

RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1946

ANNEXE I

Etude de cinq masques
antipoussières

par L. BRISON

Ingénieur principal des Mines, attaché à l'Institut

I. *Technique des essais.*

Nous avons mis à l'essai des masques protecteurs qui nous ont été soumis soit par leurs constructeurs, soit par l'Inspection Médicale du Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale.

A la lumière des connaissances acquises sur l'action physiologique des poussières, il nous a paru indispensable d'effectuer un contrôle qualitatif et quantitatif de la capacité de rétention des masques. Nous avons, à cet effet, perfectionné notre technique de mesure en combinant le précipitateur thermique avec l'appareil d'essai des masques réalisé antérieurement par M. l'Ingénieur en chef J. Fripiat (1).

L'ensemble du dispositif expérimental est représenté par la fig. 20 et la photographie fig. 21.

(1) Cet appareil est décrit en détail dans le Rapport annuel sur les travaux de l'Institut National des Mines pour l'exercice 1938 (voir Annales des Mines de Belgique, Tome XL, page 171 et suivantes).

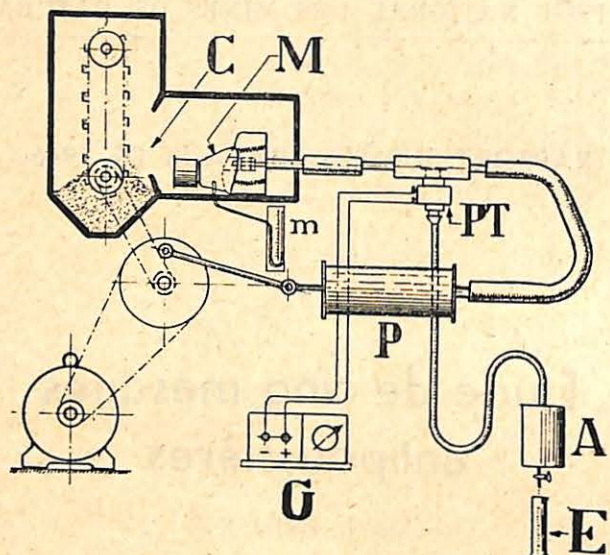


Figure 20
Schéma de l'appareil d'essai

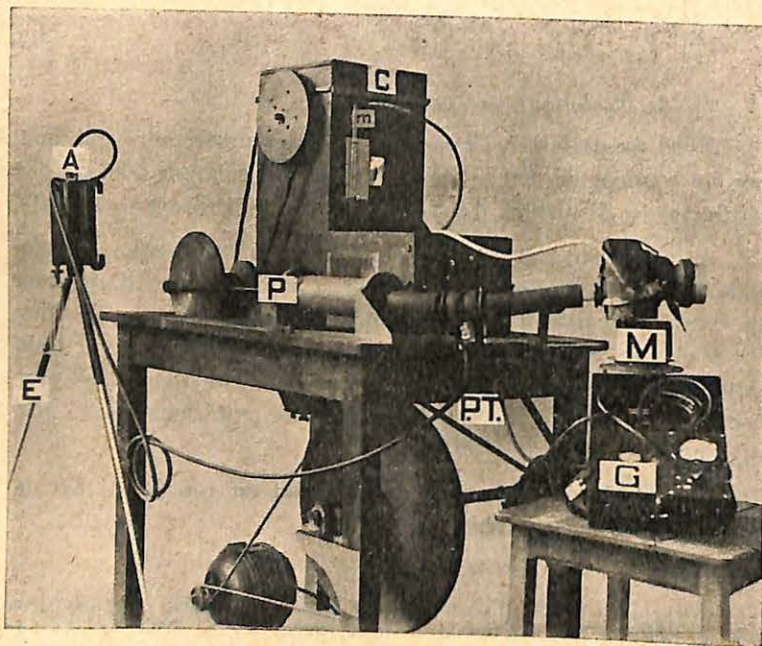


Figure 21
Ensemble du dispositif expérimental.

Une atmosphère très poussiéreuse, de densité constante, est créée à l'intérieur de la chambre C par le mouvement d'une petite chaîne élévatrice dont les godets plongent, au bas de leur course, dans une trémie à poussières et déversent leur contenu au sommet de la chambre. Les particules solides ainsi mises en suspension dans l'air renferment 50 % de charbon et 50 % de schiste houiller, finement pulvérisés, traversant en totalité le tamis à 10.000 mailles par centimètre carré.

Le masque à essayer M, placé sur une « tête de bois » avec interposition d'un joint étanche au mastic, est logé dans une annexe latérale de la chambre C, où il est plongé dans le nuage poussiéreux tout en étant à l'abri des projections directes de particules solides.

Un tube en verre de 15 mm. de diamètre, traversant la « tête de bois » par l'intermédiaire d'une boîte à bourrage, met la capacité intérieure du masque en communication avec un fort tuyau flexible de 750 mm. de développement aboutissant à une pompe à piston sans soupape P, — actionnée par le même moteur électrique qui entraîne la chaîne à godets.

Le piston de la pompe balaie alternativement, vingt fois par minute; un volume d'un litre, de manière à créer à travers le masque un courant d'air pulsatoire équivalent au courant respiratoire d'un homme de taille normale fournissant un effort moyen (1).

Les conditions d'épreuve du masque sont ainsi très voisines des conditions pratiques d'emploi au fond de la mine. Elles en diffèrent cependant sur deux points :

a) les deux phases d'aspiration et d'expiration réalisées par l'appareil sont symétriques et d'égale durée, alors qu'il n'en est pas ainsi dans la nature. D'après quelques expériences de contrôle auxquelles nous avons procédé, ce facteur ne paraît pas affecter le fonctionnement des masques ;

b) Les poussières qui traversent l'organe filtrant du masque sont en grande partie fixées dans les voies respiratoires, alors qu'il n'en est pas ainsi dans la pompe de notre appareil.

(1) Rappelons que la ventilation pulmonaire est fonction de l'intensité des efforts musculaires. Chez un adulte normalement développé, elle peut varier de 14 à 40 inspirations d'un litre, par minute, suivant que l'homme est en repos ou qu'il fournit un travail violent.

Il en résulte, lorsque les essais sont prolongés, un certain enrichissement en poussières de l'air contenu dans le conduit entre la pompe et le masque. Ce facteur est de nature à entacher nos mesures de concentration d'une certaine erreur par excès.

Le manomètre à eau (m), raccordé à la capacité intérieure du couvre-face, indique les variations des pressions et dépressions dues à la résistance des organes filtrants du masque pendant les phases d'inspiration et d'expiration.

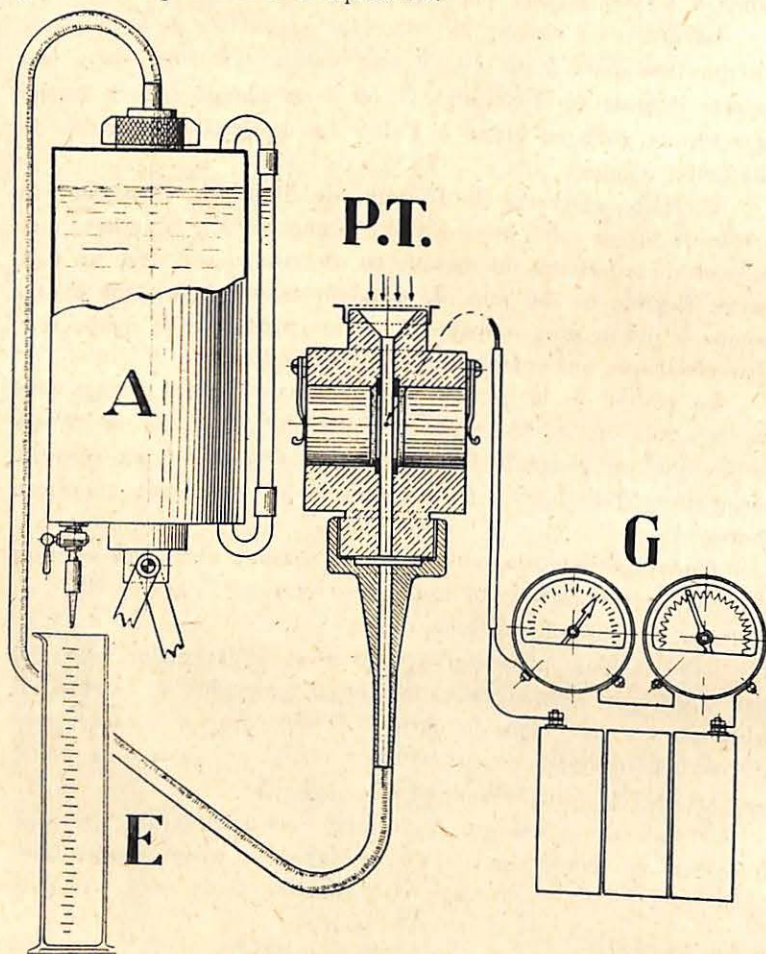


Figure 22
Schéma de principe du précipitateur thermique.

Un précipitateur thermique (P. T.) construit par la firme Casella de Londres, est placé à mi-longueur de la conduite reliant le masque à la pompe. Cet appareil permet de déterminer le nombre et la grosseur des particules solides entraînées dans la canalisation (dont la position correspond aux voies respiratoires supérieures).

Le précipitateur thermique comporte (fig. 22) un étroit canal de 0,5 mm. de largeur, au travers duquel un échantillon d'air est aspiré grâce à la dépression créée par écoulement de l'eau contenue dans le vase (A). Le jaugeage de l'eau écoulée dans l'éprouvette graduée (E) donne la mesure du volume d'air aspiré.

A travers le canal est tendu un filament chauffé électriquement. Sous l'effet des courants de convection au voisinage du corps chaud, il se forme autour de celui-ci une « gaine » imperméable aux poussières les plus fines, pour autant que la vitesse de l'air reste comprise entre certaines limites.

Les dimensions du filament et l'intensité du courant de chauffage sont choisies de telle sorte que le diamètre de la « gaine » soit supérieur à la largeur du canal. Dans ces conditions, les particules solides qui étaient entraînées dans l'air prélevé se déposent sur les parois du canal, à leur intersection avec la « gaine » d'arrêt. Ces parois sont localement constituées par de fines plaques de verre amovibles, auxquelles les poussières adhèrent parfaitement, sans aucun artifice.

L'examen des dites plaques sous un bon microscope pourvu d'un oculaire micrométrique permet le dénombrement des grains de poussières et l'estimation de leurs calibres.

Le rapport du nombre total de grains recueillis au volume de l'échantillon d'air capté donne la teneur en poussières en nombre de grains par centimètre cube.

Il importe, évidemment, pour que le comptage soit possible, que le dépôt de poussières sur les plaques du précipitateur ne soit pas trop dense : il faut qu'il se présente sous forme de grains isolés et non en agrégats de particules juxtaposées.

Le volume de l'échantillon d'air capté doit donc être adapté aux conditions d'expérience : de quelques centimètres

cubes dans le cas des milieux très poussiéreux, il passe à 100 ou 200 cm³ pour des atmosphères peu polluées.

Nous nous sommes assurés au préalable que les légères variations pulsatoires de la pression à l'endroit du captage ne perturbaient pas le fonctionnement du précipitateur thermique.

2. Etude de masques filtrants.

Détermination de la teneur en poussières dans la chambre de l'appareil d'essai.

Cette mesure est indispensable pour fixer les conditions d'essai. Nous y avons procédé comme suit : Dans le dispositif de la fig. 20, nous avons supprimé le masque. Dès lors, la pompe (P) aspirait tel quel l'air de la chambre (C), dont nous prélevions un échantillon au précipitateur thermique.

Le comptage au microscope nous a donné :

Nombre de particules par centimètre cube d'air : 130.000.

Dimensions des particules : de 0 à 5 microns, avec majorité de particules de diamètre inférieur à 1 micron.

Cette teneur est au moins 10 fois plus élevée que celle des lieux les plus poussiéreux des ateliers de travail souterrains.

Il nous a paru intéressant de déterminer aussi la teneur gravimétrique de l'air en particules solides. Cette mesure a été faite par filtration, en introduisant dans le tube en verre de la « tête de bois » (dépourvue de masque) un tampon d'ouate fortement tassé de 50 mm. d'épaisseur, maintenu par des rondelles en fine toile métallique.

La quantité de poussière retenue a été déterminée par comparaison des pesées du tube filtrant avant et après l'essai. Avant chaque pesée, le tube fut maintenu pendant 1 h. 30 à l'étuve. Le volume d'air aspiré résultait du comptage des cycles de la pompe (P).

Nous avons trouvé, comme moyenne de trois essais, une teneur de 4,335 grammes par mètre cube d'air ($\pm 0,335$ gr/m³)

Il est clair que cette mesure gravimétrique n'est pas rigoureuse, car les poussières les plus fines traversent le filtre sommaire que nous avons utilisé. Nous pensons néanmoins que

l'erreur commise n'est pas grande : le poids des grains de poussières étant proportionnel au cube de leur diamètre, l'incidence des grains les plus petits sur le poids total de l'échantillon est faible vis-à-vis de l'influence des particules les plus grosses : une particule de 0,5 micron de diamètre pèse 1.000 fois moins qu'une particule de 5 microns.

Essai d'un masque MARTINDALE à tampon filtrant d'ouate

soumis par l'Inspection médicale du Ministère du Travail et de la Prévoyance Sociale.

L'organe filtrant est une feuille d'ouate comprise entre deux feuilles de gaze. Il est maintenu contre le nez et la bouche par un léger support en métal souple, pourvu d'un élastique passé sur la nuque du porteur. L'épaisseur du tampon non comprimé est de 8 mm. environ.

Nous superposons 3 organes filtrants pour procéder à l'essai qui dure 20 minutes.

La dépression à l'aspiration, qui était de 4 mm. d'eau au début, passe à 13 mm. à la fin de l'expérience.

Le comptage de deux échantillons prélevés au précipitateur thermique a donné :

- a) au début de l'essai : 57.000 particules de moins de 5 microns par centimètre cube.
- b) à la fin de l'essai : 33.500 particules de moins de 5 microns/cm³.

Ce masque est absolument inefficace en milieu poussiéreux.

Essai d'un masque d'origine non connue, marqué 17 K. R.

soumis par l'Inspection médicale du Ministère du Travail et de la Prévoyance Sociale.

Ce masque est représenté schématiquement à la fig. 23. L'organe filtrant consiste en un « accordéon » à cinq ondes de tissu feutré tendu sur des cercles métalliques. Il est contenu dans une boîte cylindrique (B) en aluminium, à parois pleines.

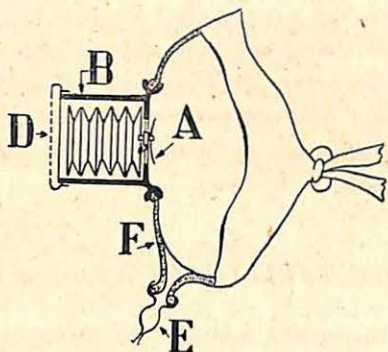


Figure 23
Vue schématique du masque 17 K.R.

dont le fond avant est constitué par un disque perforé (D). Le fond arrière de la boîte filtrante, qui s'adapte au couvre-face en caoutchouc (F), porte un léger disque en caoutchouc (A) disposé de manière à jouer le rôle de soupape d'aspiration.

Le masque porte en outre une soupape d'échappement (E) constituée par deux fines lames de caoutchouc juxtaposées, qui est combinée avec un collecteur d'eau.

Le tableau ci-dessous résume les résultats des mesures.
Durée de l'essai : 1 h. 15'.

Dépression à l'aspiration : 20 mm d'eau au début et 55 mm. à la fin de l'essai.

Surpression à l'expiration : 20 mm. pendant toute la durée de l'essai.

Teneur en poussières de l'air inspiré, en nombre de particules par cm³, à la fin de l'essai : 1.010.

— Dimensions des particules : en général, moins de 1 micron.

Un deuxième essai est tenté, après nettoyage du masque, mais sans renouvellement du filtre. Afin d'en rendre les conditions moins sévères, la vitesse de la chaîne à godets est réduite, ce qui a pour effet de diminuer la concentration en poussières dans la chambre d'épreuve.

Une mesure préliminaire nous indique que cette concentration est ainsi ramenée à 89.000 particules cm³ (contre 130.000 pour les autres essais).

Durée de l'essai : 40 minutes.

Dépression à l'aspiration : initiale 36 mm. d'eau.
finale. 50 mm. d'eau.

Teneur en poussières de l'air inspiré, à la fin de l'essai :
5.030 particules/cm³

Dimensions des particules : généralement inférieures à 1 micron.

Les résultats des deux essais sont quelque peu discordants puisque la capacité de rétention du masque, estimée en fonction du nombre de particules solides par centimètre cube d'air, est de :

$$\frac{130.000 - 1.010}{130.000} = \frac{128.090}{130.000} = 99,2 \% \text{ dans le premier cas.}$$

$$\text{et de } \frac{89.000 - 5.030}{89.000} = \frac{83.970}{89.000} = 94,3 \% \text{ dans le second.}$$

Il est probable qu'une certaine contamination se sera produite lors du remontage du filtre déjà chargé de poussières, avant le second essai.

La capacité de rétention du masque est intéressante, mais sa résistance au passage de l'air es manifestement trop élevée pour qu'il puisse être porté sans fatigue.

Essai d'un masque « Wilson » type 200, n° B. M. 21188
présenté par la firme C. E. G. I. (1)

L'organe filtrant de ce masque, qui est représenté à la fig. 24, est constitué d'un tissu feutré en laine et soie, présentant une surface totale de 30 pouces carrés et disposé sous forme d'un cylindre percé d'un trou de 18 mm. de diamètre. Le tissu des parois ondulées et du fond supérieur se compose de 69 % de laine et de 31 % de soie, tandis que le second fond comporte

(1) Comptoir d'équipement de garage et d'industrie, rue Defacqz, à Bruxelles.

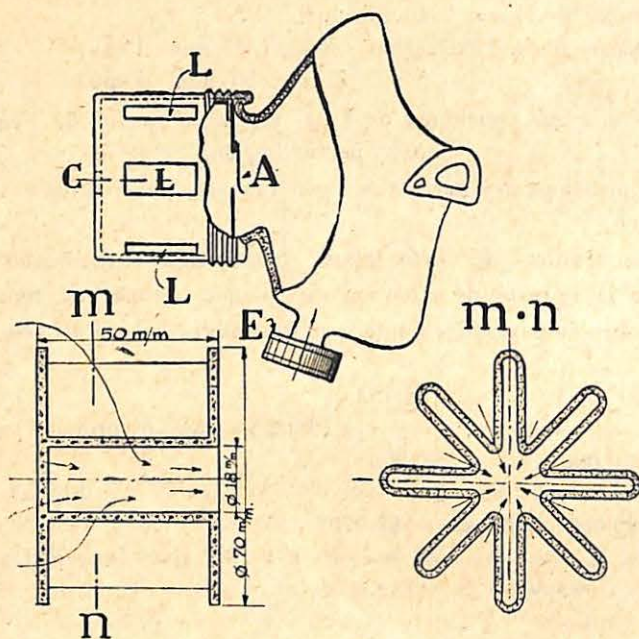


Figure 24

Vue schématique du masque « Wilson » type 200.

25 % de laine et 75 % de rayonne. Les flèches tracées sur les coupes du filtre indiquent le trajet de l'air inspiré.

Le filtre est logé dans une enveloppe cylindrique percée de 5 lumières latérales (L) de 6 mm. x 19 mm. et d'une lumière centrale (C) de 9 mm. de diamètre. La soupape d'aspiration (A) consiste en un léger disque de caoutchouc fin porté sur un support métallique annulaire. La soupape d'échappement (E) est de construction analogue.

Le masque est essayé dans les conditions habituelles, dans le milieu poussiéreux renfermant 130.000 particules par cm³; défini au début de la présente note. Les mesures donnent les résultats suivants :

Durée d'essai : 40 minutes.

Dépression à l'inspiration : initiale 4 mm.
finale 8 mm.

Surpression à l'expiration : moins de 4 mm.

Teneur en poussières de l'air inspiré à la fin de l'essai :
4.400 particules /cm³).

Diamètre des poussières : généralement 1 micron et moins.

Le pouvoir de rétention trouvé est de :

$$\frac{130.000 - 4.400}{130.000} = \frac{125.600}{130.000} = 96,6 \%$$

La résistance de l'organe filtrant est faible. Le port de ce masque est donc peu fatigant.

Essai d'un masque Wilson à pochette, type 400. L n° B.M. 2108 présenté par la firme C.E.G.I.

La fig. 25 présente schématiquement le masque qui est du type « à pochette » ou « à bavette ».

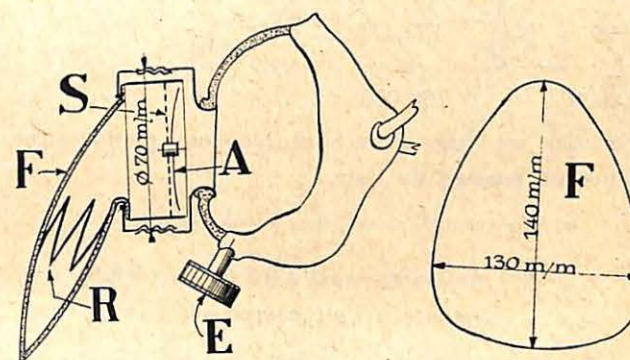


Figure 25

Schéma du masque « Wilson » type 400 L.

L'organe filtrant (F) est un sac constitué par la juxtaposition de deux épaisseurs de tissus feutrés différents, cousus l'un à l'autre. Le tissu extérieur est en pure laine tandis que le tissu intérieur est formé de 39 % de laine et 61 % de soie.

Le sac monté sur un support annulaire en aluminium est maintenu ouvert par un léger ressort métallique (R). — La soupape d'aspiration, de grande section, est formée d'un mince

disque en caoutchouc souple (A), posé sur un support circulaire (S) (perforé de 8 trous de 9 mm. de diamètre chacun).

La soupape d'échappement est constituée d'un dispositif analogue monté dans un support en ébonite (E).

Le masque est mis à l'essai dans l'air poussiéreux à 130.000 particules /cm³.

Durée de l'essai : 1 heure.

Dépression à l'inspiration : initiale 3 mm.
finale 8,5 mm.

Surpression au refoulement : moins de 4 mm. à tout moment.

Teneur en poussières dans l'air inspiré :

a) au début de l'essai : 310 particules/cm³.

b) à la fin de l'essai : 525 particules/cm³.

Diamètre des particules : 1 micron et moins.

Pouvoir de rétention (à la fin de l'essai)

$$\frac{130.000 - 525}{130.000} = \frac{129.475}{130.000} = 99,6 \%$$

Ce masque est très efficace et n'oppose pratiquement pas de résistance au passage de l'air.

3. Etude du masque DUPONT-COLINET, alimenté à l'air comprimé

Ce masque, imaginé par MM. André DUPONT et Robert COLINET, respectivement Directeur des travaux et Chef d'atelier de la Division Charbonnages belges à Frameries de la Sté. Ame John Cockerill, est alimenté par de l'air comprimé. Il est réalisé suivant le schéma de principe de la figure 26.

Le couvre-face en caoutchouc délimite, avec le visage du porteur, une capacité communiquant avec l'air extérieur par une tubulure divergente-convergente (T) en aluminium. Celle-ci est pourvue d'un ajutage central (A) raccordé à la distribution d'air comprimé (R) par un tuyau en caoutchouc de 7 mm. de

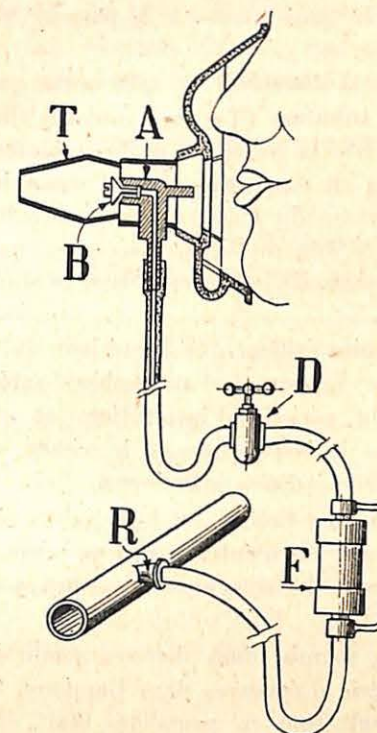


Figure 26
Schéma de principe du masque Dupont-Colinet.

diamètre, pourvu d'un filtre à charbon actif (F) et d'un détendeur réglable (D).

Le filtre à charbon actif, posé sur le sol ou suspendu au soutènement, retient les traces d'huile et d'eau éventuellement entraînées dans la distribution d'air comprimé. Le détendeur, accroché à la ceinture du porteur, permet à celui-ci de régler la pression d'admission d'air.

Le jet d'air jaillissant de l'ajutage dans la tubulure divergente-convergente (T) agit comme un éjecteur et provoque l'expulsion des produits de la respiration, pendant la période d'expiration. Cependant, grâce à un petit disque diffuseur (B) qui étale le jet à la sortie de l'ajutage (A), tout ou partie de l'air débité par ce dernier peut être dévié vers l'intérieur du

couvre-face et aspiré sans effort par le porteur, pendant la période d'inspiration.

Si l'on règle le détendeur de telle sorte que le débit d'air à la sortie de la tubulure (T) reste toujours dirigé vers l'extérieur, pendant toute la durée du cycle respiratoire, il est clair que les poussières en suspension dans l'atmosphère ne peuvent pénétrer à l'intérieur du masque par la tubulure (T) et que d'autre part l'intérieur du couvre-face sera toujours bien débarrassé de la vapeur d'eau et des autres produits de la respiration.

Il est non moins évident que l'intérieur du couvre-face sera en dépression par rapport à l'atmosphère extérieure, tout au moins pendant la période d'inspiration, et que tout défaut d'étanchéité entre le couvre-face et le visage du porteur sera une source de rentrée d'air poussiéreux.

Le masque Dupont-Colinet est léger. Il se pèse que 117 gr., est peu encombrant et n'entrave pas la respiration, ne gêne pas les mouvements du porteur et ne cause pas de congestion de la face.

Nous l'avons soumis, dans diverses conditions de fonctionnement, à une série d'épreuves dans l'appareil d'essai des masques où la concentration en poussières était de 130.000 particules par cm³.

Pour plusieurs essais, nous avons substitué à la pompe (P) un masque spécial porté par l'expérimentateur, de manière à réaliser dans l'appareil éprouvé le flux respiratoire normal (dont les deux phases sont d'inégale durée, contrairement à celles du cycle de la pompe à piston).

Ces deux modes opératoires ne nous ont pas donné de résultats différents, aussi avons-nous employé indifféremment l'un ou l'autre.

Quant à la consommation d'air comprimé, nous l'avons mesurée à l'aide d'une tuyère calibrée intercalée entre le détendeur et le masque. Toutefois, ce procédé n'étant pas assez sensible pour les pressions effectives inférieures à 0,5 Kg/cm², nous avons dans ce cas recouru au jaugeage volumétrique, en alimentant le masque à l'aide d'un gazomètre.

L'intensité des mouvements respiratoires n'influe guère

sur la consommation, qui varie toutefois fortement avec la pression d'alimentation. Les résultats de nos mesures sont rassemblés dans le tableau ci-dessous, qui est traduit sous forme de graphique par la fig. 27.

N°	Pression — P — Pression d'air effective K/cm ²	— Q — Consomma- tion d'air libre à 25° lit./minute	— H — Dépression maximum dans le mas- que en mm. d'eau	Nombre de poussières par cm ³ d'air inspiré	— R — Pouvoir de rétention en %
1	0,0195	13	30 env.	78.000	40,0
2	0,250	30	38	13.800	89,4
3	0,480	47	45	4.400	96,6
4	0,725	60,5	60	néant	100.—
5	0,790	66	63	4,700	96,4

Diamètre des poussières : moins de 5 microns et généralement 1 micron et moins.

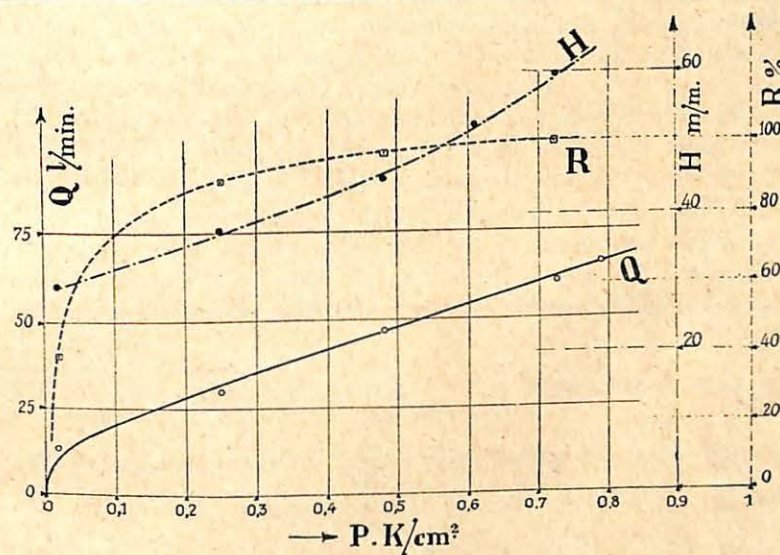


Figure 27.

Pour les essais n^{os} 1, 2, 3 et 4, le joint entre le masque et la « tête de bois » de l'appareil était parfaitement étanche.

Lors du 5^e essai, une déféctuosité fortuite du joint, trop minime pour être décelable par les moyens ordinaires d'investigation (tels que l'examen visuel ou le souffle) a suffi pour compromettre l'efficacité du masque.

Des épreuves sévères auxquelles nous avons procédé, on peut conclure que le masque est parfaitement efficace, à condition que :

1^o — la quantité d'air comprimé admise soit assez élevée — une consommation de 60 litres d'air libre par minute, correspondant à une pression de 0,7 K/cm² environ en aval du détenteur, nous paraît correspondre au minimum indispensable à cet égard.

2^o — le couvre-face s'applique de façon parfaitement étanche sur le visage du porteur.

La première condition pourrait être assurée par un dispositif automatique. Quant à la seconde, seuls le fini d'exécution du couvre-face et l'attention du porteur permettent d'y satisfaire.

ANNEXE II.

L'inflammation du méthane en milieu ionisé

par M. VAN PEE

Docteur en sciences, attaché à l'Institut.

Les ions ont la propriété de provoquer des réactions chimiques en phase gazeuse. L'étude de ce phénomène s'est poursuivie dans deux branches de la chimie : en électro-chimie des gaz où l'ionisation est produite par décharge électrique et en radio-chimie où les ions ont pour origine le rayonnement de corps radio-actifs.

En ce qui concerne le méthane, son oxydation a été observée dans la décharge lumineuse par Brewer et Kueck et sous l'action des particules α du radon par Lind et Bardwell (1).

Les produits de la réaction étaient CO₂ et H₂O et le rendement ionique (2) était compris entre 6 et 7 à la température ordinaire.

Généralement, la température a peu d'influence sur le rendement ionique. Mais dans le cas particulier d'un mélange combustible, on

(1) Brewer et Kueck. J. Phys. Chem. 35, 1281 et 1293 (1931). Lind et Bardwell. J. Am. Chem. Soc. 48. 2335 (1926).

(2) On appelle « rendement ionique » d'une réaction électro-chimique ou radio-chimique, le rapport $\frac{M}{I}$ du nombre (M) de molécules qui ont réagi au nombre total de paires d'ions (I) formés au cours de la réaction. C'est l'existence de ce rapport qui permet d'établir un lien de causalité entre l'effet chimique et l'ionisation.