne le faisons normalement, c'est-à-dire que nous pouvons souffler outre notre volume courant, une quantité d'air à laquelle on donne le nom de *volume expiratoire de réserve*.

La somme du volume courant, du volume inspiratoire de réserve et du volume expiratoire de réserve constitue la *capacité vitale* : c'est le volume d'air qu'il est possible de souffler après avoir réalisé une inspiration aussi profonde que possible.

La capacité vitale ne représente pourtant pas le volume total qui peut être présent dans les poumons. En effet, une expiration aussi complète que possible est incapable de les vider complètement. Il y reste une quantité importante d'air (1.000 cm³ environ), à laquelle on donne le nom de *volume résiduel*. La somme du volume résiduel et de la capacité vitale constitue le *volume pulmonaire total*.

La capacité vitale et ses subdivisions peuvent être aisément mesurées à l'aide d'un spiromètre du type Benedict. Cet appareil comporte une cloche qui peut être remplie d'oxygène et qui contient de la chaux sodée absorbant l'anhydride carbonique au fur et à mesure qu'il est dégagé par la respiration du patient. Celui-ci est relié à la cloche, dans laquelle il respire en circuit fermé, par l'intermédiaire d'une pièce buccale et de tuyaux en caoutchouc munis de valves directionnelles. Les inspirations et expirations entraînent des mouvements de la cloche, qui sont inscrits par un stylet sur une feuille de papier enroulée sur un tambour tournant à une vitesse connue (fig. 1).

On obtient ainsi un graphique comme celui représenté dans la fig. 2. Ce graphique est en pente progressive. En effet, le volume d'air contenu dans

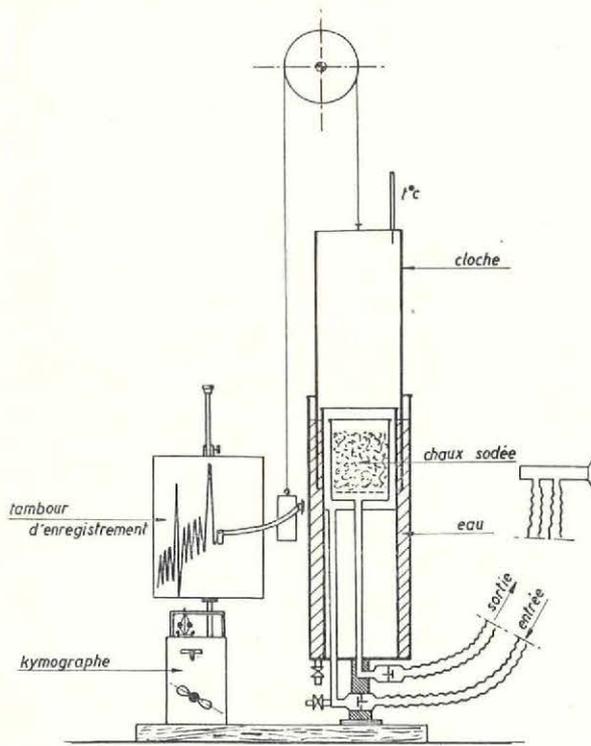


Fig. 1.

la cloche va en diminuant petit à petit, le patient consommant de l'oxygène pendant l'épreuve, tandis que le gaz CO_2 est absorbé par la chaux sodée. Connaissant le diamètre de la section de la cloche, il est facile de mesurer la capacité vitale et ses subdivisions, définies ci-avant.

Cette technique spirométrique simple ne permet évidemment pas la mesure du volume résiduel puisque celui-ci, par définition, ne peut pas être chassé des poumons. Deux méthodes de détermination de ce volume résiduel ont été proposées. Comme elles seront appliquées toutes deux à l'Institut d'Hygiène des Mines, nous croyons utile d'en indiquer le principe.

La technique de Cournand est une méthode en circuit ouvert. Elle est basée sur le principe suivant : lorsque nous respirons de l'air atmosphérique, notre volume résiduel contient un pourcentage d'azote voisin de celui de l'atmosphère (80 % environ); si l'on respire, par contre, l'oxygène pur pendant une dizaine de minutes, on arrive à éliminer tout l'azote contenu dans les poumons. Pratiquement, on procède de la façon suivante : à la fin d'une expiration profonde, on branche le sujet à examiner sur une bonbonne d'oxygène pur et on recueille dans un sac tout l'air expiré. Après environ 10 minutes, on mesure le nombre de litres d'air expirés (compteur à gaz) et on y détermine le pourcentage d'azote. On connaît ainsi la quantité d'azote présente dans les poumons au début de

l'expérience et par une simple règle de trois (multiplication par 100/80 environ), on obtient le volume résiduel.

Cette technique ne nécessite qu'un appareillage peu coûteux, mais elle impose un dosage assez délicat de l'azote dans l'air expiré. Ce dosage se fait à l'appareil manométrique de Van Slijke : on admet une certaine quantité de gaz dans une burette et on en mesure la pression sous volume connu, sur une échelle graduée; on absorbe le gaz CO_2 par un alcali (NaOH) et l' O_2 par un réducteur (hydrosulfite de soude); on mesure alors la pression exercée par le gaz restant qui est l'azote. Le rapport entre les pressions initiale et finale permet de calculer le pourcentage d'azote (en volume).

L'autre technique, bien étudiée récemment par Gilson et Hugh Jones, fait appel à un gaz étranger à l'organisme (hélium). A la fin d'une expiration profonde, le sujet à examiner est branché sur un circuit fermé (appareil analogue à celui de Benedict), de capacité connue et contenant un pour-

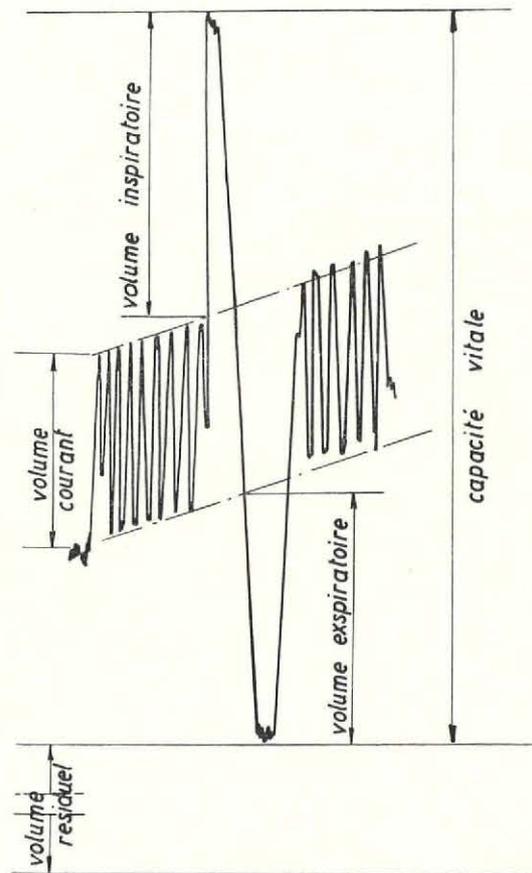


Fig. 2.

centage déterminé d'hélium dans l'air. A partir de ce moment, l'hélium va se diffuser dans le volume résiduel du patient et le pourcentage d'hélium va diminuer dans le circuit fermé, dont le volume est

dès lors constitué par la capacité initiale de l'appareil augmenté de l'air résiduel du patient.

Après 7 à 10 minutes, un équilibre s'établit et la diminution de pourcentage d'hélium permet de calculer le volume résiduel. L'avantage de cette méthode est de ne nécessiter aucune analyse chimique de gaz. En effet, le pourcentage d'hélium dans l'air est facilement déterminé par une méthode physique basée sur la forte différence de conductivité thermique entre l'hélium et l'air : ces gaz passent sur deux des résistances d'un pont Wheatstone; les variations des résistances, en déséquilibrant le pont, modifient le courant dans le circuit du galvanomètre qui peut être facilement étalonné.

Les pneumoconioses entraînent des modifications pulmonaires de sclérose d'une part et d'emphysème d'autre part. L'emphysème consiste en une dilatation permanente des alvéoles pulmonaires amenant une distension des poumons et par conséquent une augmentation du volume résiduel. Cet accroissement du volume résiduel est évidemment préjudiciable au renouvellement inspiratoire de l'air dans les alvéoles pulmonaires. Tant la sclérose que l'emphysème causent une diminution de la capacité vitale, l'une en empêchant l'expansion complète des poumons (diminution du volume inspiratoire de réserve), l'autre en ne permettant pas aux poumons de se vider normalement (diminution du volume expiratoire de réserve). Mais en ce qui concerne l'emphysème, il est évident que la meilleure mesure en sera donnée par la détermination directe du volume résiduel. Chez un sujet normal, celui-ci représente moins de 35 % du volume pulmonaire total. Une augmentation de ce pourcentage correspond dans la plupart des cas à une complication emphysemaieuse.

b) *Mesure de la ventilation maximum par minute et de la capacité pulmonaire utilisable à l'effort.*

Nous ne prenons conscience de notre respiration que lorsque celle-ci devient pénible. On parle alors de dyspnée. Celle-ci est le plus souvent due à une fréquence anormale des mouvements respiratoires (respiration haletante). Un effort violent, une course par exemple, rend dyspnéique un sujet normal. En effet, lors de l'effort, l'augmentation des besoins en oxygène entraîne une augmentation de la ventilation pulmonaire et par conséquent une accélération des mouvements respiratoires. Les patients atteints d'affections pulmonaires peuvent ressentir une gêne respiratoire lors d'efforts beaucoup moins importants (montée d'escaliers et même marche à terrain plat). On parle alors de dyspnée d'effort. Dans les cas plus graves, la difficulté respiratoire existe même au repos (dyspnée de décubitus).

On a voulu objectiver cette dyspnée et on a montré qu'elle apparaît généralement lorsque le débit respiratoire dépasse 40 % de la ventilation maxi-

imum possible. La possibilité, pour un sujet, d'accomplir un effort donné sans gêne respiratoire dépend donc avant tout de la ventilation maximum qu'il peut effectuer. Pour rechercher cette donnée physiologique, on fait respirer le patient durant 30 secondes aussi rapidement et aussi profondément que possible, à travers une valve directionnelle offrant un minimum de résistance (« high velocity valve »). L'air est recueilli dans un sac (sac de Douglas) et son volume est mesuré dans un compteur à gaz. On fait les corrections de température et de saturation en vapeur d'eau et, afin d'exprimer le résultat sous forme de ventilation maximum/minute, on multiplie le chiffre obtenu par deux. La ventilation maximum par minute diminue avec l'âge, mais elle est encore normalement supérieure à 100 litres chez des sujets de 60 ans.

Les résultats de la ventilation maximum par minute ne sont pas nécessairement parallèles à ceux de la capacité vitale. En effet, pour pouvoir faire passer dans les poumons un grand volume d'air par unité de temps, il ne suffit pas de pouvoir souffler un volume considérable lors d'une expiration profonde, mais il faut encore que cette expiration puisse se faire rapidement. Sinon, la capacité vitale, à première vue satisfaisante, n'est pas utilisable à l'effort.

C'est cette considération qui a amené la recherche de la « *capacité vitale utilisable à l'effort* » : volume d'air qui peut être expiré en une seconde. Le sujet à examiner, raccordé à l'appareil de Benedict, gonfle sa poitrine d'air, puis expire le plus rapidement possible. On enregistre sa courbe expiratoire sur un tambour à rotation rapide (1,5 cm/seconde), qui étale la courbe et permet de mesurer facilement la quantité expirée par seconde. On comprend qu'il existe une bonne corrélation entre la ventilation maximum par minute et la capacité vitale utilisable à l'effort.

Les résultats de ces deux épreuves dépendent fortement de la bonne volonté du patient, mais comme celui-ci les considère comme des recherches tout à fait distinctes, il y a là un moyen de juger par recoupement du degré de coopération, donnée très importante dans les examens d'expertise.

c) *Mesure de la saturation oxy-hémoglobinée du sang artériel.*

L'hyperventilation, qui est en partie responsable de la dyspnée des sujets atteints d'une affection pulmonaire, est un phénomène de défense de l'organisme. Celui-ci cherche à assurer, en dépit des conditions défavorables, une oxygénation satisfaisante du sang au niveau des alvéoles pulmonaires. Le rôle de la respiration est, en effet, de fournir au sang l'oxygène qui servira de comburant pour toutes les oxydations vitales de l'organisme et de le décharger de l'anhydride carbonique qui représente un des produits de déchet de nos combustions cellulaires. Le sang réalise son rôle de transporteur d'oxygène grâce à la présence d'un

pigment ferrique, l'hémoglobine, qui peut se combiner de façon facilement réversible avec l'oxygène. Nous possédons environ 16 grammes d'hémoglobine par 100 cm³ de sang et un gramme d'hémoglobine peut fixer au niveau des poumons 1,33 cm³ d'oxygène, en se transformant en oxyhémoglobine. En cédant ensuite cet oxygène au niveau des tissus, l'oxyhémoglobine se retransforme en *hémoglobine réduite*.

Dans le sang artériel, 96% de l'hémoglobine est sous forme d'oxyhémoglobine et on dit que la saturation oxyhémoglobinée est de 96 %; par contre, dans le sang veineux, le pourcentage d'oxyhémoglobine n'est plus que de 60 %, 40 % d'hémoglobine étant sous forme d'hémoglobine réduite. La saturation oxyhémoglobinée du sang veineux n'est donc que de 60 %. Le but de la respiration et du passage du sang dans les poumons est de ramener cette saturation aux environs de 96 %.

En cas d'atteinte pulmonaire importante, ce rôle est mal rempli : une grande partie de l'hémoglobine réduite provenant de la périphérie n'est pas transformée en oxyhémoglobine au niveau des poumons et la saturation oxyhémoglobinée du sang artériel est inférieure à la normale, pouvant même tomber en-dessous de 80 %. Dans ces cas extrêmes, on voit ainsi apparaître une coloration bleue de la peau et plus encore des muqueuses (lèvres, conjonctives). On parle alors de cyanose. En effet, l'hémoglobine réduite a une teinte plus foncée que l'oxyhémoglobine. C'est pour cela que le sang veineux n'est pas d'un rouge rutilant comme le sang artériel.

Si les déficits importants de saturation apparaissent nettement à un simple examen clinique, l'existence d'un faible déficit de saturation en oxyhémoglobine (pourcentage de saturation en oxyhémoglobine inférieur à 95 %, mais supérieur à 85 %) peut échapper à l'œil médical le plus averti. Il est donc intéressant de mesurer la saturation en oxyhémoglobine du sang artériel.

Cette mesure peut se faire par voie sanglante, après ponction d'une artère. Un cm³ de sang recueilli à l'abri de l'air est introduit dans l'appareil de Van Slijke. L'addition de saponine dissout les globules rouges (hémolyse) et libère les gaz du sang (O₂, CO₂, N₂). Ceux-ci sont dosés de la même manière que les gaz de l'air. On connaît ainsi la quantité d'oxygène contenue dans un cm³ de sang. Un cm³ du sang artériel du même patient est ensuite agité en présence d'un excès d'oxygène, de manière à transformer toute l'hémoglobine en oxyhémoglobine. Une mesure à l'appareil de Van Slijke détermine la quantité d'oxygène correspondant à 100 % de saturation. Le rapport entre les résultats des deux mesures donne la saturation oxyhémoglobinée.

A cette méthode très précise, mais exigeant une ponction artérielle, on a récemment substitué pour l'usage courant la technique oxymétrique, moins précise, mais qui a l'avantage d'être absolument indolore pour le sujet à examiner. Elle est basée sur la différence entre les spectres d'absorption de l'hémoglobine réduite et de l'oxyhémoglobine dans le rouge et l'infra-rouge. L'oxymètre utilisé à l'Ins-

titut d'Hygiène des Mines comprend deux cellules photo-électriques, sensibles l'une dans le rouge et l'autre dans l'infra-rouge. Elles sont placées sur le lobule d'oreille, où une source de chaleur amène une dilatation vasculaire. Les variations de passage du courant dans les cellules photo-électriques sont enregistrées sur un galvanomètre, étalonné de façon à permettre la lecture directe de la saturation oxyhémoglobinée.

La mesure de la saturation oxyhémoglobinée du sang artériel constitue un élément important de l'examen fonctionnel pulmonaire : les poumons ont comme rôle essentiel de transformer l'hémoglobine réduite en oxyhémoglobine, l'examen du sang artériel permet d'apprécier l'efficacité de la fonction respiratoire.

Comme la question posée est généralement la capacité de travail d'un ouvrier, il est important de voir comment son organisme et particulièrement ses fonctions respiratoires et circulatoires se comportent au cours d'efforts dont l'intensité peut être dosée. D'où la nécessité d'adjoindre aux épreuves statiques, des *épreuves dynamiques*.

Dans ce but, l'Institut d'Hygiène des Mines a acquis une bicyclette ergométrique de Fleisch. Celle-ci est constituée essentiellement par un pédalier entraînant la poulie d'un frein de Prony. Le couple résistant est mesuré par des poids chargeant l'extrémité libre de la bande freinante, tandis que la vitesse est imposée au patient et vérifiée par un synchroniseur. Celui-ci comporte une tige filetée sur laquelle est engagé un écrou. Alors que la tige est entraînée par le pédalier, l'écrou est actionné par un moteur synchrone, l'une et l'autre des commandes comportant des mécanismes réducteurs par engrenages. Lorsque la vitesse du sujet correspond exactement au synchronisme du moteur, la position de l'écrou sur la tige filetée reste fixe ; comme l'écrou entraîne une aiguille, le synchronisme correspond à la position O de celle-ci ; les vitesses inférieures ou supérieures entraînent des déplacements de l'aiguille à droite ou à gauche du O. Les transmissions du synchroniseur permettent la réalisation de trois régimes de vitesse différents, soit de 30, 60 et 90 tours/minute du pédalier. Par ailleurs, les poids permettent de réaliser et de mesurer des puissances mécaniques variant depuis la marche à vide jusqu'à 150 Watts à 30 tours, 300 Watts à 60 tours et 450 Watts à 90 tours.

Pendant toute l'expérience, la puissance choisie reste rigoureusement constante à condition que le sujet maintienne le synchronisme imposé. Le mécanisme de frein comporte en effet un dispositif de compensation majorant l'arc embrassé par la bande freinante lorsque le coefficient de frottement diminue, et cela de telle façon que le produit des deux reste constant. La figure 3 représente ce dispositif. La personne entraîne par l'intermédiaire d'une multiplication la roue 3 dans le sens de la flèche. Cette roue 3 est solidaire de la grande roue 2. Les roues 3 et 2 tournent librement sur l'axe 1. La rotation de la roue 2 est freinée par la courroie 4 à la-

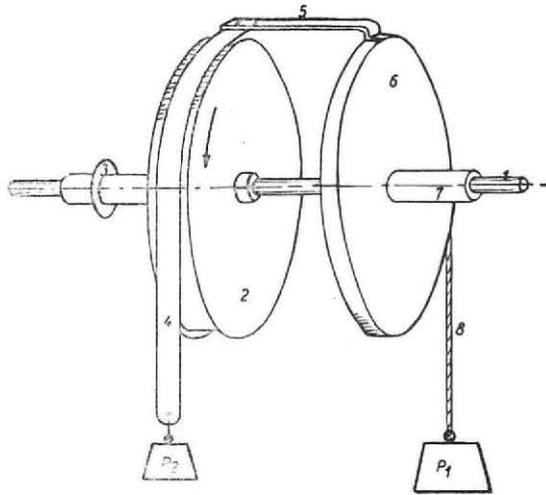


Fig. 5.

qu'elle est suspendu le poids P_2 . La partie supérieure de la courroie 4 est fixée au bras 5, lui-même solidaire de la roue 6. Cette roue 6 et son moyeu 7 reposent librement sur l'axe 1, grâce à un roulement à billes. Le poids P_1 et son câble 8 tendent à faire tourner la roue 6 et son bras 5 en sens contraire à celui de rotation de la roue 2. Si le poids P_1 s'abaisse, entraînant le bras 5, une plus grande longueur de la courroie 4 est appliquée sur la roue 2 de sorte que le frottement entre courroie 4 et roue 2 augmente. En revanche, l'abaissement du poids P_2 , consécutif à l'élévation de P_1 , diminuera la longueur de la courroie 4 appliquée sur la roue 2 et réduira ainsi le frottement. Si les valeurs des poids P_1 et P_2 sont appropriées, il s'établit un équilibre qui est régi par la loi suivante : $F = P_1 - P_2$, F étant la force de frottement. Si le coefficient de frottement change pour une raison quelconque, comme par exemple par échauffement, la position du bras 5 change automatiquement de telle façon que F reste toujours égal à $P_1 - P_2$. Par exemple, une diminution du coefficient de frottement entre la roue 2 et la courroie 4 provoque un déplacement du bras 5 en sens opposé à la rotation de la roue 2, et le frottement augmente à nouveau. Ce réglage automatique garantit le maintien constant du couple résistant.

La formule $F = P_1 - P_2$ ne tient pas compte des pertes de la transmission mécanique. En effet, même si les deux poids P_1 et P_2 sont égaux et que la courroie 4 ne frotte pas sur la roue 2, le sujet fournit quand même un certain travail dû aux pertes dans les transmissions. D'autre part, ces pertes augmentent avec la charge et avec la vitesse. Pour en tenir compte, l'appareil a fait l'objet d'un étalonnage au moyen d'un dynamomètre électrique. Comme les pertes à vide varient suivant la vitesse, on les compense par un choix approprié du poids P_1 . Le poids P_1 est établi, c'est-à-dire allégé, de manière à compenser les pertes à vide pour la grande vitesse de 90 tours/minute, mais il est trop léger pour les deux vitesses inférieures. Aussi, pour la vitesse de 60 tours/minute, faut-il alourdir P_1 en y ajou-

tant un disque qui porte l'indication « 60 tours » et qui représente la différence requise. Pour la petite vitesse de 30 tours/minute, on pose sur P_1 le disque marqué « 30 tours ». Grâce à ce système, on peut utiliser les mêmes poids pour les différentes vitesses.

D'autre part, de son voyage aux États-Unis, le Dr. Lavenne a rapporté l'idée d'un tapis-roulant et a collaboré à en établir les plans avec les ingénieurs de l'Institut d'Hygiène des Mines et un constructeur belge. Cet appareil, représenté schématiquement à la figure 4, est constitué par une courroie sans fin roulant sur deux tambours et dont le brin supérieur glisse, lorsque la machine fonctionne, sur un plancher poli. Le patient peut marcher sur le tapis mobile ainsi constitué tout en gardant une position fixe par rapport aux médecins qui l'observent. L'appareil dont l'entre-axe est de 5 m, est équipé d'une courroie d'un mètre de largeur. Par ailleurs, la commande comprend, entre le moteur électrique et le tambour moteur, un variateur de vitesse Hanrez-Kopp permettant des modifications continues de vitesse depuis 1 jusqu'à 10 km/h. Enfin, dans le but d'imposer au patient un travail plus important, tout en lui gardant une vitesse de marche limitée, le tapis peut prendre des inclinaisons variables jusqu'à 16°. De cette façon, on imite en laboratoire la marche en côte. La modification d'inclinaison est réalisée mécaniquement par un deuxième moteur et un mécanisme à vis.

La bicyclette ergométrique et le tapis-roulant ont tous deux leurs avantages et leurs indications.

La première permet d'évaluer l'effort en watts et de dépister les simulateurs grâce à certains artifices, notamment en faisant varier constamment l'effort demandé. Mais certains sujets rhumatisants ou peu habitués au vélo pédalent mal et ne fournissent pas un travail régulier. D'autre part, il est souvent difficile de faire comprendre aux ouvriers étrangers les modalités exigées par l'essai, surtout en ce qui concerne la cadence à maintenir.

Le tapis-roulant évite ces difficultés. Le travail peut, en effet, y être rendu aussi léger qu'on le désire et le sujet comprend facilement qu'il doit rester à la même place en dépit du déplacement du tapis.

Les déterminations physiologiques suivantes peuvent être réalisées au cours et à la suite de l'effort :

a) mesure des fréquences cardiaque et respiratoire;

b) détermination de la saturation oxyhémoglobinée à l'effort ;

L'oxymètre permet de suivre la saturation oxyhémoglobinée pendant toute la durée de l'effort. Chez un sujet normal, un travail même considérable ne diminue pas la saturation oxyhémoglobinée pendant toute la durée de l'effort. Par contre, chez les insuffisants respiratoires, on peut voir la saturation, encore normale au repos, diminuer à l'effort. Ceci indique que la ventilation, encore suffisante au repos, ne peut s'adapter au surcroît de consommation d'oxygène exigé par l'effort.

c) mesure de la consommation d'oxygène à l'effort;

c'est en fait l'impossibilité de charger le sang en oxygène qui limite l'effort chez l'insuffisant respiratoire. La capacité de travail d'un tel patient sera grossièrement parallèle à la quantité d'oxygène qu'il est capable de consommer par minute. Pour déterminer cette consommation maximum d'oxygène, on lui fait exécuter des efforts croissants et, au cours du travail maximum possible, on mesure la consommation d'oxygène de la façon suivante : le patient respirant de l'air atmosphérique, l'air expiré est recueilli durant une minute dans un sac de Douglas; le volume expiré est mesuré et un échantillon est analysé au point de vue teneur en oxygène, azote et anhydride carbonique. A l'Institut d'Hygiène des Mines, cette analyse se fait par la micromé-

Supérieur, portant le titre : « Le retentissement cardio-vasculaire de la silicose et de l'antraco-silicose. Contribution à l'étude du « Cor Pulmonale » (1).

Ce travail de 264 pages, avec 80 figures, constitue la synthèse des recherches cliniques, radiologiques, électrocardiographiques, physiologiques et anatomopathologiques effectuées par l'auteur à l'Institut d'Hygiène des Mines, dans le Service du Prof. P. Lambin à l'Université de Louvain, ainsi que dans divers centres de recherches français, britanniques et américains.

Dans ses conclusions (2), il insiste sur la fréquence de l'évolution de l'antraco-silicose vers la décompensation du ventricule droit. Il existe tous les types intermédiaires entre l'évolution vers l'insuffisance pulmonaire (asphyxie progressive) et l'in-

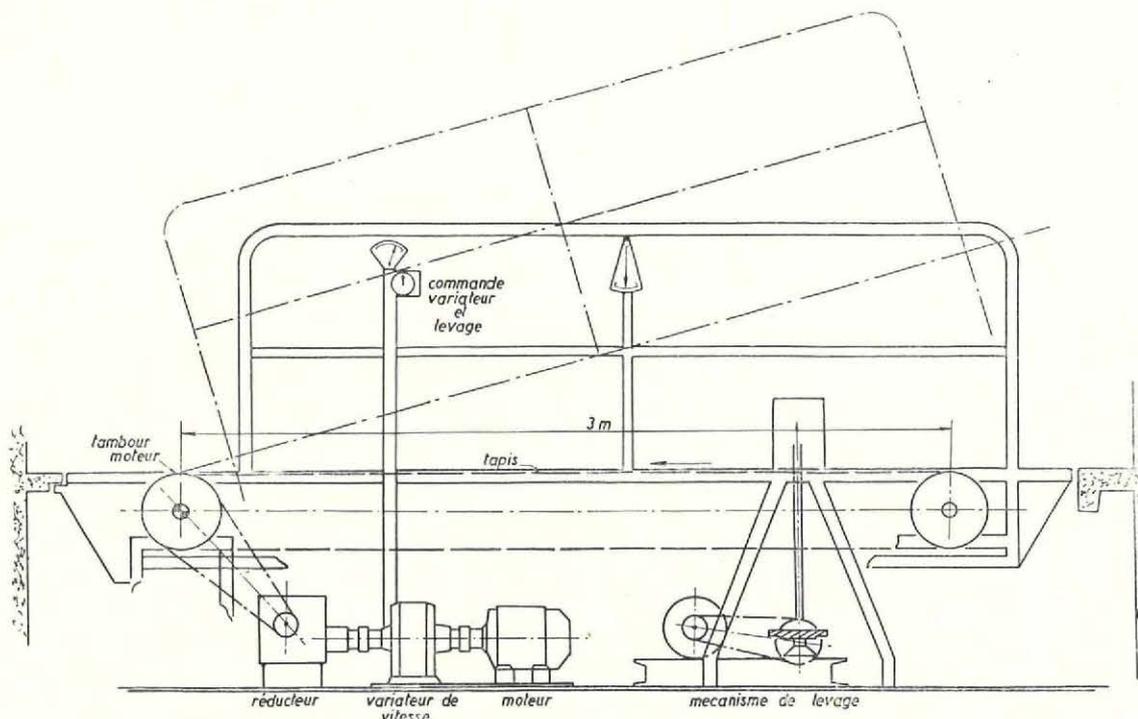


Fig. 4.

thode de Scholander (sur 0,5 cm³ de gaz), basée sur le même principe que la technique au Van Slijke : absorption du gaz CO₂ par la soude caustique et de l'oxygène par un réducteur (hydrosulfite de soude).

Il est certain que la mise en œuvre de ces différentes techniques physiologiques permet un examen plus précis de la fonction pulmonaire des pneumoconiotiques examinés à l'Institut d'Hygiène des Mines.

2. — Travaux et études scientifiques.

A. — Le retentissement cardio-vasculaire de l'antraco-silicose et son traitement.

Le 9 juin 1951, le Dr. F. Lavenne défendit, devant la Faculté de Médecine de l'Université de Louvain, une thèse, d'agrégation de l'Enseignement

suffisance cardiaque (œdèmes périphériques). Il en résulte que le traitement à instituer dépendra des particularités de chaque cas : oxygénothérapie quand l'insuffisance respiratoire est au premier plan, médication déplétive et tonicardiaque quand dominent les symptômes d'insuffisance cardiaque. L'auteur a d'ailleurs consacré un chapitre de 25 pages à l'important problème du traitement de l'antraco-silicose.

Il résulte également de ce travail qu'un diagnostic relativement précoce du retentissement cardiaque est possible chez les silicotiques et les antraco-silicotiques. Ce fait intéresse la médecine du travail à un double point de vue : d'une part, il justifie un examen périodique de la fonction cardiaque chez les pneumoconiotiques laissés à un travail lourd, afin d'en éliminer ceux qui montrent déjà des signes de surcharge ventriculaire droite; d'autre part, il

TABLEAU 1.

Résultats des prélèvements au précipitateur thermique.

Dates	14 février 1951					15 février 1951					16 février 1951					
	Aérage soufflant à sec					Aérage soufflant avec pulvérisateurs					Avec aérage aspirant					
Nature de l'essai	Heure *		Nombre de part/cm ³ d'air			Heure		Nombre de part/cm ³ d'air			Heure		Nombre de part/cm ³ d'air			
	Début	Fin	Total	> 1 μ **	1—0,5 μ	Début	Fin	Total	> 1 μ **	1—0,5 μ	Début	Fin	Total	> 1 μ **	1—0,5 μ	
Station I à 10 m des fronts	H+ 8	H+10	3.610	1.565	2.045	—	—	—	—	—	H+ 8	H+10	30.900	14.200	16.700	
	H+12	H+17	475	200	275	H+10	H+15	2.745	1.180	1.565	H+11	H+15	23.900	11.000	12.900	
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	H+16	H+19	11.700	6.050	5.650	
	H+21	H+28	580	195	185	—	—	—	—	—	H+21	H+23	7.010	3.830	3.180	
	H+31	H+40	835	395	440	H+22	H+46	730	355	375	H+29	H+33	2.440	1.460	980	
	H+43	H+51	1.160	515	645	—	—	—	—	—	H+36	H+48	1.000	505	495	
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Station II à 100 m des fronts	H—30	H—10	95	35	60	H—40	H—10	80	30	50	H—40	H—10	140	60	80	
	H+ 5	H+ 8	15.200	7.500	7.900	H+ 5	H+ 6	15.700	7.700	6.000	—	—	—	—	—	—
	H+10	H+13	27.600	14.200	13.400	H+ 9	H+11	45.400	22.200	23.200	—	—	—	—	—	—
	H+18	H+22	5.500	2.900	2.600	H+16	H+18	7.240	3.340	3.900	H+ 5	H+25	590	280	310	
	H+24	H+28	1.080	530	550	H+19	H+22	5.860	1.800	2.060	—	—	—	—	—	—
	H+32	H+37	340	170	170	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	H+39	H+49	640	325	315	H+29	H+51	665	310	355	H+30	H+45	860	415	445	

* H désigne l'heure de la mise à feu.

** Le nombre de particules de dimensions supérieures à cinq microns est, dans tous les cas, à peu près négligeable (moins de 1 % du nombre total).

constitue un élément dont il faut tenir compte pour l'estimation du taux d'invalidité.

B. — Examen radiographique et tomographique de l'artère pulmonaire dans l'anthraco-silicose.

L'installation tomographique de l'Institut d'Hygiène des Mines a été récemment complétée par un appareil de Vallebona permettant de réaliser des coupes pulmonaires, non seulement frontales, sagittales et obliques, mais également transversales (perpendiculaires au grand axe du corps). Cet appareil a permis d'étudier de façon plus approfondie la morphologie de l'arbre artériel pulmonaire dans

l'anthraco-silicose. Ces recherches ont montré que les artères pulmonaires des anthraco-silicotiques pseudotumoraux étaient de calibre normal, même au cours de la phase cardiaque de l'affection. On ne peut donc, comme l'ont fait certains auteurs, considérer la dilatation des artères pulmonaires comme un signe prémonitoire de retentissement cardiaque de l'anthraco-silicose (5).

Le résultat de ces recherches a été présenté au X^e Congrès International de Médecine du Travail tenu à Lisbonne (4), ainsi qu'au « Medizinische-Wissenschaftliche Arbeitstagung über Silikose » à Bochum.

II. — TRAVAUX DE LA SECTION TECHNIQUE

1. — Lutte contre les poussières.

A. — La lutte contre les poussières dans les travaux au rocher.

A l'occasion d'une série de mesures réalisées au cours du mois de mai 1950 dans un travers-bancs en creusement aux Charbonnages de Limbourg-Meuse, nous avons signalé les concentrations de poussières extrêmement élevées qui se produisent après le tir d'une importante volée de mines (5). De nouveaux essais ont été exécutés dans la même galerie (6) en vue de comparer deux méthodes d'élimination des poussières et fumées de tir :

- a) le renversement de la ventilation ;
- b) le maintien de l'aéragé soufflant et l'instal-

lation d'un rideau de pulvérisateurs pour abattre les poussières soulevées.

Les expériences ont eu lieu dans le 1^{er} bouveau nord à l'étage de 780 m. La section transversale de la galerie atteint 21 à 22 m² à front, 13,5 m² dans la partie revêtue de claveaux. Le forage des mines est réalisé le matin à l'aide de deux jumbos. Le minage a lieu vers la fin du 1^{er} poste et le pelletage des pierres abattues est effectué au 2^{me} poste au moyen d'une pelleteuse mécanique. La galerie est ventilée par une ligne de canars de 600 mm de diamètre et de 700 m de longueur, équipée de deux ventilateurs soufflants. Un troisième ventilateur disposé en sens inverse et un système de vannes et by-pass permettent de renverser l'aéra-

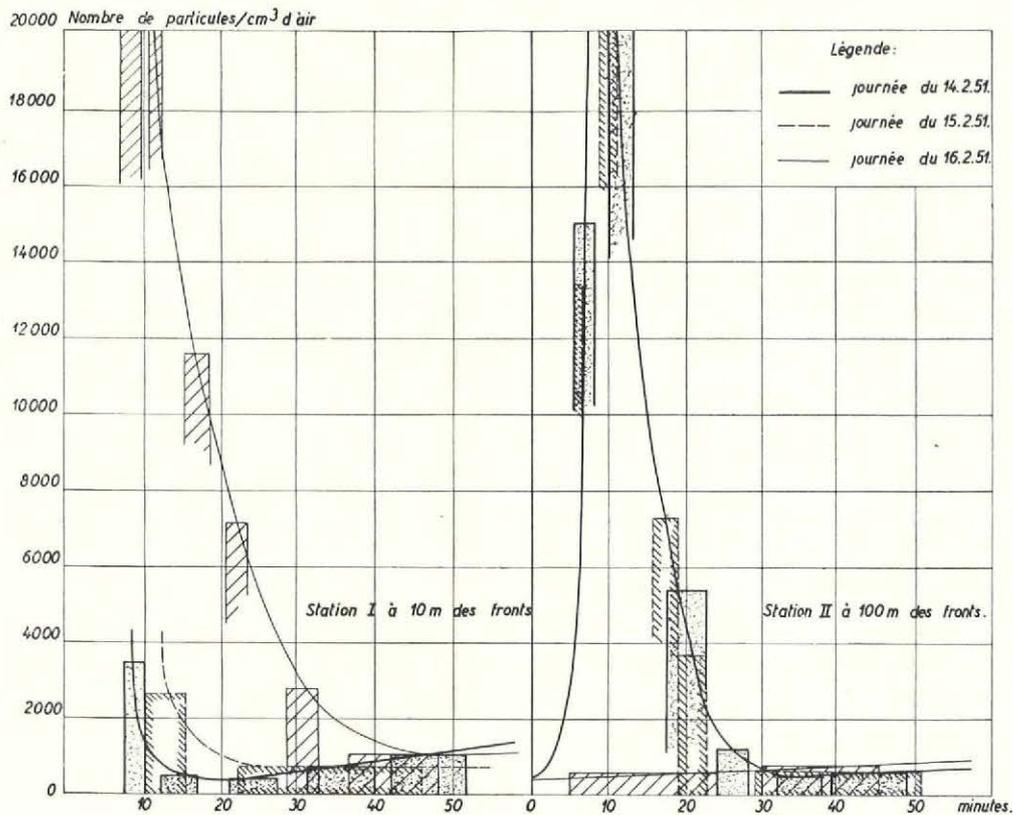


Fig. 5.

ge au moment des tirs. Les trois séances se sont déroulées dans des conditions aussi comparables que possible. Les quantités d'explosifs utilisées, les débits d'air et la consommation des pulvérisateurs sont restés constants. De plus, les terrains ayant une très faible inclinaison, ce sont pratiquement les mêmes bancs de roche (bancs alternés de schiste et de grès tendre) qui constituaient la devanture de voie, lors des trois essais.

La concentration des particules observées dans l'atmosphère est indiquée au tableau 1 et représentée graphiquement à la fig 5.

Au nombre de ces particules figurent les poussières minérales proprement dites et aussi une masse de très petits flocons de condensation, provenant de réactions chimiques consécutives à l'explosion. Dans le cas particulier observé, on peut considérer que l'atmosphère de la galerie au voisinage des fronts est entièrement assainie 15 minutes après le tir, dans le cas de l'aéragé soufflant, ou 15 minutes après le rétablissement de l'aéragé soufflant dans le cas où l'on procède à l'inversion de la ventilation,

dans les galeries de grande section, où la charge d'explosif utilisée est particulièrement élevée. L'emploi de pulvérisateurs présente d'ailleurs l'inconvénient d'humidifier abondamment l'atmosphère, ce qui constitue un vice rédhibitoire en mines chaudes.

b) L'aéragé soufflant sans inversion au moment des tirs paraît acceptable lorsque le boutefeu est seul à séjourner dans la voie. En effet, l'épuration de l'atmosphère au voisinage immédiat des fronts est très rapide; de plus, le bouchon de fumée est de longueur suffisamment réduite pour qu'on puisse le traverser en ne s'exposant que pendant un temps relativement court (de l'ordre de 2 minutes). La méthode doit être déconseillée chaque fois que du personnel est amené à stationner dans la galerie par où s'effectue le retour d'air, car par suite de la progression très lente du bouchon de fumée, le personnel est amené à séjourner dans les poussières pendant un temps qui atteint normalement 20 à 25 minutes et peut s'allonger davantage si la ventilation n'est pas particulièrement abondante.

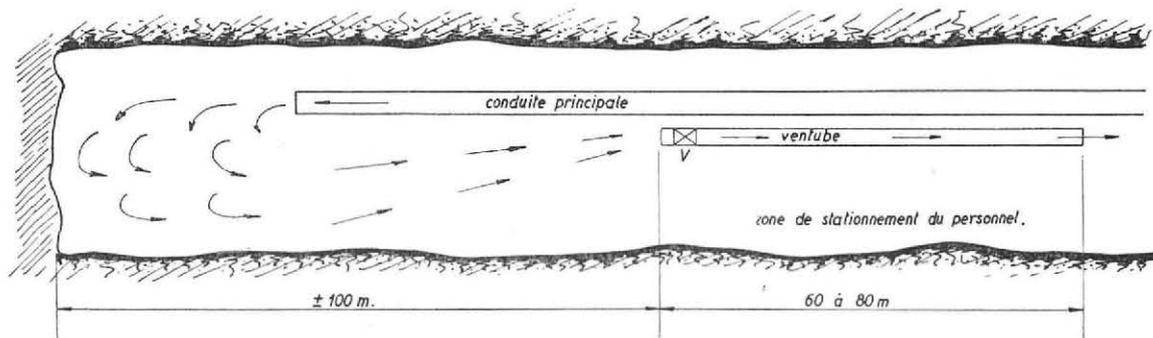


Fig. 6.

D'une façon générale, l'épuration de l'air peut être considérée comme complète lorsque la conduite a débité un volume 5 à 6 fois plus grand que celui du cul-de-sac situé en avant du débouché des canars.

Dans tous les cas, les teneurs en CO obtenues sont remarquablement faibles et ne dépassent normalement pas 0,02 %, c'est-à-dire une valeur qu'un homme au travail pourrait supporter pendant 8 heures. Dans l'ensemble, le risque d'intoxication par le CO est pratiquement inexistant, lorsqu'on tire à la dynamite et lorsque la ventilation de la galerie est assez largement conditionnée.

Les essais effectués en vue de comparer deux méthodes d'élimination des poussières et des fumées de tir amènent aux conclusions suivantes :

a) L'utilisation d'une batterie de pulvérisateurs pour l'abattement des fumées et des poussières s'est avérée fort peu efficace. Les résultats obtenus à l'étranger permettent de croire que l'amélioration serait beaucoup plus considérable si l'on pouvait raccourcir la distance séparant les pulvérisateurs du front au point que l'eau projetée vienne frapper la devanture de voie et le tas d'éboulis produit par le tir. Cette condition est difficilement réalisable

c) L'inversion de l'aéragé au moment des tirs constitue une méthode entièrement satisfaisante au point de vue du personnel qui stationne dans la galerie. Il convient cependant que le retour à front ne se fasse que 10 à 15 minutes après rétablissement de l'aéragé soufflant. D'autre part, le procédé entraîne quelques complications matérielles et il serait souhaitable que les constructeurs de ventilateurs se préoccupent de mettre sur le marché des appareils appropriés à l'inversion du courant d'air.

d) Le renversement de la ventilation ne constitue pas le seul moyen d'éviter que le personnel soit amené à séjourner dans les fumées et dans les poussières; il existe plusieurs dispositifs d'aéragé mixte, qui visent au même but. Leur emploi est limité par le fait que l'aéragé soufflant constitue le seul dispositif acceptable en mines profondes.

Dans les creusements de grande longueur, où l'inversion de la ventilation présente de réelles difficultés, (surtout s'il existe un assez grand nombre de ventilateurs en série) et où il n'est pas toujours possible de réaliser le tir en l'absence du personnel, on pourrait suggérer d'utiliser la disposition indiquée à la figure 6. L'aéragé principal resterait

soufflant pendant toute la durée des opérations, mais une conduite de retour de longueur limitée (60 ou 80 m) serait mise en service au moment du tir pour que le bouchon de fumée et de poussières puisse by-passer la zone dans laquelle séjourne le personnel. La conduite de retour devrait avoir un débit égal ou légèrement supérieur au débit d'air soufflé à front par la conduite principale. Comme elle resterait constamment à assez grande distance des fronts, on pourrait parfaitement la réaliser en toile caoutchoutée, ce qui aurait pour mérite de faciliter son avancement périodique.

B. — La lutte contre les poussières dans les chantiers d'abattage.

Des essais ont été réalisés aux Charbonnages André Dumont en vue de préciser le rendement de suppression des poussières, qui peut être atteint par l'emploi simultané de l'injection d'eau en veine et des marteaux à pulvérisation d'eau (7). Les résultats obtenus montrent que ces deux procédés sont susceptibles d'ajouter leurs effets et que leur utilisation systématique pourrait conduire à des rendements de suppression des poussières particulièrement élevés.

Les mesures ont eu lieu dans la taille n° 240 ouverte à l'étage de 920 m dans la veine H (dite aussi veine de 0,70 m). Elles ont comporté au total 8 journées d'essais au cours desquelles on a expérimenté quatre organisations types :

- a) travail à sec,
- b) abattage à l'aide de marteaux humides,
- c) abattage à sec après injection d'eau,
- d) abattage à l'aide de marteaux humides après injection d'eau.

Durant les essais, l'injection d'eau en veine a été pratiquée au poste du matin dans des trous de 2,30 m de profondeur à l'écartement moyen de 5 m. La pression d'injection atteint normalement 10 kg/cm². L'abattage est réalisé au marteau-piqueur durant le poste d'après-midi. Une courroie transporteuse chargée sur brin inférieur assure l'évacuation des produits. Les mêmes marteaux-piqueurs ont été utilisés pendant toute la durée de l'expérience pour l'abattage à sec aussi bien que pour l'abattage humide. Ces outils sont du dernier type de marteau à pulvérisation d'eau, mis en fabrication par les Ateliers de Constructions Mécaniques Armand Colinnet (Le Rœulx). Le dispositif de commande de l'adduction d'eau est le même que dans les modèles précédents, toutefois la pulvérisation est obtenue par un pulvérisateur centrifuge à ouverture réglable qui remplace le pulvérisateur mixte (eau et air) utilisé antérieurement.

Les mesures d'empoussièrement de l'air ont été réalisées suivant la technique habituelle en opérant dans la voie de retour d'air à une dizaine de mètres du front de taille. Deux appareils filtrants à dé de Soxhlet, un précipitateur thermique et un midget impinger ont été utilisés à cet effet. Les principaux résultats sont reportés aux tableaux 2 et 3.

Le résultat le plus marquant de l'expérience est l'accroissement d'efficacité obtenu par la superposition des deux méthodes de suppression de poussières. Des rendements de l'ordre de 75 à 80 % en poids ont été atteints, ce qui est assez remarquable pour une taille en plateau où la poussière provenant du transport des produits n'intervient que pour une faible part. Ces rendements ne constituent d'ailleurs aucunement des valeurs limites et il semblerait possible d'atteindre le chiffre de 85 %, moyennant une utilisation plus systématique des marteaux à pulvérisation d'eau.

Du point de vue climatique, l'utilisation des marteaux à pulvérisation d'eau paraît responsable d'une certaine augmentation de l'humidité de l'air qui se traduit par une hausse de l'ordre de 0,5 à 1°C au thermomètre humide. L'injection d'eau semble par contre n'avoir qu'une influence minime sur le climat.

L'injection agit essentiellement sur la poussière préexistante dans les clivages, alors que les marteaux humides interviennent pour rabattre les particules libérées par le dépeçage des blocs ; les deux méthodes ne font donc pas double emploi et leurs résultats sont susceptibles de s'additionner. Par ailleurs, l'efficacité de l'injection va en décroissant à mesure que l'abattage progresse en profondeur, la pénétration de l'eau dans les clivages étant de plus en plus réduite. L'inverse se produit pour l'emploi des marteaux à pulvérisation qui sont peu efficaces au début du poste lorsqu'il s'agit d'abattre un charbon déjà fortement disloqué par la pression des terrains, mais qui agissent de plus en plus à mesure que l'ouvrier s'enfonce davantage et rencontre un charbon plus dur et plus compact. Le dernier argument en faveur de la superposition des deux méthodes, est la combinaison de leur action pour réduire l'effet des déficiences qui peuvent survenir au cours de l'application de chacune d'entre elles. A ce point de vue, les deux procédés se complètent particulièrement bien du fait que leur application est confiée à des équipes différentes, dont l'une travaille au poste de préparation et l'autre au poste d'abattage.

C. — Aérosologie.

Au cours des dernières années, d'importants travaux de recherche ont été accomplis dans les laboratoires de l'U.S. Public Health Service, en vue de mettre en évidence l'influence des aérosols d'eau, éventuellement additionnée de sel ou eosine, sur l'agglomération et la précipitation des très fines poussières atmosphériques. La technique de ces essais a été décrite dans différents mémoires du Prof. Dautrebande et de ses collaborateurs américains. Les principaux résultats obtenus peuvent être résumés comme suit :

- a) Il est possible de réaliser des aérosols d'eau ou de solutions aqueuses en gouttelettes de très petit diamètre (de l'ordre de 0,5 μ) à l'aide de générateurs appropriés comportant un dispositif de pulvérisation mixte (eau + air comprimé) et un certain

TABLEAU 2.

Dosage des poussières par filtration.

Station de prélèvement : voie de retour d'air, à 10 m de la tête de taille.

Vitesse d'aspiration : environ 25 litres par minute.

Conditions de l'essai	A sec		Marteaux humides		Injection en veine		Marteaux humides et injection	
	17.5	31.3	16.3	30.3	20.3	23.3	21.5	22.3
Dates								
Teneurs en poussières (mg/m ³ d'air)								
1 ^{er} appareil	734	448	342	400	351	228	137	168
2 ^{me} appareil	742	464	326	384	—	218	129	182
Moyenne	738	456	334	392	351	223	133	175
Teneurs en cendres des poussières recueillies (%)	17,2	14,9	13,0	15,9	16,3	14,9	12,7	14,2
Teneurs en poussières (mg/m ³ d'air) rapportées à une production uniforme de 300 t/poste	804	500	334	403	310	252	127	154
Rendement de suppression des poussières (en % de la teneur moyenne obtenue à sec)								
résultats journaliers	—	—	49	38	52	64	80	76
moyenne des deux jours		—	44		58		78	

TABLEAU 3.

Dosage des poussières au précipitateur thermique.

Station de prélèvement : voie de retour d'air, à 10 m des fronts

Vitesse d'aspiration : environ 5 cm³ par minuteVolume aspiré : 10 cm³

Conditions de l'essai	A sec		Marteaux humides		Injection en veine		Marteaux humides et injection	
Dates	17.3	31.3	16.3	30.3	20.3	23.3	21.3	22.5
<i>Concentrations obtenues</i> (nombre de particules par cm ³ d'air)								
1 ^{er} prélèvement	3.545	2.900	3.545	2.300	2.120	1.730	940	1.290
2 ^{me} prélèvement	5.285	2.970	2.785	—	2.605	1.770	1.240	1.515
3 ^{me} prélèvement	3.520	3.225	1.745	—	2.275	2.370	1.555	2.020
4 ^{me} prélèvement	2.325	3.500	2.600	—	2.600	1.495	1.400	1.585
Moyenne	3.670	3.150	2.670	2.300	2.400	1.840	1.235	1.600
<i>Granulométrie moyenne</i> (nombre de particules par cm ³ d'air)								
> 5μ	180	80	95	70	170	70	70	60
5 — 1μ	2.750	2.175	1.775	1.495	1.615	1.190	875	1.155
1 — 0,5μ	740	895	800	735	615	580	290	385
Total (> 0,5μ)	3.670	3.150	2.670	2.300	2.400	1.840	1.235	1.600
Concentrations moyennes rapportées à une production uniforme de 300 t/poste	4.000	3.450	2.670	2.360	2.120	1.920	1.180	1.410
Rendement de suppression des poussières (en % de la concentration moyenne obtenue à sec).								
résultats journaliers	—	—	28	37	43	48	68	62
moyenne des deux jours		—		33		46		65

TABLEAU 4.

Résultats moyens des mesures au tyndallomètre.

Les chiffres correspondent au rapport de l'intensité de la lumière diffusée transversalement par les poussières et les gouttelettes en suspension dans l'air à une intensité étalon prise pour unité.

Mesures au tyndallomètre	30-5-50	9-5-50	28-6-50	15-9-50	Moyenne
A. Avant mise en marche des aérosolateurs	0,050	0,01	0,04	0,02	0,025
B. Après mise en marche des aérosolateurs					
1. Côté « avec aérosols »	1,79	1,29	0,73	2,24	1,51
2. Côté « sans aérosols »	0,20	0,36	0,09	0,42	0,27
C. Après mise en marche des aérosolateurs et de l'appareil d'empoussiéragé					
1. Côté « avec aérosols »	2,89	2,12	2,20	2,88	2,52
2. Côté « sans aérosols »	1,46	1,65	1,71	1,47	1,57
D. Accroissement d'intensité correspondant à la mise en marche des aérosolateurs					
1. Côté « avec aérosols » $B_1 - A$	1,76	1,28	0,69	2,22	1,48
2. Côté « sans aérosols » $B_2 - A$	0,17	0,35	0,05	0,40	0,24
E. Accroissement d'intensité correspondant à la mise en marche de l'appareil d'empoussiéragé					
1. Côté « avec aérosols » $C_1 - B_1$	1,10	0,83	1,62	0,64	1,01
2. Côté « sans aérosols » $C_2 - B_2$	1,26	1,29	1,47	1,05	1,30

nombre d'écrans liquides fortement turbulents, qui arrêtent la plus grande partie des gouttelettes dont les dimensions dépassent un micron.

b) Répandus dans l'atmosphère, ces aérosols y constituent un très léger brouillard dont les gouttelettes peuvent subsister pendant des heures en ne donnant lieu qu'à une faible coalescence et à une évaporation pratiquement nulle.

c) Lorsque l'air est chargé de poussières fines ($< 1\mu$), on observe une augmentation du diamètre moyen de ces particules qui sont rapidement recouvertes par une pellicule d'eau; de plus, on constate une tendance à la formation d'agrégats dont les dimensions vont en augmentant avec le temps.

d) Des essais comparatifs réalisés sur des lapins soumis au même empoussiéage, avec et sans aérosols, ont montré que les aérosols d'eau réduisaient très sensiblement la quantité de poussière fine susceptible d'atteindre les alvéoles pulmonaires. Au cours de ces essais, les lapins étaient placés dans des cages de 280 litres de capacité, parcourues par un débit d'air poussiéreux de l'ordre de 60 litres/minute. L'interaction des poussières et des aérosols pouvait donc se produire pendant une durée moyenne de l'ordre de 4 à 5 minutes.

e) Les essais ont été répétés avec des aérosols de chlorure de sodium en solution aqueuse (5 à 10 %) et les résultats s'en sont trouvés améliorés, la dimension des agrégats obtenus s'accroissant avec la concentration en sel.

L'ensemble de ces données conduit à proposer l'utilisation d'aérosols d'eau salée comme moyen de lutte contre les poussières très fines en vue de compléter et d'améliorer l'effet des méthodes humides d'usage courant. A cet égard, des expériences ont été réalisées par l'Institut d'Hygiène des Mines, en collaboration avec les Charbonnages de Patience et Beaujonc et de la S. A. Euratmos, dans les travaux souterrains du siège « Bure-aux-Femmes » (8). En vue d'apprécier la diminution éventuelle du risque pneumoconiotique qui pourrait être obtenu par l'émission d'aérosols dans une taille en exploitation, deux groupes de lapins ont été placés dans le retour d'air d'un chantier d'abattage, le second groupe étant soumis à l'action continue de générateurs d'aérosols disposés à 20 ou 30 mètres en amont des animaux. Un lot de 5 lapins a été maintenu en surface pour permettre la comparaison.

Au départ, les essais étaient prévus pour une durée de 10 à 11 mois, correspondant à la période d'activité de la taille. Cependant, les animaux sacrifiés durant ce laps de temps ne présentaient qu'un empoussiéage encore très réduit. C'est pourquoi il a été décidé de poursuivre l'expérience en recourant à un empoussiéage artificiel plus intense. La teneur en poussière de l'atmosphère à l'emplacement des cages à lapins a été contrôlée à intervalles de 5 à 6 semaines par des mesures réalisées au dé de Soxhlet (appareil filtrant), au précipitateur thermique et au tyndallomètre de Leitz.

D'après des mesures réalisées à deux reprises

avec une solution d'éosine très concentrée, ce qui a permis la numération des gouttelettes, il est permis de croire que la concentration des gouttelettes a pu atteindre 50 à 60.000 unités par cm^3 d'air. Par ces essais réalisés avec aérosols colorés, on a pu remarquer l'enrobage d'un grand nombre de particules fines (environ 50 %) par une pellicule de liquide. Il semble cependant que cet enrobage n'ait affecté que des particules de dimensions inférieures à 1 micron et assez exceptionnellement des particules de l'ordre de 1 à 2 microns. D'autre part, nous n'avons observé qu'un très petit nombre de chapelets de poussières et d'aérosols et leurs dimensions restaient généralement très inférieures à 5 microns. Ces diverses constatations portent à croire que le temps de contact entre les aérosols et l'air poussiéreux, depuis les générateurs d'aérosols jusqu'aux cages à lapins, était trop court pour permettre la formation d'agrégats en nombre appréciable; ce temps était également beaucoup trop réduit pour que l'on pût escompter une décantation marquée des poussières alourdies par leur enrobage liquide.

Les mesures réalisées au tyndallomètre sont résumées au tableau 4. Ces chiffres appellent quelques commentaires :

a) La mise en marche des aérosolateurs s'accompagne d'une augmentation de l'intensité lumineuse, non seulement dans la zone dite « avec aérosols », mais aussi de l'autre côté de la cloison; ceci indique qu'en dépit des précautions prises, il n'a pas été possible d'empêcher entièrement le passage de l'air et d'aérosols à travers la cloison. La quantité d'aérosols est cependant très différente de part et d'autre puisque, en moyenne, l'augmentation d'intensité lumineuse n'atteint que 0,24 du côté « sans aérosols », alors qu'elle est de 1,48 du côté « avec aérosols ».

b) L'augmentation d'intensité lumineuse au moment de la mise en marche de l'appareil d'empoussiéage est sensiblement moindre du côté « avec aérosols » que du côté opposé. Si l'on admet que l'intensité lumineuse varie en raison directe de la surface des particules présentes dans l'atmosphère, cela porte à croire que la surface totale « poussières plus aérosols » est sensiblement moindre que la somme des deux surfaces « poussières » et « aérosols » prises séparément. Ceci confirmerait la tendance à la coalescence des mélanges de poussières et de gouttelettes, tendance qui est mise en évidence par ailleurs, grâce aux observations faites au précipitateur thermique.

c) En moyenne, l'augmentation d'intensité lumineuse, lors de la mise en marche des aérosolateurs, est du même ordre de grandeur que l'augmentation obtenue au démarrage de l'appareil d'empoussiéage. Si l'on admet que la réflectivité du schiste est du même ordre que celle de l'eau, on peut en conclure que la surface totale des gouttelettes obtenues dans un cm^3 d'air est assez voisine de la surface totale des particules de poussières qui s'y trouvent.

Sans entrer dans le détail des examens réalisés dans les laboratoires d'anatomie pathologique de

l'Université de Liège, nous reproduisons, ci-dessous, les principales conclusions du rapport signé par le Prof. J. Firket et par le Dr. Delvoye :

« L'objectif qui avait été recherché lorsque l'expérience fut arrêtée, n'a pas été atteint.

» On ne peut affirmer que les sujets d'expérience qui furent soumis à des périodes variables de 6 mois, 11 mois et 27 mois à des atmosphères empoussiérées, siliceuses ou non, aient notablement bénéficié de l'addition aux courants d'air empuissérés de l'aérosol expérimenté.

» Il y a pourtant dès les premiers stades, et à un moindre degré dans les derniers stades, une impression pour certains sujets, d'une part d'une moindre tendance à l'agglomération en nodules des cellules à poussières chargées de particules charbonneuses; d'autre part, une moindre extension des nodules fibro-dégénératifs à origine siliceuse.

» Mais s'il y a à ce point de vue, et chez certains sujets seulement, une légère différence, on ne peut dire que la marche générale de l'affection en ait été retardée ou enravée ».

Les résultats des dosages de l'humidité dans une série d'échantillons de poussières fines recueillies sur le garnissage des parois latérales de la galerie à l'amont et à l'aval des aérosolateurs, ont montré que la présence d'aérosols a pour effet d'augmenter très considérablement l'humidité des dépôts; leur aspect physique s'en trouve fortement modifié et on a pu constater une tendance à l'accumulation des poussières en couches très épaisses dans toute la demi-galerie parcourue par les aérosols, alors que dans l'autre demi-galerie les dépôts de poussières sèches étaient aisément remis en suspension dans le courant d'air et de ce fait n'atteignaient qu'une épaisseur fort limitée. Par endroits, l'épaisseur du dépôt s'est accrue jusqu'à former un amas compact et d'apparence plastique, dont la hauteur a atteint 20 à 30 cm. Rien de comparable n'a été observé du côté sans aérosols.

Comme conclusions, l'emploi d'aérosols peut être proposé dans trois éventualités :

- pour accélérer la sédimentation des particules de poussières soulevées dans les puits et dans les accrochages d'entrée d'air afin qu'elles ne se superposent pas aux poussières produites dans les chantiers d'abatage ;
- pour hâter le dépôt des particules fines soulevées en taille ou dans les galeries en creusement, en vue de réduire l'empoussièrement des retours d'air principaux ;
- pour activer la décantation des poussières dans des locaux de surface où le renouvellement d'air est relativement faible.

Enfin, dans le domaine de la prévention des coups de poussières, il semble que l'utilisation d'aérosols à forte teneur en chlorure sodique puisse conduire à une humidification permanente des dépôts de poussières charbonneuses qui se forment sur le sol et sur les boisages des retours d'air

et, de ce fait, réduire ou supprimer leur aptitude à l'inflammation. Des essais systématiques devraient être entrepris pour juger des possibilités éventuelles de cette méthode qui pourrait avoir pour corollaire la réduction des quantités de poussières introduites dans la mine en vue de la schistification des voies.

D. — Travaux de laboratoire et applications pratiques.

Pour diminuer la quantité de poussière soulevée dans les travaux souterrains, les opérations à sec ont été remplacées avec succès par des méthodes humides telles que l'injection d'eau en veine, le lavage humide, le forage à l'eau, l'arrosage, etc. Cependant, certaines poussières se mouillent difficilement. Par ailleurs, il est avantageux de réduire au minimum la quantité d'eau utilisée, autant pour faciliter le traitement du charbon en surface que pour éviter divers inconvénients en taille. C'est pourquoi on a tenté d'améliorer le contact poussière-eau en incorporant un agent mouillant à l'eau utilisée (9).

Les agents mouillants ou détergents sont des substances chimiques à molécules polaires dont une extrémité est soluble dans l'eau (pôle hydrophile) et l'autre pas (pôle hydrophobe). Les côtés hydrophobes sont constitués par des radicaux d'hydrocarbures à chaîne annulaire (aromatique), droite (aliphatique) ou mixte, tandis que les principaux radicaux hydrophiles sont les groupes —OH, —COOH, —SO₂Cl, —SO₃H, —SO₃Na. A cause des propriétés opposées de leurs extrémités, de telles molécules ont tendance à orienter leur groupe vers des milieux différents chaque fois que les conditions le permettent. C'est pourquoi elles s'accumulent à la surface de séparation de deux phases, eau-air par exemple, le pôle hydrophobe s'éloignant de l'eau le plus possible.

La tension superficielle de telles solutions diminue avec les concentrations croissantes en agent mouillant jusqu'à une valeur minimum qui dépend de la nature du produit utilisé. La tension superficielle n'a cependant qu'une valeur indicative, car la théorie et la pratique montrent que le pouvoir mouillant n'est pas uniquement fonction de cette grandeur. La nature et l'état de la surface à mouiller jouent un rôle. C'est pourquoi on a cherché à mesurer par des méthodes empiriques, plus directes, l'efficacité des solutions sur les substances à mouiller. Aussi, pour rechercher les concentrations optima de divers agents mouillants utilisables dans la lutte contre les poussières, l'Institut d'Hygiène des Mines a-t-il régulièrement recours à la mesure, dans des conditions déterminées, de la vitesse d'immersion des poussières (poids de poussières immergées par seconde). Il apparaît qu'un abaissement de la tension superficielle en dessous de 35 à 36 dynes/cm soit une condition nécessaire mais pas toujours suffisante, car la nature du produit a une influence certaine sur l'achèvement et la rapidité du mouillage.

Cependant, ces méthodes de laboratoire ne correspondent pas aux conditions pratiques de la mine.

TABLEAU 5.

Dosage des poussières au midjet impinger.

Station de prélèvement : axe de la voie de retour d'air à 10 m de la tête de taille.

Vitesse d'aspiration : environ 5 litres par minute.

Durée de chaque prélèvement : 8 minutes.

Conditions de l'essai	Injection d'eau			Eau + Tensiofix			Essai à sec					
	24.5	25.5	26.5	Moy.	30.5	31.5	1.6	Moy.	6.6	7.6	8.6	Moy.
Nombre de particules par cm³ :												
1 ^{er} prélèvement	3.160	2.486	3.105		1.955*	2.505	2.575		4.580	4.010	4.940	
2 nd prélèvement	2.005*	1.052**	2.762		2.525	3.300	2.585		4.225	4.780	5.560	
3 ^{me} prélèvement	3.570	2.570	3.240		2.642	2.760	2.260		4.755	1.945*	5.550	
4 ^{me} prélèvement	3.980	2.520	3.020		3.045	2.455	2.580		4.040	5.745	4.550	
Moyenne	3.180	2.592	3.050	2.867	2.556	2.772	2.400	2.569	4.620	4.120	4.995	4.578
Rendement de suppression des poussières par rapport au travail à sec				57 %				44 %				

* Convoyeur arrêté.

** Prélèvement effectué à 11 heures, alors qu'une partie des ouvriers avaient déjà interrompu le travail. Cette mesure a donc été éliminée de la moyenne.

C'est pourquoi il a paru nécessaire d'entreprendre des expériences à l'échelle industrielle (10).

L'injection d'eau additionnée d'agent mouillant ne semble pas produire d'amélioration considérable dans la teneur en poussières (10 à 15 %). Outre un effet d'imprégnation plus durable, leur avantage principal semble résider dans la diminution de la quantité de liquide à employer et surtout dans l'abaissement (50 à 60 %) de la pression nécessaire à l'injection en veine. Dans ce domaine, les conclusions des études étrangères ont été corroborées par les résultats des essais organisés par l'Institut d'Hygiène des Mines au siège Grand-Trait des Charbonnages Belges à Frameries.

Ces essais ont comporté trois séries de prélèvements de poussières ayant pour but de comparer l'empoussiérage de l'atmosphère d'un chantier sans injection d'eau en veine, avec injection d'eau seule et avec injection d'eau additionnée d'agent mouillant. Les mesures ont été effectuées dans le chantier « Mille mètres Est » exploité en veine 3 entre les étages de 950 et 870 m. La taille, longue de 150 m et inclinée de 8 à 14° vers le sud, avait une ouverture moyenne de 1,10 m. Tous les prélèvements de poussières ont été faits au poste du matin, pendant l'abattage, à une dizaine de mètres du front de taille, dans l'axe de la galerie de retour d'air. Les quantités d'eau injectées ont été jaugées à la bêche. L'agent mouillant, additionné à raison d'un gramme par litre d'eau, était le Tensiofix NP 77 ou Dumacène NP 77 fabriqué par la Société Carbochimique de Terre. Chaque expérience a été étalée sur 3 jours, durée moyenne du cycle au cours duquel le front progresse de deux havées. De même, les trois essais ont été espacés d'une semaine pour assurer l'uniformisation des conditions initiales dans toute la taille.

Les résultats des mesures effectuées au midjet impinger sont consignés au tableau 5.

Les comptages ont révélé des rendements de suppression de poussières de 57 % avec injection d'eau seule, 44 % avec addition de Tensiofix NP 77. Ces résultats sont inférieurs à ce que l'on aurait pu attendre. D'une part, les effets de l'injection ont été partiellement masqués par le dégagement de poussières rocheuses au coupage de la voie de tête. D'autre part, en raison du rythme de progression du front, le charbon n'a généralement été abattu que plus de 24 heures après l'injection.

Les essais de l'Institut d'Hygiène des Mines et ceux que rapporte la littérature technique montrent que l'addition d'agent mouillant à l'eau est susceptible d'améliorer l'injection en veine et d'en prolonger les effets, lorsque l'abattage est différé. Plutôt qu'un accroissement spectaculaire de rendement, il faut en attendre une meilleure pénétration de l'eau et un mouillage plus constant, indépendants du soin de l'opérateur. A quantités de liquides égales, le havage avec mouillant diminue de moitié la teneur pondérale en poussière enregistrée avec l'eau seule. Pour un même empoussiérage, on peut utiliser de 2 à 10 fois moins de solution. L'amélioration durant les opérations de chargement est moins certaine; quant au forage en roche, une amélioration de 50 % a pu être obtenue avec des concentrations relativement faibles de produits actifs. De plus, les expériences de havage et de forage à

la mousse ont donné des améliorations remarquables avec une consommation très faible de liquide. Les résultats paraissent du même ordre que ceux que l'on peut obtenir avec le forage humide. Enfin, l'emploi d'agents mouillants dans la consolidation des voies semble utile, particulièrement lors des premiers traitements.

En opposition avec cette série d'essais positifs, des expériences allemandes ont donné des résultats nuls ou négatifs. Les auteurs reconnaissent la valeur des produits en laboratoire et attribuent l'échec en chantier à la formation facile de mousse dans les conduites ou à la sortie des appareils. Ce phénomène rendrait le liquide moins actif dans tous les cas. Les poussières sèches, simplement emprisonnées momentanément dans les sphérules, constitueraient même une augmentation du danger de silicose par suite de leur transportabilité accrue.

En résumé, le forage en roche mis à part, il ne semble pas que les agents mouillants puissent réduire notablement les teneurs en poussières produites par les méthodes humides habituelles. Ils paraissent surtout s'indiquer dans les cas particuliers d'injections difficiles ou dangereuses, lorsque l'on veut réduire la quantité de liquide d'arrosage ou lorsqu'il s'agit de poussières particulièrement difficiles à mouiller. Les résultats, parfois assez peu comparables, obtenus par divers expérimentateurs, s'expliquent vraisemblablement par la nature et les propriétés différentes des poussières à mouiller et des produits chimiques employés, particulièrement dans le cas du travail à la mousse où la rigidité des bulles formées pourrait avoir une grande importance.

2. — La climatisation des mines profondes.

A. — Recherches dans le domaine de la ventilation.

On sait que le débit d'air de ventilation d'une taille a une influence considérable sur le climat qui s'y établit. Dans de nombreux cas, l'accroissement de ce débit peut améliorer les conditions climatiques du chantier. Ce fait peut être mis en évidence par un diagramme donnant des indications d'une façon relativement approchée et basé sur quelques considérations simples (11).

Supposons que l'air entre dans la taille, saturé de vapeur d'eau à la température t (température humide la même que la température sèche), et qu'il en sorte toujours à l'état de saturation, à la température de 50°C . Si l'on représente dans un diagramme (fig. 7) la chaleur évacuée par l'air (en kcal/h) en fonction du débit (kg/sec), on obtient évidemment une droite, dont le coefficient angulaire est proportionnel au nombre de kcal emportées par chaque kg d'air. La température à la sortie restant 50°C , le coefficient angulaire augmentera lorsque la température t diminue. Pour différentes valeurs de t , on obtient ainsi différentes droites constituant un faisceau ayant l'origine des coordonnées comme sommet.

Un certain nombre de ces droites sont représentées dans la figure. Supposons, d'autre part, que la production de charbon de la taille soit P (par exemple 200 t/poste). Pour une telle production, la surface de charbon et de roche fraîchement mise en

contact avec l'air par heure et dont la température T est supérieure à celle t de l'air, présente en moyenne une valeur fixe S . La chaleur transmise par cette surface au courant d'air est d'ailleurs proportionnelle à S et à l'écart de température entre T et la moyenne $0,5(t + 50)$. Pour une production P donnée et pour chaque valeur de t , on peut dès lors calculer le nombre de kcal/h dégagées par l'exploitation. Si l'on marque sur chacune des droites t du diagramme le point correspondant à cette action calorifique, on trouve une courbe à allure hyperbolique montrant qu'un abaissement de la température t exaspère en fait le dégagement calorifique dans la taille. A différents valeurs de S et donc des courbes différentes. Un certain nombre de celles-ci ont été représentées également dans le diagramme de la figure 7.

Au moyen de ce diagramme, les problèmes des influences simultanées des trois facteurs, produc-

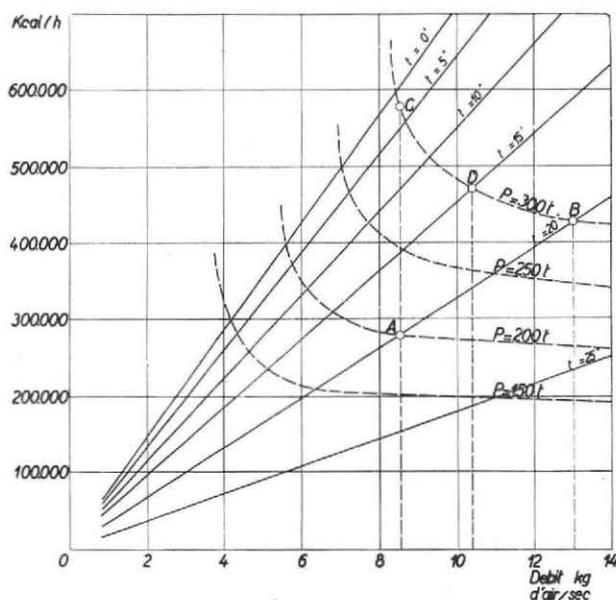


Fig. 7.

tion P , température à l'entrée de la taille t et débit d'air, se résolvent très aisément. Supposons par exemple qu'une taille déterminée produise 200 t/poste et que l'air de ventilation y entre à l'état saturé à une température $t = 20^{\circ}\text{C}$. Pour qu'à la sortie la température de l'air supposé saturé ne dépasse pas 50°C , il faut qu'il y circule à raison de 8,6 kg/sec, comme le montre l'abscisse du point A. Si l'on veut dans la même taille pousser la production jusqu'à 300 t/poste, sans modifier l'état de l'air ni à l'entrée, ni à la sortie, en conservant donc les mêmes conditions climatiques, le débit d'air doit augmenter jusqu'à 13 kg/sec, comme l'indique l'abscisse du point B. On pourrait conserver le débit d'air initial; mais si l'on ne désire pas qu'à la sortie de la taille l'état de saturation à 50°C soit dépassé, on devra refroidir l'air à l'entrée jusqu'à la température de 5°C , qui est la valeur de t de la droite du diagramme passant par le point C. Enfin, on aurait pu maintenir à la sortie de la taille l'état de l'air à 50°C saturé en modifiant à la fois la température à l'entrée, par exemple en l'abaissant jus-

qu'à 15°C, et le débit en l'amenant jusqu'à 10,4 kg/sec, valeurs qui auraient été données par le point D du diagramme. Des raisonnements de ce genre permettent de conclure que, pour une production donnée, le problème climatique peut être résolu, soit par une augmentation de la ventilation, soit par un abaissement artificiel de la température de l'air à l'entrée de la taille, soit par les deux moyens conjugués.

C'est évidemment par la ventilation que l'on essaiera tout d'abord d'agir. Le diagramme montre du reste que, par suite de l'allure hyperbolique des courbes P, la réfrigération de l'air avant son entrée dans le chantier ne devient pratiquement réalisable et utile qu'avec des débits d'air abondants. Encore faut-il que la résistance aérodynamique des puits et des circuits imposés au courant d'air permette l'accroissement du débit de ventilation sans que la consommation d'énergie correspondante ne devienne exagérée.

Des essais ont été faits par l'Institut d'Hygiène des Mines dans le but d'établir l'influence de l'équipement d'un puits sur les pertes de charges inhérentes au courant d'air, et de découvrir quelles dispositions peuvent réduire ces pertes au minimum. Les résultats de cette recherche ont été publiés dans l'article rapportant, dans cette revue, les travaux effectués par l'Institut au cours de l'année 1950 (5). Cependant, comme nos recherches antérieures avaient été faites à échelle réduite sur maquette, il nous a paru opportun de compléter ce travail par un essai direct sur un puits existant afin de vérifier l'ordre de grandeur des coefficients précédemment obtenus. Ces essais furent effectués aux Charbonnages du Bois-du-Cazier avec l'accord de M. Cappellen, Directeur-Gérant, et avec la collaboration de M. De Thaye, Ingénieur en Chef-Directeur (12).

Les deux puits de ce charbonnage, de section circulaire, revêtus de maçonnerie de briques, comportent un équipement conforme à la figure 8, l'espacement des traverses de guidonnage étant de 1,45 m. La ventilation du siège est assurée par un ventilateur de surface, capable d'un débit de 55 m³/sec sous une dépression de 700 mm d'eau, et par deux ventilateurs auxiliaires installés au fond.

Les mesures ont eu lieu dans les tronçons de puits situés entre les niveaux 410 et 665 m (longueur 175 m), pour trois régimes d'écoulement différents :

- a) à débit maximum correspondant au fonctionnement (essai n° D);
- b) à débit réduit correspondant au fonctionnement du ventilateur de surface seul (essai n° II);
- c) à débit minimum, tous les ventilateurs étant arrêtés et la ventilation se faisant uniquement par aérage naturel (essai n° III).

Comme procédé de mesure se présentaient la méthode barométrique, la méthode des deux puits et la méthode du tuyau métallique. Seules les deux dernières ont été retenues comme pouvant donner des résultats suffisamment précis. Les différences de pression furent mesurées à l'aide d'un micromanomètre Askania, capable d'une précision de 0,01 mm d'eau, et d'un micromanomètre de Fuess

d'une précision de 0,05 mm d'eau pour des amplitudes de mesure ne dépassant pas 16 mm d'eau. Les sections et les périmètres furent établis par des mesures dans 10 sections régulièrement espacées. Le poids spécifique de l'air fut calculé compte tenu de la pression, de la température et de la teneur en vapeur d'eau. Enfin, le débit d'air fut estimé d'après un ensemble de mesures anémométriques permettant en même temps l'établissement de la carte des vitesses dans une section du puits de retour d'air.

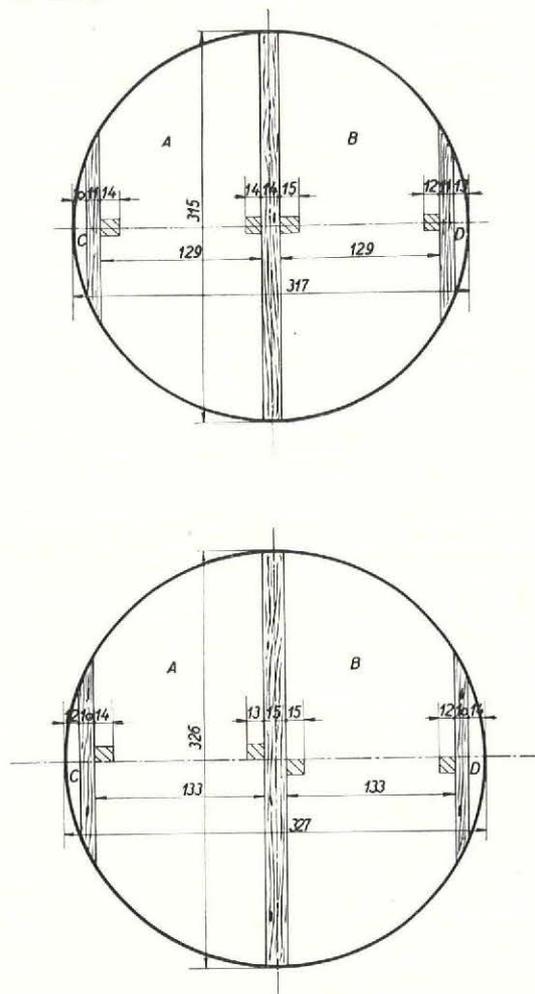


Fig. 8. — Disposition et dimensions moyennes des puits.
Entrée d'air (figure supérieure).
Retour d'air (figure inférieure).

Le coefficient de perte de charge qui devait résulter finalement des mesures est celui λ figurant dans la formule :

$$\zeta = \lambda \delta \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

où ζ (kg/m ou mm d'eau) désigne la perte de charge, δ (kg/m³) le poids spécifique de l'air, L (m) la longueur du tronçon de puits, D (m) son diamètre et v (m/sec) la vitesse.

Comme précédemment, nous avons calculé le coefficient de perte de charge d'après les deux conceptions suivantes :

- a) λ obtenu en considérant le puits comme une conduite unique dont la section et le périmètre

sont déterminés dans l'intervalle des traverses de guidonnage;

- b) λ' obtenu en considérant le puits comme l'ensemble de quatre conduites placées en parallèle, chaque compartiment étant assimilé à une conduite dont la section et le périmètre sont déterminés au niveau des traverses.

Les résultats obtenus furent les suivants :

Coefficient	Méthode de mesure	Essai I	Essai II	Essai III
λ	tuyau métallique	0,210	0,202	0,109
λ	deux puits	0,188	0,180	0,092
λ'	tuyau métallique	0,084	0,081	0,044
λ'	deux puits	0,075	0,072	0,037

Les valeurs obtenues par l'essai n° III sont absolument aberrantes et montrent que les méthodes de mesures sont d'une précision insuffisante lorsque les grandeurs à mesurer sont elles-mêmes petites et introduisent ainsi des erreurs relatives considérables. Compte tenu du fait que les mesures par la méthode du tuyau métallique donnent les coefficients pour le puits de retour seulement, et celle des deux puits pour l'ensemble des tronçons des deux puits, les résultats des essais n°s I et II sont assez concordants. Par ailleurs, si l'on considère que la valeur de λ pour un puits entièrement lisse peut descendre jusqu'à $\lambda = 0,020$, les mesures effectuées (avec des vitesses d'air de l'ordre de $v = 4 \dots 6$ m/sec) confirment la valeur élevée des pertes de charges dans un puits divisé par de multiples alignements de traverses où l'on trouve des valeurs de λ de l'ordre de 0,200. Enfin, appliquée au puits ici envisagé, la formule :

$$\lambda' = 0,027 \frac{P' \text{ lisse}}{P' \text{ total}} + 0,157 \frac{P' \text{ traverses}}{P' \text{ total}}$$

établie lors de nos travaux antérieurs, conduit à la valeur $\lambda = 0,101$, de 21 % supérieure à celle obtenue actuellement. Cet écart peut s'expliquer par le fait que l'alignement des traverses dans les puits était sensiblement supérieur à celui qu'il avait été possible de réaliser dans l'essai sur modèle réduit.

On peut en conclure que les coefficients de perte de charge déduits de nos essais antérieurs peuvent s'appliquer sans correction à un puits dont la maçonnerie est en relativement mauvais état, et dont les traverses sont mal alignées. Pour un puits en bonnes conditions, les coefficients peuvent être réduits d'environ 20 %.

B. — Travaux théoriques dans le domaine de la thermique minière.

Parallèlement avec les travaux du Dr. W. de Braaf (13), Chef du département des mines de la section de recherches des « Staatsmijnen » à Heerlen, et en s'inspirant de certaines publications du Professeur Véron (14) du Conservatoire National des Arts et Métiers et de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures de Paris, l'Institut d'Hygiène des Mines a étudié l'influence, sur la température

des chantiers souterrains, des modifications périodiques de la température dues à l'alternance des saisons. L'importance de cette question est apparue en même temps que l'on s'est rendu compte que dans certains charbonnages, comme par exemple celui du Rieu-du-Cœur et de la Boule Réunis, les difficultés climatiques ne se présentent avec leur pleine gravité qu'en été.

Comme point de départ dans cette étude, nous avons admis, en ne retenant que l'harmonique première, qu'au cours d'une année, la température de l'atmosphère varie suivant une sinusoïde dont l'amplitude est de 10°C, dont le minimum se situe le 15 janvier (0°C) et le maximum le 15 juillet (20°C). On peut montrer mathématiquement que cette variation sinusoïdale se retrouve en chaque point de la veine d'air, avec une amplitude décroissante et un déphasage croissant à mesure que la distance du point considéré à partir de l'orifice du puits d'entrée d'air s'allonge. La variation sinusoïdale de la température de l'air en contact avec le périmètre d'une section droite dans une galerie se propage d'ailleurs aussi dans les terrains environnants. Si la galerie est cylindrique et que les roches sont homogènes et isotropes, on retrouve, en étudiant le champ thermique, une nouvelle variation sinusoïdale de la température en tout point d'une circonférence concentrique à la galerie et située dans le plan de section. Pour un rayon croissant, l'amplitude de cette sinusoïde diminue en même temps qu'augmente son déphasage. Enfin, il est intéressant de se représenter dans le plan de la section même, le profil de la température des terrains à un instant déterminé. L'étude détaillée de la question montre qu'il suit à chaque instant une sinusoïde amortie à axe courbe, dont les lignes enveloppes sont asymptotiques à la température profonde des roches et dont l'axe lui-même a une courbure et un point de départ dépendant de l'âge de la galerie. A tout moment, cette sinusoïde se modifie; au cours de l'année, son point de départ correspondant à la température de la paroi de la galerie décrit un cycle complet, et si l'on se représentait cette courbe réalisée en dessin animé condensant une année en quelques secondes, on la verrait « se tortillant dans son enveloppe » suivant une expression fort imagée du Prof. Véron (14). Comme la fréquence du phénomène considéré est très faible (un cycle par année), la longueur d'onde de la sinusoïde des températures isochrones est toutefois grande. D'autre part, son amortissement croît lorsque la chaleur spécifique et le poids spécifique des roches augmentent et lorsque leur conductibilité thermique diminue. Des mesures ont montré d'ailleurs que l'amplitude des sinusoïdes du profil des températures à 1 m 50 à 2 m 75 du

périmètre est respectivement de l'ordre de ... 0,6 ... et 0,5 ... 0,4 de l'amplitude à la paroi, laquelle est déjà beaucoup plus petite que celle des variations de température de l'air dans la section considérée. A une profondeur plus grande encore, mais toutefois inférieure à celle qui permettrait d'observer la première demi-onde des sinusoides des températures isochrones, cette amplitude devient insignifiante et absolument négligeable. Comme on le comprend, c'est l'inertie thermique de la zone de terrains entourant la galerie jusqu'à ce rayon qui est la cause du déphasage et de la diminution d'amplitude des sinusoides que nous avons envisagées tout d'abord, décrivant les variations périodiques de la température de l'air en tout point de la veine de ventilation. Aussi cette zone a-t-elle une importance capitale pour la thermique minière; c'est pourquoi on lui a donné un nom : celui de « manteau d'échange calorifique ».

Considérons à la lumière de ce qui précède la veine de ventilation depuis l'orifice de puits jusqu'à la taille, et cherchons quelle sera la température de l'air traversant le chantier d'abattage. A cet effet, nous diviserons le parcours de l'air en quatre parties (fig. 9) : la descente dans le puits, que nous supposons profond de 1.000 m, son passage par une galerie de creusement ancien, longue de 1.500 m, ensuite son arrivée jusqu'à l'entrée de la taille par un nouveau récemment ouvert et long de 500 m et enfin son passage par la taille. Au moment où la température de l'atmosphère extérieure est 0°C (minimum supposé réalisé le 15 janvier), la variation de la température le long du circuit d'air sera représentée par la ligne A₁, B₁, C₁, D₁, E₁. Par contre, au moment où la température de l'atmosphère extérieure est 20°C (maximum supposé atteint le 15 juillet), cette variation suivra la ligne A₂, B₂, C₂, E₂. Dans le puits, la température de l'air se relève au minimum de l'hiver, à partir de 0°C jusqu'à environ 15°C, d'une part à cause de l'auto-compression (environ 10°C dans le cas actuel), et d'autre part à cause de la transmission de chaleur du manteau d'échange calorifique vers l'air. Au maximum de l'été, l'auto-compression agit de la même manière, mais la transmission calorifique s'effectue de l'air vers le manteau, qui a été refroidi pendant les saisons précédentes; il en résulte un relèvement moindre de la température, de 20°C à 25°C. Dans la galerie, la température de l'air le long du parcours augmente en hiver à cause de l'action thermique du manteau d'échange calorifique; nous supposons que le 15 janvier, cet accroissement se fait de 15°C à 21°C. Au maximum de l'été, la température de l'air dans la même galerie peut, suivant l'âge de celle-ci, rester constante, augmenter légèrement ou même diminuer; dans la figure 9 nous avons admis la première de ces éventualités. Plus loin, dans le nouveau d'établissement récent et dont le manteau d'échange calorifique est de ce fait refroidi moins profondément, la température de l'air s'accroît en été comme en hiver, et cela d'autant plus rapidement que l'âge du nouveau est plus petit. C'est du reste dans ce nouveau que l'on est aussi amené à effectuer l'évacuation du charbon abattu à contre-courant et par bande transpor-

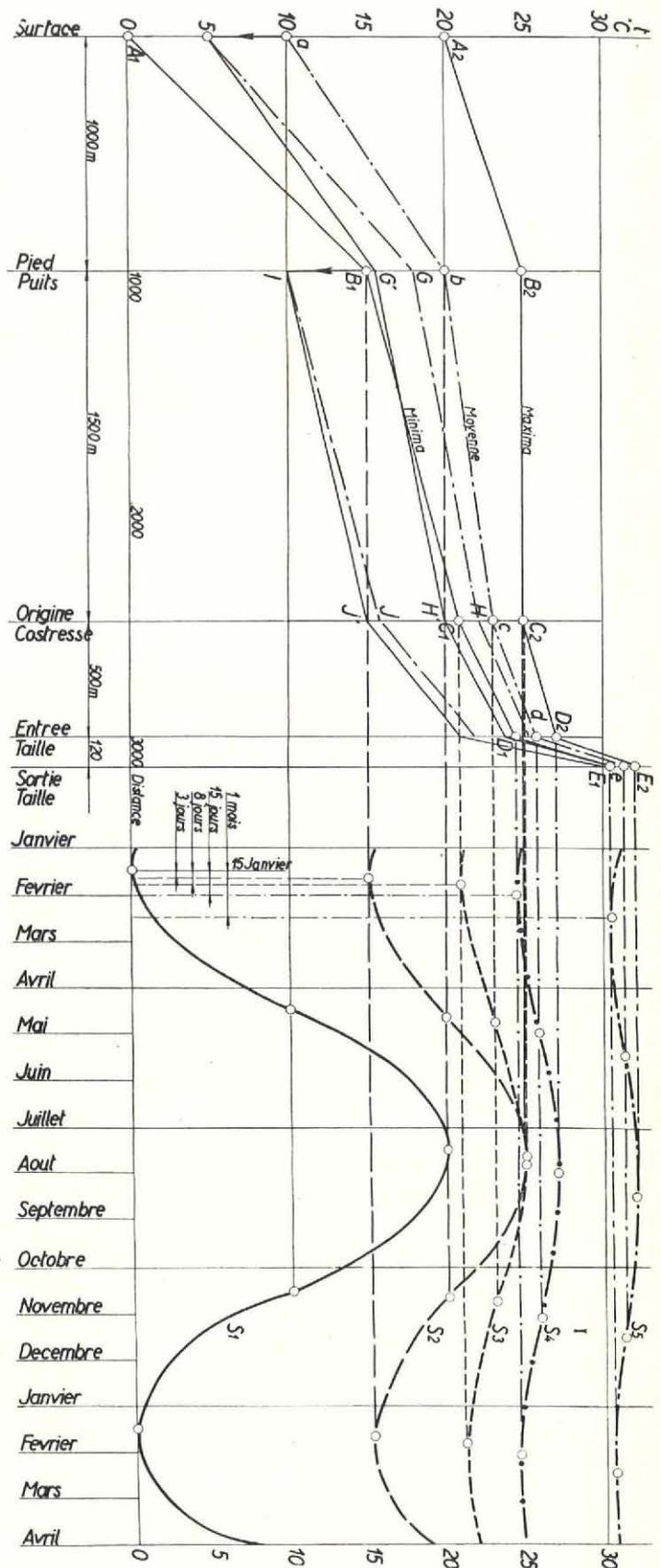


Fig. 9.

teuse. Dans l'exemple représenté à la fig. 9, la température à l'entrée de la taille est de 24°C en hiver et 27,5°C en été. A partir de là, l'augmentation de la température devient très rapide parce que du fait de l'exploitation, l'air de ventilation est, dans la taille, constamment en contact avec des surfaces de charbon fraîchement découvertes et, par conséquent, plus chaudes et éminemment oxydables, et en même temps avec les produits abattus descendant vers le bouveau d'entrée d'air. A la sortie de la taille, la température de l'air peut, pour cette raison, atteindre aisément 31, ... 35, ... °C; elle sera d'autant plus élevée que la production de charbon (t/poste) est plus grande et le débit d'air de ventilation plus faible. Dans la partie de droite de la figure sont représentées les sinusoïdes de la variation annuelle de la température à différents endroits du circuit de ventilation : à l'entrée du puits S₁, au pied du puits S₂, à l'entrée du bouveau S₃, à l'entrée de la taille S₄ et à la sortie de la taille S₅. On remarquera l'importante diminution d'amplitude des sinusoïdes et leur déphasage grandissant à mesure qu'elles se rapportent à des endroits plus éloignés de l'orifice du puits d'entrée d'air.

Des mesures effectuées aux Charbonnages du Rieu-du-Cœur et de la Boule Réunis avec l'accord de M. Van Weyenbergh, Directeur-Gérant, et avec la collaboration de M. Degueudre, Ingénieur, ont confirmé cette théorie.

Par ailleurs, la façon dont se propage dans une galerie le refroidissement de l'air dans une section déterminée, a retenu également l'attention du Service Technique de l'Institut. Il a été possible, en effet, par l'application d'une méthode mathématique récemment mise au point par le Dr. C. Van Heerden (15) des Mines d'Etat Néerlandaises, de prédéterminer en fonction du temps, la température en un point quelconque d'une galerie après un refroidissement donné du courant d'air en un point situé en amont de l'endroit considéré. La répercussion de cet abaissement de la température le long de la veine d'air dépend évidemment du coefficient de conductibilité λ (kcal/m . h . °C) des roches formant le manteau d'échange calorifique.

Pour fixer les idées, supposons que l'on produise dans une section de la veine d'air d'une galerie, une diminution de la température Δt . Ce refroidissement entraînera 500 m plus loin dans la même galerie un abaissement de la température :

$$(\Delta t)_{500} = \psi \Delta t,$$

le coefficient ψ étant donné en fonction du temps par les courbes de la figure 10; la courbe inférieure est calculée pour une galerie dans des roches de conductibilité thermique $\lambda = 5$ kcal/m . h . °C, la courbe supérieure est établie dans l'hypothèse où l'on a $\lambda = 1$ kcal/m . h . °C.

Afin de pouvoir vérifier expérimentalement cette méthode de calcul, des échantillons de roche ont été prélevés aux Charbonnages du Rieu-du-Cœur et de la Boule Réunis. Leur conductibilité thermique a pu être déterminée grâce à la collaboration du Dr. W. De Braaf ($\lambda = 1,06$ kcal/m . h . °C dans la direction des couches et $\lambda = 0,86$ kcal/m . h . °C

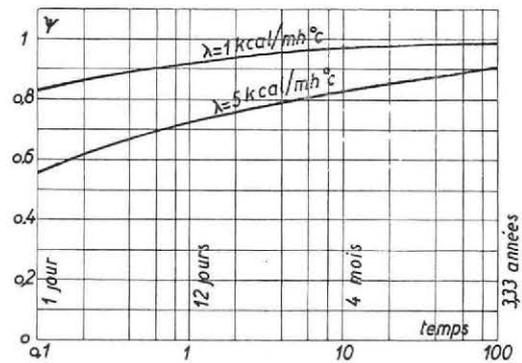


Fig. 10.

perpendiculairement à cette direction), en attendant que, lors de la mise en service de l'installation de climatisation de ce charbonnage, il nous soit possible de relever par des mesures pratiques les valeurs de ψ .

C. — Etude du bilan thermique des charbonnages.

Au cours des années 1949 et 1950, une vaste campagne de mesures climatiques a été entreprise dans cinq charbonnages du Bassin de la Campine, dans le but d'estimer l'importance relative des différentes sources de chaleur qui s'ajoutent à l'auto-compression pour élever la température et l'enthalpie de l'air (16). Les essais, effectués avec la collaboration des services « Sécurité et Hygiène » des Charbonnages André Dumont (A.D.), les Liégeois en Campine (L.L.), de Beeringen (B.), de Helchteren et Zolder (H.Z.) et de Houthalen (H.), ont porté sur un cycle annuel complet au cours duquel 15 séances de mesures ont été choisies, à quatre semaines d'intervalle, les opérations étant chaque fois réparties durant 3 périodes de 8 heures (de 2 h à 4 h du matin, de 10 h à 12 h, et de 18 h à 20 h).

Les résultats moyens annuels sont reportés au tableau 6 qui donne en même temps les renseignements généraux relatifs aux charbonnages considérés.

Un examen critique de ces résultats permet de voir que d'importantes sources d'échauffement pourraient être éliminées ou reportées aux puits de retour d'air. Au nombre des améliorations possibles figurent :

- le refroidissement de l'air comprimé en surface ou sa descente par le puits de retour;
- l'élimination des sources de chaleur situées aux abords des puits d'entrée et qui sont responsables du préchauffage de l'air de ventilation;
- l'installation des conduites d'exhaure au puits de retour (si le débit de ces conduites est suffisant pour justifier un échauffement sensible de l'air de ventilation);
- l'organisation de l'extraction du charbon par les puits de retour d'air (en vue de supprimer toute cause d'oxydation dans les puits d'entrée);
- le remplacement des locomotives Diesel par des engins électriques, ce qui permettrait de réduire d'environ 75 % la quantité de chaleur dégagée par les locomotives.

TABLEAU 6.

Charbonnages	A.D.	L.L.	B.	H.Z.	Z.					
Altitude de la surface (m)	85	85	58	52	62					
Nombre d'étages d'entrée d'air	2	5	1	1	1					
Profondeur des entrées d'air (m) :										
1 ^{er} étage	807	780	780	800	810					
2 ^{me} étage	920	840	—	—	—					
3 ^{me} étage	—	1.010	—	—	—					
Profondeur de l'étage de retour d'air immédiatement supérieur au 1 ^{er} étage d'entrée (m)	747	714	727	720	700					
Diamètre des puits dans la partie cuvelée :										
puits d'entrée d'air (m)	6,00	5,25	5,80	6,00	5,00					
puits de retour d'air (m)	6,00	5,25	5,80	5,10	5,00					
Forces aéromotrices (moyennes annuelles en mm d'eau) :										
aérage naturel	54	52	41	55	45					
ventilateur(s)	252	265	209	302 *	227					
Débits d'air moyens (kg/sec) :										
puits d'entrée d'air	205	252	206	200	155					
puits de retour d'air	250	258	224	218	145					
Températures moyennes annuelles à l'aspiration du puits d'entrée d'air (°C) :										
thermomètre sec	10,9	12,4	11,5	11,2	11,4					
thermomètre humide	8,8	10,0	9,0	9,4	9,5					
<i>Bilan thermique global :</i>										
	millions kcal/h	% du total								
1) Préchauffage de l'air dans les installations de surface	—	—	0,54	5,7	—	—	0,16	2,5	0,16	5,8
2) Autocompression de l'air (**)	0,04	0,5	0,05	0,4	0,04	0,6	0,04	0,6	0,02	0,5
3) Chaleur introduite par le fonctionnement des compresseurs par :										
a) les conduites	1,59	17,2	1,05	11,0	1,02	14,5	0,41	6,5	0,25	5,5
b) le caniveau d'amenée	0,11	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—
4) Chaleur apportée par l'énergie électrique consommée	0,21	2,6	0,80	9,4	0,49	7,0	0,64	9,8	0,22	5,2
5) Chaleur apportée par les locomotives Diesel	0,24	3,0	0,24	2,5	0,25	3,5	0,52	4,9	0,22	5,2
6) Métabolisme des ouvriers	0,51	5,8	0,51	5,5	0,51	4,4	0,25	3,8	0,22	5,2
7) Effet utile de l'installation frigorifique souterraine (L.L.)	—	—	-0,50	-3,2	—	—	—	—	—	—
8) Chaleur cédée par l'ensemble des autres causes (terrains, oxydation du charbon, etc.)	5,80	71,6	6,75	70,9	4,95	70,2	4,70	72,1	5,14	74,6
Chaleur totale emportée par le courant de ventilation	8,10	100,0	9,50	100,0	7,02	100,0	6,52	100,0	4,21	100,0

* La mine de Helchteren et Zolder possède un ventilateur principal installé au fond et un déviateur à la surface; les dépressions moyennes annuelles pour chacun de ces deux ventilateurs sont respectivement de 291 et 11 mm d'eau. Pour les quatre autres charbonnages, la ventilation est assurée par un seul ventilateur principal de surface.

** Ce terme correspond à la différence d'altitude de 20 mètres existant entre la surface et la station terminale du circuit (sous la galerie d'aspiration du ventilateur).

Un calcul sommaire permet de montrer que les améliorations climatiques ainsi obtenues correspondraient à celles que l'on pourrait réaliser en augmentant de 20 à 25 % le débit d'air de ventilation des différents sièges. Ces améliorations sont loin d'être négligeables, si l'on veut bien observer qu'elles correspondent à une majoration de puissance des ventilateurs principaux qui, suivant les cas, peut aller de 65 à 100 %.

Les modifications ci-dessus ne sont cependant pas les seules qui puissent être envisagées. En effet, le principal facteur d'échauffement de l'air reste la chaleur cédée par les terrains et par l'oxydation du charbon. Cette valeur peut être largement influencée par la disposition des exploitations. Dès lors, il ne paraît pas impossible, lors de la mise à fruit de nouveaux étages, d'envisager un programme bien adapté aux contingences climatiques et qui serait susceptible de réduire sensiblement l'importance de ces dégagements calorifiques.

Par ailleurs, les résultats obtenus ont permis d'estimer a priori la quantité d'air minimum nécessaire à la ventilation d'une mine, par tonne extraite. Ces calculs ont montré que le débit d'air de ventilation dépend essentiellement de la profondeur d'extraction et ont conduit aux résultats suivants :

- pour 600 m de profondeur : 1.480 kg d'air/t de charbon;
- pour 800 m de profondeur : 2.370 kg d'air/t de charbon;
- pour 1.000 m de profondeur : 4.060 kg d'air/t de charbon;
- pour 1.200 m de profondeur : 6.850 kg d'air/t de charbon.

Les valeurs réelles réalisées dans les charbonnages examinés dépassent assez largement ces minima calculés. La comparaison des débits réels avec les valeurs calculées permettent d'estimer la profondeur et l'extraction que l'on pourrait espérer atteindre sans majoration sensible des débits actuels, pour autant que l'on adopte une politique très systématique visant à éliminer toutes les causes d'échauffement sur lesquelles on est en mesure d'agir et pour autant que la répartition de l'aérage dans les divers travaux soit judicieusement proportionnée aux nécessités.

D. — Les installations frigorifiques pour la réfrigération de chantiers souterrains.

Les machines que doivent comporter les installations frigorifiques décrites dans notre article précédent (5) ont été construites au cours de l'année 1951.

On achève à l'heure actuelle le montage de l'installation des Charbonnages du Rieu-du-Cœur et de la Boule Réunis, à Quaregnon. Rappelons qu'elle comprend une usine de production de froid et un échangeur de chaleur destiné à réfrigérer le courant d'air général du siège, ce dernier appareil comportant un ventilateur équipé de filtres à air à l'aspiration. Cet échangeur est capable de refroidir 97 kg/sec d'air depuis l'état à 21°C et 67 % d'humidité jusque 7°C saturé, au moyen d'un courant d'eau de 150 m³/h à 1,5°C, la puissance supplé-

mentaire de la ventilation s'élevant à 120 CV. L'eau est maintenue à la basse température nécessaire par 4 étages de machines frigorifiques à NH₃, équipés de condenseurs à ruissellement indépendants, permettant la condensation à 30°C environ, et d'évaporateurs disposés en série sur le courant d'eau qui y revient à 14°C. Les autres caractéristiques des machines sont :

- 1^{er} étage : 1.050.000 frig/h, évaporation à 6°C, 236 CV;
- 2^{me} étage : 960.000 frig/h, évaporation à 5,5°C, 242 CV;
- 3^{me} étage : 860.000 frig/h, évaporation à 0,5°C, 245 CV;
- 4^{me} étage : 700.000 frig/h, évaporation à — 5°C, 245 CV.

Comme le refroidissement de l'eau alimentant l'échangeur ne nécessite que 1.880.000 frig/h, une capacité frigorifique de 1.690.000 frig/h reste disponible pour la réfrigération complémentaire au fond. L'étude de la méthode suivant laquelle s'opérerait ce refroidissement est en cours à l'heure actuelle.

Le montage de l'installation destinée aux Charbonnages des Liégeois en Campine à Zwartberg commencera incessamment. Comme on le sait, cette installation est destinée à la climatisation de 4 tailles au moyen d'une centrale frigorifique montée en surface, comportant un prérefroidisseur de l'eau en circulation de 560.000 frig/h et 4 étages de machines frigorifiques à NH₃ d'une puissance totale de 2.800.000 frig/h et réalisés par 2 groupes compresseurs d'une puissance totale de 460 CV. Les 4 étages auront un condenseur unique permettant la condensation à environ 30°C et des évaporateurs en série sur le courant d'eau à refroidir, les températures d'évaporation étant fixées à 6,5°C, 5°C, 0,5°C et — 1°C. Au fond, le passage de la haute pression à la basse pression sera réalisé par un groupe comportant une turbine Pelton et une pompe, la puissance d'appoint de cette machine s'élevant à 240 CV.

Tout au cours de l'année, l'Institut d'Hygiène des Mines a apporté sa collaboration aux services des études des Charbonnages intéressés pour la solution des multiples problèmes que pose la mise au point détaillée de ces importantes installations.

Dans cet ordre d'idées, des essais ont été organisés par l'Institut d'Hygiène des Mines dans les travaux du fond des Charbonnages des Liégeois en Campine, en vue de déterminer l'échauffement de l'eau circulant dans une conduite nue et dans une conduite calorifugée à la laine de verre, dans les conditions habituelles qui existent le long des voies en veine. La connaissance des coefficients de transmission de chaleur « pratiques » présente un grand intérêt pour le calcul des pertes frigorifiques en ligne et pour l'étude des surfaces d'échange à prévoir aux échangeurs que comportent les installations de climatisation. Ces essais eurent lieu dans la voie d'entrée d'air d'une taille climatisée, sur la conduite d'eau froide alimentant l'échangeur. Le tronçon de conduite calorifugée avait une longueur de 481 m, celui de la conduite nue une longueur de 54 m, les diamètres intérieur et extérieur étant respectivement 125 et 140 mm et l'épaisseur du calo-

refuge 35 mm. Tandis que les mesures de débit d'eau, réduit pour cet essai au minimum, se faisaient au moyen d'un compteur, les températures de l'eau aux points extrêmes des tronçons des tuyauteries considérés étaient relevées à l'aide de thermomètres étalonnés d'une précision de l'ordre de 0,02. Par ailleurs, la température ambiante était mesurée par des psychromètres Haenni comportant aussi des thermomètres exacts à 0,02 près. D'après ces essais, les coefficients de transmission de chaleur s'établissent globalement aux valeurs suivantes :

- pour la conduite nue : $k = 20,0 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$;
- pour la conduite calorifugée : $k = 3,28 \text{ kcal/m}^2$

$\text{h } ^\circ\text{C}$, ce coefficient étant rapporté à la surface extérieure de la conduite métallique. Dans l'un et dans l'autre cas, on a admis que la surface extérieure des brides d'attache augmentait de 5 % la surface de transmission.

E. — Etalonnage d'instruments de mesure.

Au cours de l'année 1951, l'installation de tarage des anémomètres a été légèrement modifiée et améliorée. En plus des instruments utilisés par l'Institut lors de ses essais, 35 anémomètres ont été étalonnés, dont 6 appartenant à l'Administration des Mines et 27 à des charbonnages des divers bassins belges.

III. — ENQUETES, DOCUMENTATION ET CONFÉRENCES

1. — Contribution de la section médicale.

Le 15 décembre, le Dr. V. Van Mechelen, Médecin en Chef de l'Institut d'Hygiène des Mines, présenta à la « Koninklijke Vlaamse Academie voor Geneeskunde » une importante étude sur « L'antraco-silicose en Belgique ». Ce travail était basé sur des données statistiques provenant des examens systématiques effectués dans les divers charbonnages belges, ainsi que sur l'expérience de plus de vingt années acquise par l'auteur dans le bassin minier de la Campine. Il lui fut ainsi possible de dresser un tableau d'ensemble concernant l'incidence des pneumoconioses, leur évolution, la fréquence de leurs complications principales, ainsi que les moyens prophylactiques utilisés dans les charbonnages belges. Il y aborda la question de l'augmentation du nombre de pensions accordées pour affections des voies respiratoires chez les mineurs. Cet accroissement est, au moins en partie, explicable par l'élargissement de la législation belge en matière des pensions et par la généralisation des examens radiologiques du thorax. Cette étude sera publiée dans les « Mededelingen van de Koninklijke Belgische Academie voor Geneeskunde ».

Les médecins de l'Institut d'Hygiène des Mines ont participé à de nombreuses réunions scientifiques relatives à la médecine du travail en général et à l'hygiène des mines en particulier. Le Directeur, le Médecin en Chef et le Dr. Belayew ont participé aux Journées Médicales Minières organisées à Douai par les Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais. Le Directeur y exposa les résultats obtenus dans la lutte contre les poussières en Belgique et le Dr. Van Mechelen, en montrant la classification radiologique type de l'Institut d'Hygiène des Mines, a insisté sur la nécessité d'introduire dans la classification internationale le stade de très fins micronodules appelé « Pinhead » en Angleterre. Il a en outre insisté sur la fréquence relativement faible des tuberculoses ouvertes chez les ouvriers mineurs (1,81 % sur 49.216 ouvriers examinés).

Le 21 et le 23 juin a eu lieu à Leoben à la « Montanistische Hochschule » une conférence sur les pneumoconioses, à laquelle assistaient des spécialistes allemands, autrichiens et suisses. L'Institut d'Hygiène des Mines y a été représenté par le Directeur et le Dr. Belayew. Le sujet traité par les

différents conférenciers était la prévention dans les différentes industries poussiéreuses.

Du 18 au 20 octobre 1951, le Prof. P. Lambin, les Dr. Belayew et Lavenne ont représenté l'Institut d'Hygiène des Mines aux journées « Medizinisch-Wissenschaftliche Arbeitstagung über Silikose » à Bochum (17). Le Dr. Lavenne y présenta un premier rapport sur le « Diagnostic électrocardiographique de l'hypertrophie ventriculaire droite dans les pneumoconioses » et un second sur les résultats des recherches poursuivies à l'Institut d'Hygiène des Mines en collaboration avec le Dr. Belayew relativement aux images tomographiques des artères pulmonaires dans l'antraco-silicose pseudotumorale (18). Le Prof. Lambin exposa le point de vue belge dans la question de la pathogénie de la pneumoconiose des houilleurs, défendant l'appellation d'antraco-silicose.

Dans le courant de 1951, a eu lieu à Lisbonne le X^{me} Congrès international de Médecine du Travail. Les médecins de l'Institut ont tous participé aux travaux de la Section « Pathologie du Travail. — Pneumoconioses ». Les rapports présentés ont eu comme titre « L'importance de l'antraco-silicose en Belgique et sa prophylaxie », par le Dr. Van Mechelen et « Radiographie et tomographie de l'artère pulmonaire dans l'antraco-silicose », par les Dr. F. Lavenne et D. Delayew (4).

D'autre part, le Dr. Van Mechelen fut désigné par le Bureau International du Travail pour siéger à Rome les 3, 4 et 5 septembre 1951 dans le Comité des Experts médicaux pour les migrations. Il fut de plus le co-rapporteur sur la question de la silicose au Congrès médical néerlandais, qui se tint à Maastricht le 28 septembre.

L'« Organisation Mondiale de la Santé » (O.M.S.) organisa à l'Institut d'Hygiène des Mines à Hasselt, les 2 et 3 octobre 1951, une importante réunion de documentation sur la médecine dans une région nouvellement industrialisée. Le Directeur et les médecins de l'Institut y firent des exposés détaillés sur l'activité de cet organisme.

Enfin, continuant la tradition des années antérieures, la Section Médicale a publié, sous la direction dévouée du Prof. Lambin, deux Bulletins de Documentation, où furent analysés à l'intention des services médicaux des charbonnages 24 articles et

TABLEAU 7.
Répartition par bassins du nombre de charbonnages utilisant les différents procédés de lutte contre les poussières.
Situation au début de 1952.

Bassins Nombre total de charbonnages	Campine 7					Liège 18					Charleroi 18					Centre 6					Mons 7					Ensemble 56				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
<i>Creusement des travers-bancs:</i>																														
Masques filtrants	—	5	—	—	1	15	3	—	—	—	14	3	—	—	—	3	3	—	—	—	5	2	—	—	—	37	16	—	—	—
Masques à adduction d'air	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3	—	—	—	3	6
Capteurs pour forage à sec	—	4	—	—	—	2	11	—	—	2	1	10	—	—	4	2	—	—	—	—	—	4	—	—	1	5	29	—	—	7
Forage à l'eau	6	1	—	—	—	3	8	1	—	—	4	9	1	—	—	2	5	—	—	—	2	5	—	—	—	17	26	2	—	—
Arrosage des pierres	6	1	—	—	—	1	5	—	—	—	5	6	—	—	—	2	3	—	—	—	1	5	—	—	—	23	20	—	—	—
Tir en fin de poste	—	3	—	—	—	5	8	—	—	—	4	6	—	1	—	—	2	—	—	—	—	4	—	1	—	9	23	—	2	—
<i>Travail en tailles :</i>																														
Masques filtrants	—	6	—	—	—	9	7	—	—	—	13	4	—	—	—	2	4	—	—	—	3	4	—	—	—	27	25	—	—	—
Masques à adduction d'air	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	1	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3	—	1	—	3	6
Arrosage ou pulvérisation dans les couloirs	—	7	—	—	—	2	6	—	1	—	4	5	—	—	1	—	4	—	—	—	—	3	—	—	2	6	25	—	1	3
Pulvérisation en dehors des couloirs	1	—	—	—	—	—	5	—	1	—	1	5	—	2	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	3	2	12	—	3	3
Arrosage des fronts	1	2	—	—	1	—	1	—	—	1	1	3	—	2	—	—	1	—	—	—	—	2	—	—	1	2	9	—	2	3
Injection en veine	1	5	—	—	—	—	2	—	—	1	—	2	1	1	1	—	3	—	—	1	—	2	—	1	—	1	12	1	2	3
Havage humide	3	3	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4	3	—	2	2
Marteaux à pulvérisation d'eau	—	7	—	—	—	2	3	—	—	—	—	7	—	2	—	—	2	—	—	—	—	2	1	1	1	2	18	1	3	1
Marteaux à échappement dirigé ou diffusé	1	1	—	—	—	5	6	—	—	—	4	3	1	1	—	1	2	—	—	—	—	2	—	—	1	11	14	1	1	1
<i>Points de chute des produits:</i>																														
Capteurs à sec	—	—	—	—	—	—	1	1	—	1	—	2	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	—	3	2	2	3
Arrosage ou pulvérisation	7	—	—	—	—	3	8	1	—	—	4	8	1	1	—	—	4	—	—	—	—	6	—	—	1	14	26	2	1	1
Arrosage des berlines	1	1	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2	—	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	2	4	—	2	1
<i>Voies de transport :</i>																														
Emploi de sels hygroscopiques	—	5	—	—	—	3	3	—	—	1	1	5	—	1	—	—	2	—	—	—	1	1	—	—	—	5	16	—	1	1
Arrosage	3	3	—	—	—	4	2	—	—	1	—	3	—	1	—	—	3	—	—	—	—	3	—	—	—	7	16	—	1	1

- A — Emploi généralisé ou en cours de généralisation.
 B — Emploi partiel.
 C — Essais en cours.
 D — Projets à l'étude (dont la réalisation n'est pas encore entreprise).
 E — États de réalisation définitivement au cours de l'exercice 1951.

TABLEAU 8.

**Développement des tailles et des voies auxquelles sont appliqués des traitements humides.
Situation au début de l'année 1952.**

A. — *Longueur des tailles régulièrement traitées (m).*

Bassins	Campine		Liège		Charleroi		Centre		Mons		Total	
	1951	1952	1951	1952	1951	1952	1951	1952	1951	1952	1951	1952
Années de référence												
<i>Nature du traitement :</i>												
1. Arrosage des fronts ...	4.700	4.440	540	125	1.600	1.305	80	100	100	1.000	6.820	6.970
2. Injection en veine	5.020	5.092	930	610	610	945	1.950	1.530	1.010	650	9.520	8.827
3. Havage humide	3.000	2.555	300	400	—	—	—	—	—	—	3.500	2.755
4. Marteaux à pulvérisation d'eau	2.420	3.085	650	2.710	1.780	5.735	750	1.550	150	280	5.710	11.360
Total	15.140	14.970	2.200	3.845	5.990	5.985	2.760	5.180	1.260	1.930	25.550	29.910

B. — *Longueur des voies régulièrement traitées (m).*

Bassins	Campine		Liège		Charleroi		Centre		Mons		Total	
	1951	1952	1951	1952	1951	1952	1951	1952	1951	1952	1951	1952
Années de référence												
<i>Nature du traitement :</i>												
1. Sels hygroscopiques ...	20.450	20.250	12.880	10.850	15.850	9.500	1.000	1.400	4.650	3.500	52.810	45.500
2. Arrosage	102.840	106.881	26.080	19.870	7.820	6.350	6.200	1.500	5.000	1.600	147.940	136.201
Total	125.270	127.131	38.960	30.720	21.670	15.850	7.200	2.900	9.650	5.100	200.750	181.801

comptes rendus de travaux étrangers, ainsi que quatre Communications rapportant les conclusions des réunions scientifiques auxquelles l'Institut d'Hygiène des Mines a participé.

2. — Contribution de la section technique.

Ainsi que les années précédentes, l'Institut d'Hygiène des Mines a rassemblé les renseignements concernant l'évolution des moyens de lutte contre les poussières dans l'ensemble des charbonnages belges. Les tableaux 7 et 8 donnent un aperçu de la situation au 1^{er} janvier 1952. Le tableau 8 permet de comparer les résultats obtenus à ceux des années antérieures.

Deux Bulletins de Documentation Technique furent publiés au cours de l'année, groupant l'analyse de 25 articles.

Au cours du premier semestre, le Directeur fit, d'autre part, une conférence sur « Les machines frigorifiques et leur application à la climatisation des chantiers miniers » dans les centres des différents bassins charbonniers (Hasselt, Charleroi et Liège) et à Bruxelles sous les auspices de la Fédération des Associations Charbonnières de Belgique et du Cercle « Technique de la Chaleur ». L'essentiel de cette conférence fut repris dans une étude plus générale intitulée « La réfrigération des chantiers miniers profonds en Belgique » et publiée par après dans la Revue des Questions Scientifiques.

L'Institut d'Hygiène des Mines a encore publié en 1951, en langues française, néerlandaise et anglaise, une brochure illustrée décrivant d'une façon générale son but, son organisation, ses moyens de travail et son activité.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Le retentissement cardio-vasculaire de la Silicose et de l'Anthraco-Silicose. - Contribution à l'étude du « Cor Pulmonale ». — Dr. F. LAVENNE. - Edit. Acta Medica Belgica, 1951.
- (2) Le retentissement cardio-vasculaire de la Silicose et de l'Anthraco-Silicose. - Contribution à l'étude du « Cor Pulmonale ». - Considérations générales. — Dr. F. LAVENNE. - Communication n° 85 de l'Institut d'Hygiène des Mines, juin 1951.
- (3) La tomographie dans l'anthraco-silicose. — Dr. D. BELAYEW. - Archives Belges de Médecine Sociale, 1951, n^{os} 5-6.
- (4) Radiographie et tomographie de l'artère pulmonaire dans l'anthraco-silicose. - Communication n° 88 de l'Institut d'Hygiène des Mines, septembre 1951.
- (5) L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1950. — A. HOUBERECHTS. - Annales des Mines de Belgique, 1951, Tome L, 3^{me} livraison.
- (6) Etude de l'élimination des poussières et des fumées de tir dans un travers-bancs en creusement aux Charbonnages de Limbourg-Meuse. — Communication n° 81 de l'Institut d'Hygiène des Mines, mai 1951.
- (7) Essais d'injection d'eau en veine et d'utilisation de marteaux à pulvérisation d'eau aux Charbonnages André Dumont. — Communication n° 82 de l'Institut d'Hygiène des Mines, juin 1951.
- (8) Etude expérimentale de l'effet d'aérosols d'eau et de chlorure de sodium aux Charbonnages de Patience et Beaujonc, à Glain-lez-Liège. — Communication n° 85 de l'Institut d'Hygiène des Mines, juin 1951.
- (9) Nos connaissances actuelles sur l'efficacité des agents mouillants — Communication n° 79 de l'Institut d'Hygiène des Mines, avril 1951.
- (10) Essais d'injection d'eau en veine avec agent mouillant aux Charbonnages Belges et Hornu et Wasmes, à Frameries. Communication n° 87 de l'Institut d'Hygiène des Mines, juillet 1951.
- (11) La réfrigération des chantiers miniers profonds en Belgique. — A. HOUBERECHTS. - Revue des Questions Scientifiques, 1951, V^{me} Série, Tome XII.
- (12) Détermination des pertes de charge dans un puits aux Charbonnages du Bois-du-Cazier, à Jumet. — Communication n° 78 de l'Institut d'Hygiène des Mines, janvier 1951.
- (13) L'échauffement de l'air de ventilation dans les puits et les voies d'entrée d'air. — W. DE BRAAF. - Geologie en Mijnbouw n° 4, avril 1951.
- (14) Champs thermiques et flux calorifiques. — M. VERON. - Bull. Techn. de la Sté Franç. Babcock et Wilcox, n° 25, octobre 1950.
- (15) A Problem of unsteady Heatflow in Connection with Air Cooling of Collieries. - General Discussion of Heat Transfer of the Institution of Mechanical Engineers. — VAN HEERDEN, C. - September 1951, Section 5, pp. 20-25.
- (16) Etude du bilan thermique de cinq charbonnages de Campine. — Communication n° 86 de l'Institut d'Hygiène des Mines, juin 1951.
- (17) Rapport sur la « Medizinisch-Wissenschaftliche Arbeitstagung über Silikose », Bochum, 18-20 octobre 1951. — Communication n° 89 de l'Institut d'Hygiène des Mines, octobre 1951.
- (18) Intérêt de l'examen électrocardiographique dans l'anthraco-silicose. — Dr. F. LAVENNE. - Communication n° 90 de l'Institut d'Hygiène des Mines, octobre 1951.