

# MÉMOIRES

---

## NOTE

### SUR DE NOUVEAUX APPAREILS DE SAUVETAGE

et sur leur emploi dans les mines

PAR

L. DENOËL

Ingénieur au Corps des Mines, à Bruxelles

[61482]

---

Il existe depuis longtemps un très grand nombre d'appareils permettant à l'homme de pénétrer dans les milieux irrespirables ; depuis longtemps aussi, on a mis en relief leur utilité dans les mines et particulièrement l'aide puissante et efficace qu'ils peuvent apporter au sauvetage en cas d'incendies souterrains, d'explosions ou de dégagements instantanés de grisou. Néanmoins jusque dans ces derniers temps, aucune des nombreuses inventions que nous connaissons ne s'est répandue dans les exploitations minières. La cause de cet échec doit être recherchée en partie dans le prix élevé des appareils proposés et dans les

défectuosités qu'ils présentaient, la plupart n'étant pas étudiés spécialement au point de vue de leur emploi dans les travaux souterrains ; on les a même vus ne pas fonctionner en cas de nécessité. D'autre part, il faut bien le reconnaître, elle réside aussi dans le peu d'importance et d'intérêt que les exploitants attachaient en général à la question. Pour beaucoup d'entre eux, les appareils respiratoires n'avaient guère d'utilité ; quand il survient une catastrophe, on ne peut jamais arriver que trop tard pour tenter un sauvetage avec succès dans les points de la mine ravagés par l'élément meurtrier.

On ne peut plus aujourd'hui contester l'importance qu'il y a de posséder dans chaque mine, et particulièrement dans les mines de houille grisouteuses, des appareils de sauvetage efficaces.

Sans parler de la possibilité de combattre rapidement les incendies souterrains et de les localiser dans les limites les plus étroites, on pourrait citer un grand nombre d'exemples d'accidents qui, par l'emploi de ces appareils, auraient été évités ou tout au moins considérablement atténués. Tels notamment ces dégagements instantanés de grisou dont certaines de nos mines sont périodiquement le théâtre, et dont la fréquence ne fait que s'accroître. Dans bien des cas, on a vu les ouvriers avertis par les signes persécuteurs de ces terribles phénomènes n'échapper par la fuite aux atteintes de la projection de charbon que pour venir périr, terrassés par le gaz, à quelques mètres de distance d'une galerie ventilée par de l'air frais. Et après plusieurs heures d'inutiles efforts, quand l'afflux de grisou a cessé ou que la ventilation est suffisamment rétablie, quand on ne relève plus que des cadavres, on s'aperçoit qu'il eût été possible, en s'isolant de tout contact avec une atmosphère mortelle, de retirer en quelques instants ces malheureuses victimes de leur position critique, et de sauvegarder leur existence.

La même douloureuse constatation a été faite dans bien d'autres circonstances. Citons entr'autres les deux exemples suivants rapportés par M. J. Mayer <sup>(1)</sup>. Le plus typique est celui de l'incendie qui a pris naissance en 1896 dans le puits Hermenegild (district de Polnisch-Ostrau), où il eût suffi de fermer une porte d'aérage dans une galerie de communication devenue inaccessible pour sauver la vie à 16 ouvriers. Lors de l'explosion de 1891 au puits *Dreifaltigkeit* dans le même bassin, le personnel de tout un chantier (c'est-à-dire environ 50 % des victimes) aurait été sauvé, si l'on avait pu se porter rapidement à son secours. Ces ouvriers battaient en retraite vers le puits et n'avaient plus que 200 à 400 mètres à parcourir pour être en sûreté, et ce dans des galeries nullement endommagées, mais envahies par les gaz délétères.

Dans son rapport sur les *Causes de mort dans les explosions*, le Dr Haldane <sup>(2)</sup> a démontré que, lors des grandes catastrophes survenues à Tylorstown, Mickelfield et Brancepeth, environ 77 % (et même, dans la première, 91 %) des victimes ont succombé à l'asphyxie dans les gaz délétères produits par l'explosion. Parmi ceux-ci, l'oxyde de carbone est particulièrement dangereux. Les premiers symptômes d'intoxication par ce gaz se manifestent distinctement quand le degré de saturation de l'hémoglobine du sang est d'environ 30 %. Lorsque ce degré est de 50 %, les jambes deviennent si faibles qu'elles se refusent à tout service; à un degré supérieur survient l'évanouissement, puis la mort. Les délais qui précèdent la manifestation des symptômes d'empoisonnement dépendent de la proportion d'oxyde de carbone contenue dans l'atmosphère: S'il y a moins de 0,1 % de ce gaz, le sang ne peut se saturer qu'à concu-

<sup>(1)</sup> *Osterr. Zeitschrift*, 1898.

<sup>(2)</sup> Voir la traduction de ce rapport par J. Daniel dans le tome II des *Annales des Mines de Belgique*.

rence de 50 ‰, et il n'existe aucun danger, bien qu'au bout de quelques heures le moindre effort musculaire produise des vertiges et d'autres troubles plus ou moins prononcés. Si l'atmosphère contient 0,1 ‰ de CO, la demi-saturation sera atteinte au bout d'une heure à 2 h. 1/4 suivant que l'homme est en mouvement ou en repos; cette durée est réduite à la moitié ou au tiers, si la teneur en oxyde de carbone est de 0,2 ou 0,3 ‰ et ainsi de suite. Si cette teneur est élevée, 2 ‰ et au delà, la mort arrive bien avant que le sang ait eu le temps de se saturer jusqu'à 80 ‰. dernière limite compatible avec l'existence. Examinant ensuite les divers phénomènes qui entrent en jeu dans la mine après une explosion, le D<sup>r</sup> Haldane établit que le plus grand nombre des victimes ne succombe à l'action nocive de l'*afterdamp* qu'après une heure ou deux <sup>(1)</sup>. C'est là un temps relativement long pendant lequel un sauvetage méthodiquement conduit a les plus grandes chances d'aboutir; ce sera, dans bien des cas, plus que suffisant pour rétablir les portes d'aérage, élever des barrages, pour prendre en un mot les mesures que comporte la situation. Or, nous avons vu plus haut que le principal obstacle qui s'oppose à leur exécution, résulte de l'impossibilité pour les sauveteurs de pénétrer dans les galeries envahies par les gaz délétères. Les appareils permettant de vivre dans les milieux irrespirables, et des lampes électriques pour se diriger, ne seraient pas moins utiles aux ouvriers eux-mêmes surpris par une explosion, s'ils en avaient à leur disposition dans le voisinage des fronts de tailles.

La publication du remarquable travail du D<sup>r</sup> Haldane a

---

(1) Ce fait avait déjà précédemment été constaté. Haton de la Goupillière cite dans son *Cours d'exploitation des Mines* le coup de feu de Seaham en 1880 qui fit 164 victimes, dont 150 ont succombé à l'asphyxie. Des inscriptions à la craie retrouvées de divers côtés ont montré que pour beaucoup la mort avait été lente à venir.

puissamment réveillé, chez les exploitants de mines et les pouvoirs publics, l'intérêt qui s'attache à la question du sauvetage et stimulé le zèle des inventeurs qui se sont ingénies à produire des appareils répondant à toutes les exigences pratiques. Nous nous proposons, dans ce qui suit, de faire connaître les plus intéressantes de ces tentatives, qui paraissent devoir être couronnées de succès, notamment le *Pneumatophore Walcher-Gärtner* <sup>(1)</sup> et l'appareil *Neupert-Mayer* <sup>(2)</sup>.

Il ne sera pas inutile, au préalable, de rappeler en quelques mots les conditions du problème à résoudre.

Les appareils respiratoires peuvent se diviser en deux grandes classes. La première est celle des *appareils fixes*; ils sont basés sur le même principe que le scaphandre; ils se composent tous essentiellement d'un masque auquel aboutit un tuyau en caoutchouc qui le met en communication permanente avec de l'air pur. Ils sont caractérisés par une durée de fonctionnement *illimitée*, tandis que la distance dont on peut s'écarter de la source d'air est *limitée*; en fait elle ne dépasse guère 30 mètres. La seconde classe comprend les *appareils portatifs*, dont la durée est *limitée*, mais qui laissent au porteur complète liberté d'allure.

Les premiers appareils peuvent être utilisés avantageusement dans des milieux irrespirables pour exécuter des travaux de longue durée, qui ne sont pas précisément urgents et pour lesquels on peut en conséquence prendre les dispositions les plus efficaces. Ce sont peut-être, si l'alimentation d'air est abondante et régulière, d'excellents appareils *respiratoires*, mais rien de plus; ce ne sont pas des *appareils de sauvetage*.

Ces derniers, pour répondre à leur but, *doivent être indé-*

---

(1) Bergrat Behrens, *Glückauf Essen*, 1897. — Dr Fillunger, *Oesterreichische Zeitschrift für Berg und Hüttenwesen*, 1896.

(2) Bergrat J. Mayer, *ibid.*, 1898.

*pendants de toute sujétion de temps et de lieu, et, par conséquent, être toujours prêts à fonctionner en cas d'accident, s'ajuster et être mis en œuvre sans la moindre perte de temps, être faciles à transporter, laisser au porteur une complète liberté d'allure et de mouvements, et présenter une durée d'utilisation suffisante.*

Il est facile de se convaincre que seuls, les appareils à réservoir d'oxygène et à régénération peuvent répondre à ces desiderata. Ils sont basés sur l'examen du phénomène physiologique de la respiration. Dans cet acte, une partie de l'oxygène de l'air se transforme en anhydride carbonique qui est exhalé avec l'oxygène résiduel et l'azote inerte. Un homme valide aspire par minute 5 à 8 litres d'air et consomme à l'état de repos  $300 \text{ cm}^3$  d'oxygène, et  $1100 \text{ cm}^3$  s'il déploie un travail musculaire. La quantité d'acide carbonique produite est en raison de cette consommation; elle augmente avec le travail déployé, de telle façon que chaque kilogrammètre exige un surcroît de dépense d'oxygène de  $3 \text{ cm}^3$ , et donne lieu à la formation de  $2,8 \text{ cm}^3$  de  $\text{CO}^2$ . La respiration n'est plus possible quand l'air contient  $7 \frac{1}{2} \%$  d'acide carbonique, parce qu'à partir de cette teneur, ce gaz n'est plus expulsé, même en présence d'un excès d'oxygène. Une proportion de  $6 \%$  de  $\text{CO}^2$  dans l'atmosphère, rend la respiration difficile, amène déjà des vertiges et la faiblesse musculaire. Pour pouvoir séjourner un certain temps dans un milieu irrespirable, il ne suffit donc pas de se munir de la provision d'oxygène nécessaire pour ce temps; ce serait peu économique puisqu'on ne brûle que  $4 \%$  de la quantité inspirée, et qu'on gaspille tout le reste à l'expiration. On évitera cette perte en renvoyant tous les produits de la respiration dans un vase clos et en disposant à l'intérieur de celui-ci des réactifs susceptibles d'absorber l'anhydride carbonique et de maintenir la proportion de ce gaz en deçà d'une limite donnée. La quantité et la sensibilité de l'absor-

bant ont donc une influence non moins grande que le volume d'oxygène disponible sur la durée d'un appareil respiratoire. L'azote parcourt le cycle des poumons au régénérateur sans éprouver de modifications, de sorte qu'il maintient à peu près constantes les conditions atmosphériques. Il n'y a d'ailleurs aucun inconvénient à ce qu'il disparaisse, l'expérience ayant démontré qu'on peut, sans aucune conséquence fâcheuse pour l'organisme, respirer de l'oxygène pur. Il y aura donc tout avantage au point de vue de la légèreté et de la durée de fonctionnement de l'appareil à substituer ce gaz à l'air atmosphérique; en outre, comme son action revivifiante dans les cas d'asphyxie, et notamment d'intoxication par l'oxyde de carbone, est bien démontrée, il en résulte au point de vue du sauvetage, une supériorité marquée des appareils à réservoir d'oxygène sur tous les autres types.

Ces principes ont été appliqués pour la première fois dans l'*aérophore* du professeur Schwann, et ensuite dans plusieurs appareils dont les plus connus sont ceux de Fleuss et de Regnard. Comme nous l'avons dit plus haut, ces premiers appareils n'ont pas reçu la sanction de la pratique. Celui de Fleuss mérite cependant une mention spéciale. La disposition en est bien connue; il suffira de rappeler ici qu'il se compose essentiellement d'un masque relié par des tuyaux à soupape, d'une part avec un sac fonctionnant comme régulateur et se portant sur la poitrine, et d'autre part avec un régénérateur renfermant un cylindre d'oxygène, et des couches alternantes d'étoupes et de soude caustique. Tout imparfait qu'il fût sous cette forme, il a cependant été utilisé lors du coup de feu de Seaham en 1880, où l'on a pu, sous la conduite de l'inventeur, accomplir pendant plusieurs semaines des travaux importants. En 1882, on en fit une autre application couronnée de succès, lors de l'accident de Killingworth, près de Durham; le

puits d'entrée s'étant éboulé et la ventilation étant complètement interrompue, tout un chantier était devenu inaccessible par suite d'un dégagement abondant de grisou. On parvint, grâce à l'appareil, à sauver la vie à neuf ouvriers.

En 1885, on entreprit dans les mines fiscales de Sarrebrück une série d'essais qui ont abouti à modifier la construction de l'appareil (1). Le régénérateur a été divisé en compartiments par des tôles perforées; on a séparé les couches de soude et d'étoupe que l'humidité finissait par agglutiner en une masse sans porosité, d'où résultait une difficulté extrême de respirer. On y a ajouté un réfrigérant et on a modifié légèrement la forme du masque. Ainsi perfectionné, cet appareil pèse 14 kilog. 1/2 et coûte 1400 fr.; il exige pour le remplissage quatre minutes et demie, et une fois rempli, une minute pour être mis en service; il possède une durée d'au moins deux heures, l'oxygène n'étant comprimé qu'à la pression de 15 à 16 atmosphères.

Malgré ces résultats satisfaisants, les conclusions du rapport de l'administration des mines de Sarrebrück furent défavorables à l'appareil Fleuss à cause surtout du mauvais fonctionnement de la lampe à lumière oxyhydrique de cet inventeur. Aujourd'hui que le problème de l'éclairage dans les milieux irrespirables a reçu une solution définitive par l'emploi des lampes électriques à accumulateur, il n'y a plus lieu de s'occuper de ces accessoires des appareils de sauvetage. Il semble donc que, débarrassés de cette difficulté, ceux-ci aient dû se répandre rapidement; il n'en a rien été jusqu'en ces derniers temps pour les raisons que nous avons exposées au début. M. J. Mayer rapporte qu'au commencement de l'année 1897, il ne put se procurer un appareil Fleuss, aucune firme n'en construisant plus en Angleterre ni en Allemagne.

---

(1) Voir *Zeitschrift für Berg-Hütten und Salinenwesen*, 1886 et *Annales des Mines*, 1890.



Actuellement, et c'est une preuve du renouveau d'intérêt suscité autour de la question par la publication du D<sup>r</sup> Haldane, il vient d'être repris et perfectionné par G. Winstanley <sup>(1)</sup> qui s'est attaché à le rendre plus léger et moins encombrant. La soude caustique est introduite en fragments dans le sac respiratoire même. Le masque se construit d'après deux modèles différents : le premier n'embrasse que le nez et la bouche ; le second, destiné à permettre de séjourner dans les fumées, couvre en outre les yeux. Dans les deux cas, le masque est en connexion avec le sac par l'intermédiaire de deux tuyaux à soupape, l'un pour l'inspiration, l'autre pour l'expiration. Le sac est en caoutchouc et se porte par devant ; il est divisé en deux compartiments et dans chacun d'eux on met, au moment de l'emploi, deux livres de soude. Le réservoir à oxygène se porte sur le dos par des bretelles ; dans la disposition primitive, il était en cuivre ; on le fait actuellement en acier, ce qui permet de pousser la compression beaucoup plus loin, et d'emporter une provision de 170 litres d'oxygène. Un petit tube en caoutchouc relie la soupape du réservoir au tuyau d'aspiration et c'est surtout dans ce mode de connexion que réside la supériorité du nouvel appareil sur l'ancien, dont un des principaux inconvénients était la grande complication de tuyaux. Le prix de cet appareil est de 13 L. soit 325 francs.

### **Pneumatophore.**

Inventé par le chevalier R. Walcher von Uysdal en collaboration avec le D<sup>r</sup> Gärtner, professeur de pathologie à l'Université de Vienne, cet appareil est actuellement très répandu en Autriche et en Allemagne, et il y a fait l'objet

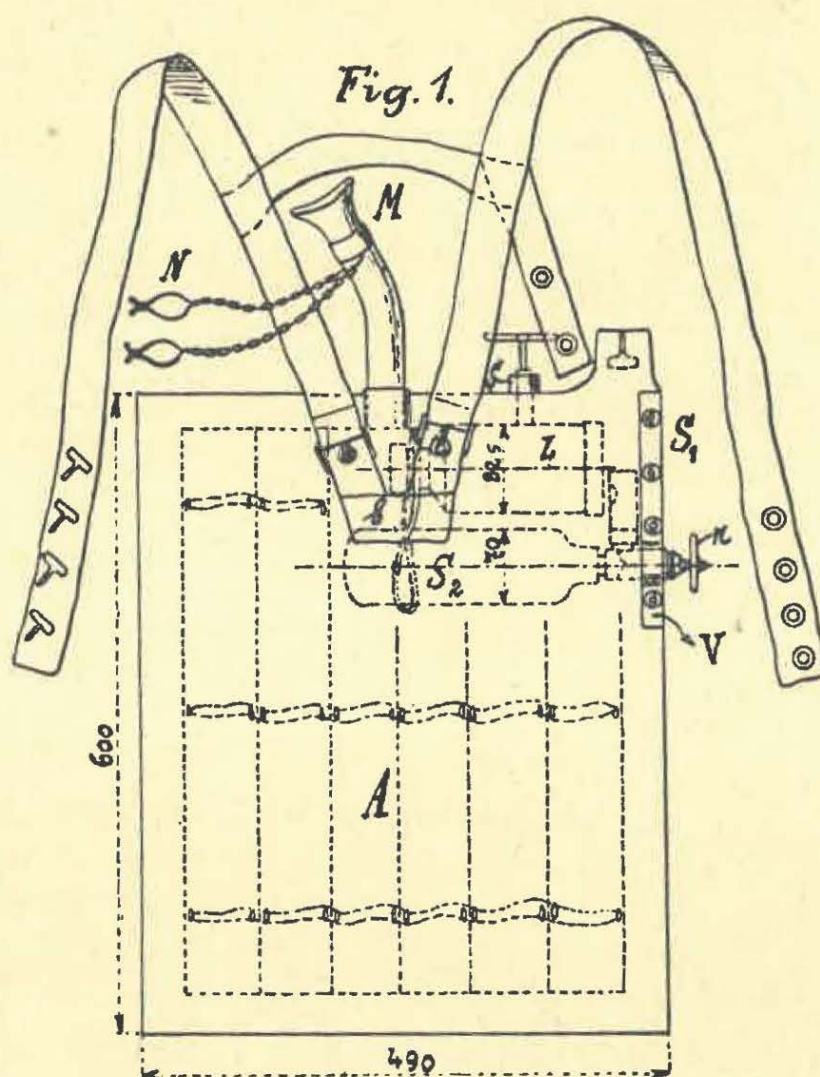
---

<sup>(1)</sup> *Colliery Guardian*, janv. 15, 1897.

de plusieurs essais et applications pratiques, Il a été décrit d'après le mémoire déjà cité du D<sup>r</sup> Fillunger, par M. F. Laur dans l'*Écho des Mines*, et a été exposé par cet ingénieur à Bruxelles en 1897. Pour l'intelligence de ce qui suit, nous résumons ici la description des parties essentielles de cet appareil.

Il comprend :

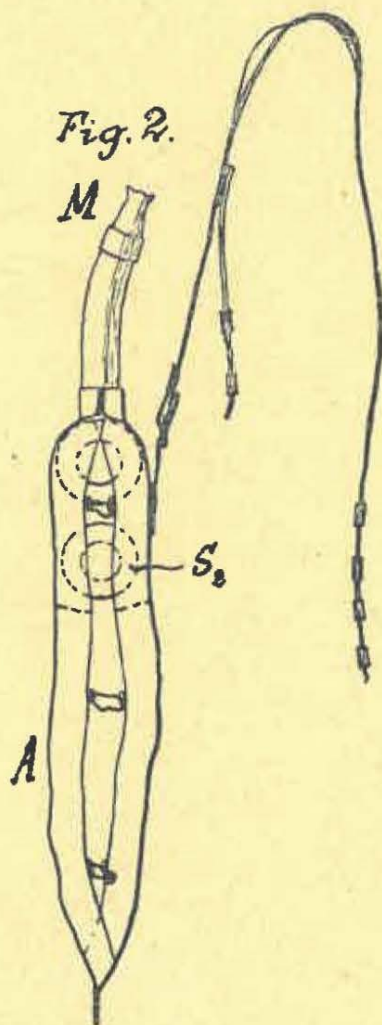
1° Le sac respiratoire A (voyez les figures 1 et 2); 2° la bouteille à oxygène  $S_2$ ; 3° l'appareil lessiveur L; 4° le pince-nez N et 5° la gibecière ou le sac pour porter le tout.



Le sac respiratoire a 490 m/m de largeur, 600 m/m de longueur et est fait d'une étoffe imperméable aux gaz. Pour

absorber la dissolution de soude, on suspend dans l'intérieur du sac, entre les deux parois, un tissu uni, fait en forme de filet et tricoté peu serré avec des bandes de futaine.

Vers le milieu du bord supérieur du sac se trouve le tuyau d'aspiration, avec l'embouchure M, faite en gomme dure. Ce tuyau est tout simple et sans aucune soupape. Tout à côté, et dans un rebord en caoutchouc, se trouve



une ouverture pour le passage de la douille filetée  $s$  de l'appareil lessiveur.

Sur le côté droit du sac, et dans le sens de la hauteur, se trouve une fente  $S_1$  qui sert à l'introduction, dans l'intérieur du sac, de l'appareil lessiveur et de la bouteille à oxygène. Cette fente permet en outre de retourner le sac

pour lui faire subir un lavage après qu'on s'en est servi. Elle se ferme hermétiquement à l'aide de deux éclisses  $V$  qui embrassent en même temps le col de la bouteille à oxygène, ce qui laisse en dehors le volant de commande  $r$  de la soupape qui ferme cette même bouteille.

Partant du milieu et du coin de droite du bord supérieur du sac, s'allongent les courroies  $T_1$ , qu'on peut enlever à volonté; celles-ci passent sur les épaules, puis sous les bras, pour revenir par devant, et se ferment sur la poitrine à l'aide d'œillets et de crochets. Par derrière se trouve une courroie  $T_2$ , qui relie les deux premières, et qui supporte le sac, passé autour du cou, jusqu'à ce que les courroies soient fermées.

L'appareil lessiveur se compose d'un cylindre en fer blanc, percé de trous, dans lequel on place une bouteille de verre, fermée par un bouchon en caoutchouc, et contenant 426 centimètres cubes d'une dissolution de soude à 25 %. Sa longueur est de 200 m/m et son diamètre, à la base, de 80 m/m. Entre la bouteille et son enveloppe de fer blanc, se trouve un anneau de fer qui porte, perpendiculairement au grand axe du récipient, une douille métallique qui sert d'écrou pour la tige filetée  $s$ .

En manœuvrant celle-ci de l'extérieur, on brise la bouteille de verre et la lessive se répand dans le sac  $A$ . Le cylindre en tôle perforée est enveloppé dans de l'organdi bien lavé et débarrassé de tout apprêt. Cette disposition a pour but d'augmenter la surface absorbante et, en même temps, de retenir les éclats de verre. Au col de l'appareil lessiveur est suspendue une boucle  $b$ , dans laquelle vient s'engager le fond de la bouteille à oxygène  $S_2$ . Cette dernière est en acier, pouvant résister à la pression de 250 atmosphères, elle contient 60 litres d'oxygène comprimé à 100 atmosphères; elle est munie d'une petite soupape qui se manœuvre par une vis  $r$ . Au tuyau  $M$  sont attachés par

des chaînettes deux pince-nez N garnis de cuir que l'on peut utiliser alternativement.

*Mode d'emploi.* On tire l'appareil du sac dans lequel il est enfermé pour le transport, on l'étend devant soi, la soupape du réservoir d'oxygène à droite, et on le suspend au cou; on brise ensuite la bouteille à alcali, en ayant soin de soulever le sac par sa partie supérieure pour que la lessive ne se répande pas dans le tuyau d'aspiration. Le sac doit être mis à une hauteur telle que l'embouchure s'applique sur la bouche et tienne d'elle-même sans intervention des dents. On fixe le pince-nez et on ouvre modérément la soupape à oxygène, de façon à ne pas créer de pression à l'intérieur du sac respiratoire. Les gens peu habitués peuvent de temps en temps détacher les pince-nez et expirer dans l'atmosphère, mais il faut recourir à cette manœuvre le moins possible, vu qu'elle entraîne un gaspillage d'oxygène et réduit la durée d'utilisation de l'appareil. De temps en temps, il faut relever et secouer le sac, pour ramener l'air en contact intime avec la lessive qui finit par s'accumuler dans le fond.

Le poids de l'appareil tout monté est de 4 kg. 5; il est construit par la maison « Waldeck, Wagner et Benda » à Vienne et vendu avec un réservoir d'oxygène de 60 litres, au prix de 90 francs. On peut également se procurer l'oxygène comprimé en bombones de 500 ou 1000 litres ainsi qu'un appareil spécial pour le remplissage des petits cylindres.

Si l'on compare le pneumatophore à l'appareil Fleuss, on voit que le sac respiratoire et le régénérateur de ce dernier, sont ici réunis et que les soupapes, masque et tuyaux de communication sont supprimés. Il en résulte plus de légèreté et de compacité de l'appareil, ainsi qu'une plus grande facilité de respirer. Le réactif a été à dessein enfermé dans

une bouteille fermée pour qu'il puisse se conserver sans altération jusqu'au moment de l'emploi et être prêt à fonctionner à tout instant en cas de nécessité. On évite ainsi la perte de temps résultant du renouvellement du réactif. La durée est moindre que dans le système Fleuss, mais cet inconvénient est compensé par la légèreté qui permet d'emporter deux appareils pour les travaux de grande durée.

Les premiers résultats obtenus avec le pneumatophore ont été publiés par Fillunger; les essais ont été effectués à la surface ou dans des galeries souterraines où l'atmosphère était plus ou moins viciée par l'acide carbonique et le grisou; ils ont prouvé que la durée d'utilisation de l'appareil était d'au moins une heure. Dans un cas, cette durée a atteint 1 h. 32' et l'expérimentateur a circulé pendant 61' dans une galerie envahie par du grisou.

Un essai contrôlé par une analyse chimique a démontré que la provision d'oxygène et la quantité d'absorbant employée était dans un rapport convenable. Cet essai a été fait par un homme restant en repos et a duré 74 minutes. La pression d'oxygène était tombée de 86 à 23 atmosphères et la consommation de ce gaz a été de 404 cm<sup>3</sup> par minute. A la fin, l'atmosphère du sac respiratoire contenait en volume

1,56	%	CO <sup>2</sup>
43,01		O
55,43		N

95,3 % de la quantité primitive de soude caustique avaient été transformés en carbonate.

Un rapport de M. Behrens fait connaître des expériences particulièrement intéressantes qui ont été faites au puits Shamrock de la Société Hibernia (Westphalie) sous la conduite du directeur des travaux M. G. Mayer. L'appareil a été utilisé deux fois dans cette mine dans des circonstances

très sérieuses, lors d'un incendie souterrain survenu le 19 juin, et, du 4 au 6 août 1897, lors de la réouverture d'un ancien chantier incendié et abandonné. Nous reproduisons ici le tableau de ces essais ; il contient dans la colonne des observations mainte indication pratique concernant le maniement de l'appareil.

Numéro d'ordre	DATE	Endroit où les essais ont eu lieu.	État de l'atmosphère.	EXPÉRIMENTATEUR	Durée de l'essai en minutes.	Trava effectu pendant l'essai kgm.
1	18—IX—96	Canal en maçonnerie des fours à coke.	On brûle des copeaux de bois humides, des déchets de laine, etc. Température 40° C	Mertens, ferblantier. Loges, maçon.	19 } 42 } 61	
2	14—I—97	Baraque d'essais à la surface.	SO <sup>2</sup> Température 50° C	Krembel boute-feu.	29	2500
3	Id.	Id.	Id.	Becker porion.	40	750
4	9—II—97	Id.	Combustion de résine, déchets de corne et de crins.	Krembel.	111	230
5	19—II—97	Id.	Id.	Rehfeuter surveillant de puits.	132	375
6	19—VI—97	Chantier incendié dans la veine <i>Dickebank</i> , à l'étage de 422 mètres.	CO et CO <sup>2</sup> le premier dominant.	Krembel.	110 (plusieurs interruptions)	



DÉPENSE D'OXYGÈNE		OBSERVATIONS
totale	par minute	
moins de 60 l.		<p>Mertens pouvait parfaitement respirer, mais il a dû se retirer incommodé par la chaleur.</p> <p>Le maçon Loges a repris le même appareil tel quel, a respiré sans difficulté et s'est occupé à assembler des pièces de charpente en bois jusqu'au moment où on l'a rappelé. Il restait encore un peu d'oxygène dans le réservoir.</p>
59,4	2,05	Équipement avec l'appareil primitif; 425 cm <sup>3</sup> de solution de soude.
48,84	1,22	Pneumatophore modifié; la lessive a été versée dans le sac immédiatement avant l'essai; la bouteille en verre et son enveloppe en tôle ont donc été enlevées. Le réservoir d'oxygène est pendu par des courroies sur le bas du dos et est réuni par un tuyau avec le sac respiratoire. L'expérimentateur fait remarquer que la diminution de la charge reposant sur la poitrine et la répartition d'une partie du poids sur le dos constituent un allègement très avantageux. La sécurité a encore été augmentée par la disposition de l'embouchure; au lieu d'une simple pièce de corne en forme de pavillon, qui tombe facilement bas de la bouche, on a employé une bande de caoutchouc elliptique, qui se glisse sous les lèvres et porte à l'intérieur deux appendices faciles à saisir entre les dents, et à l'extérieur se raccorde au tuyau respiratoire.
3,6	1,203	L'expérimentateur a deux flacons d'oxygène dans un petit sac en toile à voile sur le dos. Dans le sac respiratoire, on a mis, pour étendre la surface de réaction de l'alcali, 8 morceaux de fibres de luffa qui doivent remplacer le réseau de cloisons en futaine adopté par l'inventeur du pneumatophore. Ce premier dispositif rend la respiration assez difficile et occasionne des maux de tête. La quantité de lessive caustique a été augmentée proportionnellement au volume d'oxygène et portée à 1062,5 cm <sup>3</sup> ; on la verse en une fois dans le sac au début de l'essai.
1,1	0,932	Le premier réservoir contenant 61,75 litres d'oxygène a suffi pour 77 minutes; dépense par minute 0,802 litre. Le second réservoir de 61,38 litres n'a duré que 55 secondes; donc, la consommation s'est élevée à 1,116 litres par minute.
	1,09	<p>Lutte contre l'incendie. On a d'abord essayé avec un appareil composé d'un masque, d'un tuyau et d'une pompe à air; mais on a été obligé de battre en retraite, l'endroit de la prise d'air ayant été rapidement envahi par les fumées. On a pu reprendre le travail avec le pneumatophore; on a commencé à établir un barrage, rendu accessible un plan incliné situé près du foyer, et réparé un cordon de sonnette transmettant les signaux à un treuil à air comprimé situé à la partie supérieure. Ces travaux ont été exécutés avec un plein succès, mais n'ont pu être continués faute de gens exercés et d'un plus grand nombre d'appareils.</p> <p>Le mode de fixation de l'appareil a été modifié de telle sorte que le réservoir d'oxygène se portant sur le dos et le sac pendant sur la poitrine, sont réunis par deux fortes courroies passant sur les épaules comme des bretelles de pantalon. Il n'y a plus ainsi de</p>

Numéro d'ordre	DATE	Endroit où les essais ont eu lieu.	État de l'atmosphère.	EXPÉRIMENTATEUR	Durée de l'essai en minutes.	Travail effectué pendant l'essai. kgm.
7	4-6-VIII-97	Chantier incendié dans la couche Sonnenschein à 472 mètres.	CO <sup>2</sup>	Rehfenter Hansmeyer Krembel	plusieurs interruptions et reprises.	
8	27-IX-97	Baraque d'essais à la surface.	Combustion de résine, crin et corne.	Bühner ouvrier abateur.	78 (3 interruptions.)	4775
9	18-X-97	Id.	Id.	ffland ouvrier abateur.	132	3875
10	28-X-97	Id.	Id.	Hansmeyer surveillant.	97	7775
11	28-X-97	Id.	Id.	Krembel.	122	4250

DÉPENSE D'OXYGÈNE		OBSERVATIONS
totale	par minute	
		<p>courroies sous les bras ni sur la poitrine; pour éviter le déplacement latéral du cylindre à oxygène, on attache le sac où il est enfermé à la ceinture. (Voir les figures 4, 5 et 6.)</p> <p>Le poids du réservoir d'oxygène tend à relever le sac respiratoire et contribue avantageusement à maintenir le ferme-bouche contre les dents du porteur. Les fig. 5 et 6 montrent que celui-ci est complètement maître de se mouvoir librement; la fig. 5, comment on relève le sac pour y répartir de nouveau la solution alcaline, et la fig. 6 le mode d'attache primitif du sac respiratoire au moyen de la ceinture sur le devant de la poitrine; disposition prise pour que le sac ne gêne pas quand on veut soulever un fardeau, et devenue inutile.</p> <p>Réouverture d'un chantier dans lequel le feu était encore en pleine intensité, en vue de resserrer le foyer dans des limites plus étroites par l'établissement de barrages. Au préalable, il était nécessaire de démonter une cloison dans un montage devenu inaccessible par suite de l'accumulation d'acide carbonique dans l'atmosphère et d'une trop grande longueur pour l'appareil à tuyau; la température y était en outre très élevée. Les personnes désignées ont réussi en employant plusieurs pneumatophores à rétablir le soutènement et les échelles dans la cheminée en question et à démolir le barrage qui l'obturait. La consommation d'oxygène à cause de la haute température et des travaux pénibles exécutés a été double de l'ordinaire et les deux réservoirs n'ont duré qu'une heure.</p> <p>Les travaux subséquents de muraillement et d'endiguement du foyer ont complètement réussi.</p>
3,2	1,19	<p>Pour vérifier décidément si les cloisons en futaine doivent encore être employées, on a placé un double filet dans le sac respiratoire. L'expérimentateur éprouve des difficultés de respirer et doit interrompre l'essai à 3 reprises et finalement y renoncer. Les filets s'affaissent vers le fond du sac et une grande partie de leur surface devient inutile. La lessive qui imbibe l'intérieur des bandes est vraisemblablement aussi soustraite au contact de l'acide carbonique.</p>
5	0,80	<p>Appareil disposé comme au n° 7. L'expérimentateur porte un poids total de 8 kg. 733, c'est-à-dire à peu près le double du poids primitif du pneumatophore (4,5 kg.). Néanmoins les porteurs n'éprouvent pas de fatigue plus prononcée.</p>
	1,185	<p>Dans le sac respiratoire en caoutchouc lisse, on n'a placé ni réseau de futaine ni éponge de luffa. Il y avait 1100 cm<sup>3</sup> de lessive alcaline. L'expérimentateur a éprouvé dans la bouche et la gorge une impression de sécheresse qu'il n'avait jamais remarquée lors d'autres essais.</p>
4	0,96	<p>Disposition de l'appareil comme au n° 9. Mêmes résultats. Ces derniers essais et d'autres entrepris dans la suite ont démontré l'efficacité de l'éponge en 4 morceaux de luffa introduite dans le sac respiratoire.</p> <p>Lors d'incendies souterrains, il convient de monter l'appareil non pas à la surface, mais au lieu d'emploi. Le transport peut être effectué par des gens non familiarisés avec l'appareil, dans un havresac (fig. 6 et 7).</p>

Le but des expériences de Shamrock était avant tout d'éprouver l'efficacité et la durée de l'appareil dont on se proposait de faire usage pour combattre les incendies qui surviennent périodiquement dans la couche « Dickebank ». Le premier de ces essais, déjà mentionné par Fillunger, démontre le bien fondé de l'assertion de l'inventeur que



FIG. 3

l'appareil permet de respirer au moins une heure en accomplissant un travail léger.

Dans les essais suivants, on a voulu augmenter nota-

blement les difficultés, en portant la température à 50°C et en faisant exécuter à l'expérimentateur un travail consistant à soulever un poids de 20 kilogrammes au moyen d'une corde et d'une poulie, travail qui peut s'évaluer par le nombre et la hauteur des levées. Dans ces conditions, l'activité plus grande du jeu des muscles et des poumons a



FIG. 4

eu pour résultat de réduire la durée d'utilisation de l'appareil à 40 et même à 29 minutes (essais n<sup>os</sup> 2 et 3). A la suite de ces expériences et d'autres non rapportées au tableau, attendu qu'une durée d'une demi-heure serait dans bien des

cas insuffisante pour les travaux à exécuter en vue de combattre efficacement des incendies, par exemple pour l'établissement de barrages, on a été conduit à employer deux réservoirs à oxygène au lieu d'un seul. Il a paru peu avantageux de les réunir en un cylindre unique d'une contenance de 120 litres; d'une part, l'appareil eût été moins maniable,



FIG. 5

et en second lieu, il est bon que l'attention du sauveteur soit mise en éveil par l'épuisement de la première bouteille et qu'il puisse se rendre compte par là du moment où il devra se retirer dans une atmosphère respirable. C'est avec l'appareil ainsi modifié qu'on a pu accomplir sans diffi-

culté les travaux renseignés aux numéros 6 et 7. Dans ce dernier cas, la provision d'oxygène n'a duré que 60 minutes à cause des conditions particulièrement défavorables où l'on se trouvait ; on s'est servi de plusieurs appareils et l'on a remplacé 7 fois les bouteilles d'oxygène. Ces expériences pratiques ont été décisives au point de vue de l'adoption des



FIG. 6

deux cylindres. Ceux-ci sont disposés dans un sac spécial qui se porte sur le dos, et non plus dans le sac respiratoire reposant sur la poitrine, et ils sont reliés à ce dernier par un tuyau en caoutchouc qui passe au-dessus de l'épaule. De cette façon, la fatigue du porteur est notablement diminuée.

Les essais suivants ont conduit également à quelques modifications de détail importantes au point de vue pratique. Ainsi on a supprimé la bouteille contenant la lessive alcaline et par là diminué le poids de l'appareil. On adopte pour le transport jusqu'à l'endroit de travail, un havresac



FIG. 7

qui se porte au-dessus de l'appareil à oxygène (fig. 6 et 7) <sup>(1)</sup> et qui contient un flacon de 1100 cm<sup>3</sup> de solution de soude

---

(1) Les clichés des figures ont été mis gracieusement à la disposition des *Annales des Mines de Belgique* par les éditeurs de l'*Oester. Zeits.* (f. 1 et 2) et du *Glückauf.* (f. 3 à 7).



caustique, un entonnoir, des clefs à vis et autres accessoires.

Le filet de futaine disposé à l'intérieur du sac respiratoire a été remplacé par une éponge en fibres de *luffa*. Les essais nos 8 et 10 montrent l'utilité de cette substitution. Le ferme-bouche en corne qui glissait facilement a été remplacé par un autre en caoutchouc, facile à maintenir des lèvres et des dents. Les bretelles passant sous les bras ont été supprimées et toute la charge pèse sur les épaules.

L'équipement du sauveteur se complète de pince-nez, de lunettes spéciales pour préserver les yeux de la fumée, et d'un sifflet. Quant aux lampes électriques, on en emploie à Shamrock deux types, le plus grand réservé pour l'éclairage à poste fixe, l'autre plus petit et plus portatif. Ces lampes sont construites par la *Berliner Accumulatorenfabrik* et caractérisées par les éléments suivants :

	Durée d'utilisation	Durée du chargement	Poids en kilogr.	INTENSITÉ EN BOUGIES NORMALES		PRIX
				au début	après 10 h.	
Grand type	20 heures	10 à 11 h.	7,776	3	2	59,50 M.
Petit type	11	11 heures	3,600	2,5	0,5	35,80 M.

Le Pneumatophore modifié comme il vient d'être dit, pèse 8 kg. 733 ; malgré son poids notablement supérieur à celui du modèle primitif, son maniement est plus facile, parce que les pièces les plus lourdes sont reportées de la poitrine sur le dos ; en outre, la durée d'utilisation est double. L'inventeur Walcher a d'ailleurs reconnu que les perfectionnements répondaient au but poursuivi et commandé un certain nombre de nouveaux appareils pour les mines dont il a la direction.

On peut donc dire que le pneumatophore a fait ses

preuves dans des circonstances particulièrement difficiles et qu'il constitue un appareil de sauvetage appelé à rendre les plus grands services. Le règlement de l'administration des mines, édicté le 6 avril 1897 pour le district d'Ostrau-Karwin, prescrit sous le titre des *dispositions à prendre en cas d'incendie souterrain, d'explosion de grisou ou de poussières*, qu'il se trouvera dans chaque mine des appareils *ayant une durée d'utilisation d'au moins une heure et qui permettent au porteur une complète liberté d'allures*. Le pneumatophore est cité comme répondant à ces exigences.

Dans l'esprit de l'inventeur, sous l'impression des grandes catastrophes survenues pendant ces dernières années dans le district de Polnisch-Ostrau, chaque ouvrier devrait emporter dans les tailles un appareil à oxygène pour s'en servir pour son propre sauvetage en cas d'explosion. Il est douteux que cette idée éminemment humanitaire, émise d'ailleurs déjà par M. Bouchez, directeur des travaux du charbonnage de l'Agrappe pour les couches sujettes aux dégagements instantanés de grisou, puisse jamais être réalisée. Elle ne l'est pas dans le pneumatophore, malgré la simplicité et la légèreté qui caractérisent cet appareil. Indépendamment de son prix encore trop élevé, il serait inévitablement exposé, par un séjour continu dans les travaux souterrains, à des causes multiples de dégradations ; de plus, la manipulation exige, ainsi que les essais de Shamrock l'ont démontré, un certain degré d'éducation que l'on ne peut donner à tout le personnel d'une mine. Cet apprentissage est indispensable pour que l'on puisse tirer de l'appareil le meilleur parti possible ; il faut, en effet, habituer les hommes à épargner soigneusement leur provision d'oxygène. Les premiers exercices se font avec un appareil à vide pour se familiariser avec le doigté, mais il est ensuite nécessaire de s'exercer avec un appareil à oxygène complètement monté. Tel qu'il est, le pneumatophore n'en consti-

tue pas moins un appareil de sauvetage efficace et d'une supériorité évidente sur tous ses devanciers.

Tout en reconnaissant l'importance de cette invention, M. J. Mayer formule contre le modèle primitif quelques critiques que nous résumons ci-dessous (bien qu'un certain nombre d'entre elles portent à faux en ce qui concerne l'appareil modifié de Shamrock), parce qu'elles ont conduit cet ingénieur à imaginer un autre appareil de sauvetage particulièrement bien étudié.

Les reproches articulés contre le pneumatophore consistent en premier lieu dans la présence sur la poitrine d'un long sac qui descend jusqu'à 0<sup>m</sup>.75 en dessous du menton et qui doit nécessairement présenter une certaine mobilité pour qu'on puisse le relever en vue de rafraîchir les surfaces absorbantes. Ce sac, en se portant en avant à chaque inflexion du corps, paralyse l'action des mains; il peut arriver qu'en soulevant un fardeau, par exemple le corps d'un homme inanimé, on l'écrase contre la poitrine et qu'on supprime ainsi la respiration. Celle-ci est plus ou moins gênée par le poids qui repose sur la poitrine.

Le porteur ne peut respirer que par la bouche, ce qui est incommode par suite du défaut d'habitude. Les pince-nez se détachent facilement quand on transpire abondamment. Le sauveteur ne pouvant plus parler se fera dans bien des cas difficilement comprendre de ses camarades ou des gens en péril.

L'absence de masque sur la figure oblige à employer des lunettes spéciales; et, en cas d'incendie, on ne pourra se passer que très exceptionnellement de ces accessoires. Un incident survenu au cours d'un essai au puits Wilhelm a d'ailleurs montré l'utilité du masque. Un ouvrier ayant été pris d'une crise d'éternuement, le tuyau d'aspiration lui est tombé de la bouche, et il dut être immédiatement entraîné hors des fumées.

L'absence de soupapes dans le tuyau d'aspiration, si elle facilite la respiration, permet à une partie de l'acide carbonique expulsé des poumons d'être aspiré de nouveau avant qu'il soit arrivé en contact avec le réactif alcalin; d'où résulte la nécessité de secouer fréquemment le sac, manœuvre qui peut devenir gênante au cours de certains travaux.

La disposition à l'intérieur du sac des bouteilles à soude caustique et à oxygène se justifie si l'on veut un appareil devant servir au sauvetage *personnel* des ouvriers, dans les cas où ils n'auraient pas le moindre temps à perdre, ni la moindre précaution à observer. Mais les éclats de verre peuvent constituer une cause de danger; ensuite il importe de pouvoir se rendre compte en un temps très court de l'état des divers organes de l'appareil au moment de s'en servir. Des observations faites aux mines *Kaiser Ferdinand Nordbahn* pendant une période de 30 jours, ont montré que la pression de 100 atmosphères ne s'était maintenue que dans 3 flacons d'oxygène sur 16; l'un était complètement vide par suite d'un défaut d'étanchéité de la valve, et les autres accusaient une baisse de pression de 2 à 10 atmosphères. Une vérification au moment de l'emploi est donc nécessaire pour éviter tout retard dans le sauvetage et l'effet démoralisant qu'une surprise pourrait produire sur le personnel.

L'emploi de soude caustique en solution exige une certaine attention dans le maniement de l'appareil; il peut se faire que dans certaines positions, par exemple en descendant des voies inclinées de faible hauteur, le liquide s'introduise dans le tuyau respiratoire. Rien qu'à ce point de vue, un absorbant solide mérite la préférence.

## Appareil Neupert-Mayer.

Ces considérations et d'autres qui seront exposées dans la suite ont amené, comme nous le disions plus haut, M. le Bergrat J. Mayer à imaginer, en collaboration avec M. l'ingénieur Pilar, un nouvel appareil respiratoire qui se rapproche plutôt de celui de Fleuss, et qui est construit par la firme O. Neupert, à Vienne. Il se compose d'un sac respiratoire  $AA_1A_2$  (fig. 8 à 13) en étoffe imperméable, au-dessus duquel se fixent un capuchon H et un masque M.

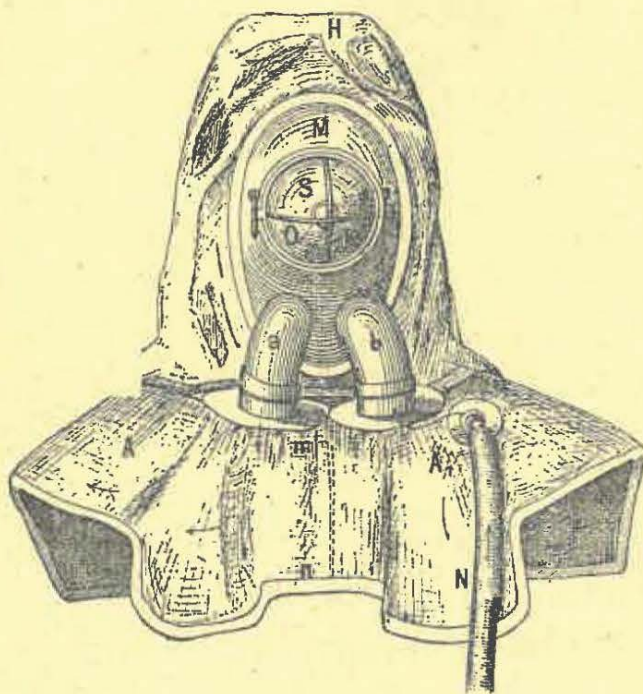


FIG. 8. — Vue de face.

Entre ce dernier et la figure s'intercale un joint étanche formé d'un anneau en caoutchouc W que presse à l'intérieur une petite bande d'acier formant ressort; la face est en outre recouverte d'une plaque en caoutchouc P percée d'une ouverture pour la vue.

On place l'appareil de façon qu'une moitié du sac  $AA_1$

repose par devant, l'autre  $AA_2$  sur le dos; on ajuste le masque sur le visage et on l'attache au moyen de deux courroies recroisées, l'une  $R$  passant sur le sommet de la tête, l'autre  $R_1$  qui fait le tour du cou. On tire ensuite le capuchon sur la tête. Bien qu'il ne soit pas indispensable au point de vue du fonctionnement de l'appareil, l'étanchéité étant complètement assurée par le joint du masque sans qu'il soit nécessaire de tendre fortement les courroies, le capuchon est très utile quand on doit séjourner, par exemple lors d'incendies, dans des endroits où la tem-

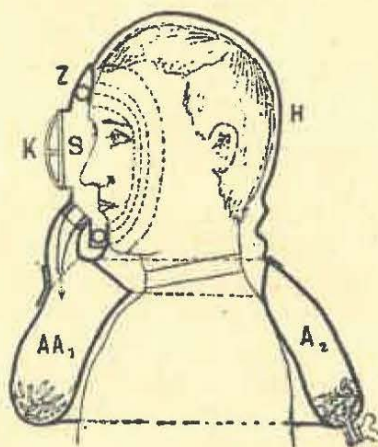


FIG. 9. — Coupe par le sac respiratoire et le masque.

pérature est fort élevée, parce que le masque seul ne protège pas suffisamment contre la chaleur rayonnante. S'il s'agissait d'attaquer un foyer très actif, le sac respiratoire et le capuchon devraient être faits en cuir, le caoutchouc ne résistant pas à l'action des flammes.

La partie antérieure du sac  $AA_1$  descend environ à 15 centimètres sous le menton, de sorte que la poitrine reste complètement libre et que le porteur n'est pas gêné dans ses mouvements. Le masque est muni d'une fenêtre pouvant s'ouvrir à volonté, et dont le verre est protégé, comme les ampoules des lampes électriques, par un petit croisillon en fer  $K$ .

Quand on a revêtu l'appareil, on laisse le masque ouvert aussi longtemps qu'on se meut dans une atmosphère respirable, et on le ferme en arrivant dans un milieu vicié. Pour enlever les buées qui se déposent pendant le travail sur la face intérieure du verre, on se sert d'une petite brosse *O* garnie de peau de chamois, facile à manœuvrer de l'extérieur en tournant un bouton placé au centre du masque.

La communication entre ce dernier et le sac est établie par deux tubes en tôle *a* et *b*, munis de petites soupapes formées d'une lamelle de gypse ou de caoutchouc. L'air à inspirer est emprunté à la moitié  $A_1$  du sac par le tuyau *b*,

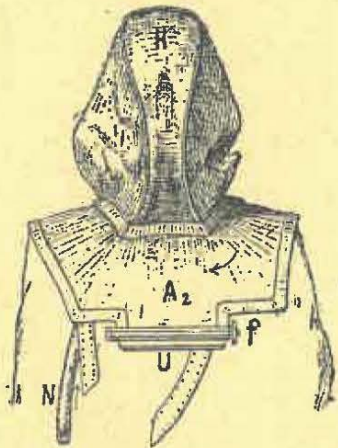


FIG. 10. — Vue de derrière.

tandis que l'air expiré afflue par le tube *a* dans l'autre moitié *A*. Pour séparer complètement l'aspiration et l'expiration, on pourrait établir à la partie antérieure du sac, une cloison *mn* (fig. 8); mais cette complication n'est pas nécessaire; elle obligerait l'air à circuler tout autour du sac et rendrait la respiration plus difficile; l'appareil fonctionne d'ailleurs bien sans cette cloison.

Le réservoir à oxygène *B* se porte à part en bandouillère et repose sur la hanche. Si dans cette position il gêne à certains moments pour travailler, on peut le faire passer sur le dos. On le fait communiquer par l'intermédiaire d'un

joint à vis avec un tuyau en caoutchouc N solidaire du sac A<sub>1</sub> et débouchant dans ce dernier à proximité du tuyau d'aspiration. La contenance de ce réservoir est de 1, 1 1/2 ou 2 litres suivant la durée d'utilisation qu'on exige. Il convient pourtant de ne pas employer de flacons trop volumineux ; on peut en effet, même dans le milieu irrespirable, en bouchant momentanément avec le pouce l'orifice du tuyau de connexion, échanger une bouteille vide contre une pleine qu'on aura en réserve. Cette opération ne

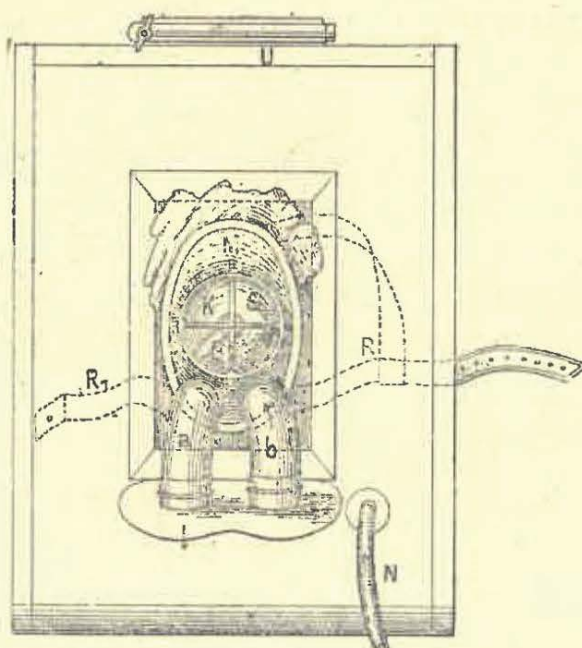


FIG. 11. — Vue de dessus (appareil déployé).

demande que cinq secondes. L'admission d'oxygène se règle d'après les besoins au moyen d'une soupape manœuvrée par une vis *s*. Un afflux continu et modéré de gaz constituerait un grand progrès en évitant au sauveteur la préoccupation d'ouvrir périodiquement la soupape, mais l'adjonction d'un détendeur compliquerait notablement l'appareil.

Le réactif destiné à absorber l'acide carbonique est conservé, sous forme solide, dans des flacons en verre hermétiquement fermés, et on l'introduit dans la partie antérieure



du sac  $AA_1$ , immédiatement avant de se servir de l'appareil. Ce dernier peut être chargé et complètement ajusté en  $1\frac{1}{2}$  à 2 minutes. Pour introduire l'absorbant, on a ménagé à la partie postérieure  $A_2$  du sac une ouverture  $U$ , qui se ferme au moyen d'une barre à charnière et d'une vis de pression; et qui permet également de nettoyer l'appareil après usage, en le soumettant à l'action d'un courant d'eau rapide. On a mis à dessein cette ouverture par derrière pour ne pas surcharger la partie antérieure, et pour éviter toute distorsion du masque.

Comme absorbant, on a essayé la potasse caustique  $KOH$ ,

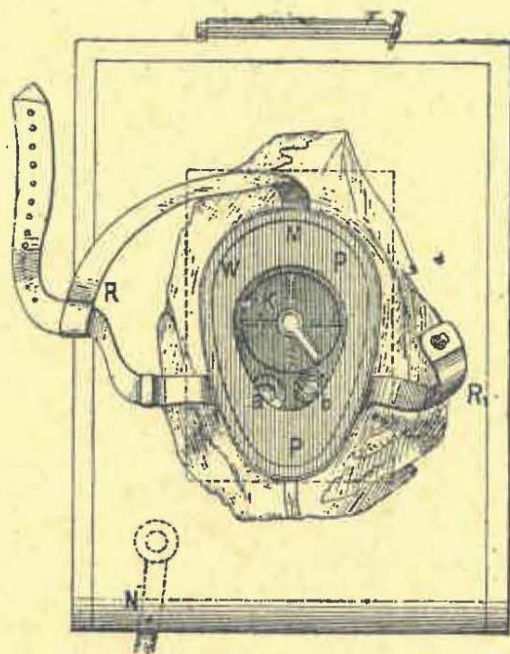


FIG. 12. — Vue de dessous.

la soude caustique  $Na OH$  et la chaux sodée, mélange de  $Na OH$  et  $CaO$ . Les deux premiers réactifs se vendent sous forme de bâtonnets et présentent par suite une grande surface de contact avec l'acide carbonique; la chaux sodée est granulée, poreuse et également propre à absorber rapidement le gaz  $CO^2$ . Les réactifs solides possèdent l'avantage d'être en même temps des déshydratants énergiques et

d'assécher l'atmosphère ambiante, et par suite d'abaisser la température à l'intérieur du masque. L'air expiré étant relativement chaud et saturé de vapeur d'eau, celle-ci se condense partiellement dans l'appareil en dégageant de la chaleur; la température va par suite en augmentant jusqu'à ce qu'un équilibre s'établisse entre l'air expiré et celui de l'intérieur du sac. Les absorbants solides enlèvent à l'air sa vapeur d'eau avant qu'elle ne se condense et puisse contribuer à élever la température. La solution aqueuse de soude

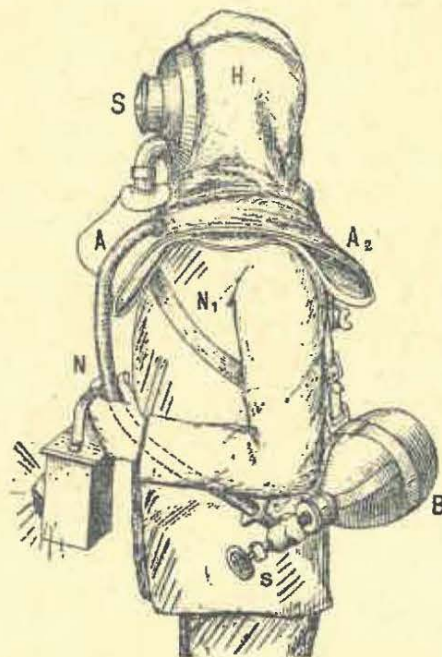


FIG. 13. — Equipement complet.

employée dans le pneumatophore ne peut au contraire absorber que l'acide carbonique, mais non la vapeur d'eau; celle-ci se condense simplement. L'augmentation de température qui en résulte occasionne des transpirations anormales qui deviennent même insupportables quand on emploie un masque. M. J. Mayer avait essayé d'en adapter un à l'appareil Walcher-Gärtner en vue de supprimer tous les appendices (pince-nez, lunettes, ferme-bouche) sujets à se détacher, mais il a dû renoncer à cette transformation à cause de l'inconvénient signalé.

Il est vrai que les réactifs absorbants cités ci-dessus s'échauffent assez fortement par l'hydratation; mais cet échauffement ne se communique que très peu à l'air ambiant, et l'effet final de la dessiccation est de maintenir une température relativement modérée. C'est ainsi que dans un essai ayant duré deux heures, on a constaté que la température de l'air à l'intérieur du sac respiratoire était de 25° C., tandis que celle de l'absorbant (KOH), alors entièrement fondu, était de 38° C. Dans un autre cas, ces températures se sont élevées respectivement à 31° et 57° C.

Le choix du réactif à employer n'est pas indifférent. Au point de vue purement chimique, le plus avantageux est celui qui pour un poids donné absorbe la plus grande quantité d'acide carbonique.

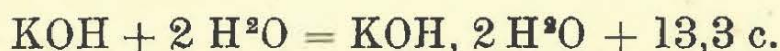
D'après les formules de la réaction chimique, on voit que pour une molécule de  $\text{CO}_2$  d'un poids de 44, il faut 2 molécules de KOH (112) ou de NaOH (80), ou bien une molécule de CaO (56) ou de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (74). La chaux vive et, en second lieu la chaux hydratée, seraient donc les plus efficaces; mais il n'y a pas moyen de les utiliser; à l'état pulvérulent, elles seraient facilement entraînées dans les organes respiratoires; et imbibées d'eau, elles ne présenteraient pas une surface d'absorption suffisante.

La chaux sodée, mélange de NaOH et CaO, que l'on peut se procurer en grains poreux, de la grosseur d'un pois, aurait une action chimique intermédiaire entre celles de la chaux et de la soude, mais les résultats des essais qui en ont été faits sont défavorables. Le frottement mutuel des grains engendre de la poussière qui doit être retenue dans le tuyau d'aspiration par un tampon de ouate; celui-ci s'encrasse assez vite et la respiration devient difficile. D'autre part, la chaux sodée absorbe trop lentement l'humidité et n'empêche pas l'élévation de température ni les sueurs qui en résultent. On a essayé de remédier à cet incon-

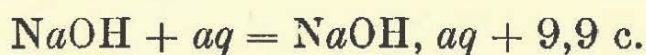
vénient en ajoutant à l'alcali une certaine quantité de  $CaCl^2$ , ce corps étant, comme on sait, très avide d'eau ; mais on augmente ainsi le poids total des réactifs sans empêcher la formation de pulvérin.

Le choix étant restreint à KOH dont il faut 112 parties en poids et à NaOH dont il faut 80 parties, ne semble plus douteux à première vue, surtout si l'on considère que le prix de la soude est moins élevé d'environ 12 %. Mais ici intervient dans un autre ordre, l'intensité de la réaction, c'est-à-dire l'effet produit en un temps donné, lequel est indépendant des poids moléculaires et en relation avec les propriétés thermo-chimiques, mesurées par les températures de combinaison.

La chaleur développée dans l'hydratation de la potasse est de 13,3 grandes calories <sup>(1)</sup> ; c'est-à-dire que si l'on fait absorber de l'eau à ce corps jusqu'à ce qu'il ne se manifeste plus aucune augmentation de température, la combinaison peut s'exprimer par la formule



On trouve de même :



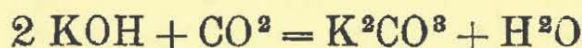
La chaleur de la réaction est donc moindre avec la soude qu'avec la potasse ; on en conclut que la première a une action moins énergique que la seconde.

Cette conclusion est d'ailleurs confirmée par un essai pratique, d'une approximation suffisante, effectué dans les conditions suivantes. L'homme exhale par jour 500 à 600

---

(1) D'après une communication du Dr Sulc, professeur au Polytechnicum de Prague.

grammes de vapeur d'eau, soit 50 grammes pendant deux heures. La réaction exprimée par l'équation



met en liberté une autre quantité d'eau, qui rapportée à l'acide carbonique produit par la respiration pendant le même laps de temps, est de 44 grammes. Par la transpiration, il se dégage une troisième quantité d'eau, au moins égale à la somme des deux précédentes ; de sorte que l'on peut estimer à 200 grammes, chiffres ronds, le poids d'eau que le réactif devra absorber en deux heures dans l'appareil respiratoire. Partant de ces données, on a versé 200 grammes d'eau dans un vase en verre contenant 500 grammes de KOH ou de Na OH, et bien protégé contre la chaleur rayonnante. Les températures suivantes ont été constatées :

1 <sup>er</sup> ESSAI			2 <sup>me</sup> ESSAI		
500 KOH + 200 H <sub>2</sub> O.			500 Na OH + 200 H <sub>2</sub> O.		
Après	2'	85° C	Après	5'	48° C
"	6'	98° "	"	10'	80° "
"	10'	95° "	"	13'	78° "
"	30'	92° "	"	32'	71° "
"	60'	81° "	"	62'	68° "
"	90'	74° "	"	102'	61° "

Il est à peine nécessaire de faire remarquer que ces hautes températures ne sont jamais atteintes dans les conditions ordinaires de fonctionnement de l'appareil, l'eau n'arrive en effet que petit à petit en contact avec le réactif et, pendant le temps que dure la combinaison, la chaleur produite est éliminée par le refroidissement extérieur.

Le réactif absorbant doit être employé en excès, afin de purger l'air de son acide carbonique le plus rapidement

possible et de faciliter la respiration. D'après les données physiologiques que nous avons rapportées plus haut, un homme adulte produisant un certain travail exhale environ 53 gr. 5  $\text{CO}^2$  par heure; les quantités d'alcali correspondantes seraient 136 grammes de KOH ou 97 grammes de Na OH. Dans l'appareil Mayer, pour une durée de deux heures, on emploie 500 grammes KOH, c'est-à-dire à peu près le double de ce qui est strictement nécessaire. Il en est de même de la provision d'oxygène; il faut, en effet, prévoir des pertes malgré tous les soins apportés dans l'exécution du masque au point de vue de l'étanchéité. Ces pertes sont en raison de la pression qui règne à l'intérieur de l'appareil; elles augmentent, quand on ouvre trop fortement la soupape d'admission; d'autre part, la surpression empêche toute pénétration des fumées ou des gaz irrespirables à l'intérieur du masque. La consommation d'oxygène est un peu plus forte ici qu'avec le pneumatophore, mais l'appareil Neupert-Mayer présente des avantages qui font plus que compenser cet inconvénient.

Le poids du sac avec le capuchon et le tuyau de connexion est de 2 kg. 06; un réservoir d'oxygène de 1,5 litre pèse 4 kilogrammes, les courroies 0 kg. 38, le réactif alcalin 0,5 kilogramme; soit en tout 6 kg. 94. Ce poids dépasse de 2 kg. 44 celui du pneumatophore modèle primitif; il est inférieur à celui du modèle de Shamrock. On pourrait se contenter d'un cylindre à oxygène de 0,6 litre, puisqu'on peut en emporter plusieurs et les remplacer au cours du travail, le poids total s'abaisserait dans ce cas à 5 kg. 04, c'est-à-dire à 0 kg. 54 de plus que celui de l'appareil Walcher-Gärtner. Cette surcharge n'a aucune importance étant donné qu'elle s'applique d'une façon beaucoup plus rationnelle et sans fatiguer le porteur.

Ajoutons que la firme O. Neupert fournit un appareil complet avec un réservoir de 150 litres d'oxygène et un

coffre d'emballage en bois pour 88 florins. L'échange du réservoir contre un vide coûte à Vienne 3,75 florins ; pour une bombonne de 10 litres destinée au remplissage des appareils, le prix est de 15,5 florins.

Le tableau suivant contient les résultats des principales expériences auxquelles le nouvel appareil a été soumis.

Numéro d'ordre	DATE	Endroit et condition des expériences.	ABSORBANT EMPLOYÉ		Durée de l'essai.	CONSUMMATION D'OXYGÈNE	
			Nature.	Poids.		totale.	par minute.
1	13—X—97	Galerie du puits Wilhelm ; épaisses fumées. Tempér. 10° C.	K O H	500 g.	1 h. 20'	88 l.	1,1
2	Id.	Id.	K O H	500	1 h. 14'	105	1,42
3	11—XI	Id. Température 9°.	K O H	500	2 h. 1'	142 1/2	1,18
4	12—XI	Id. Tempér. 0°,5 C.	Na O H	500	1 h. 33'	139 1/2	1,5
5	13—XI	Laboratoire. Tempér. 20° C.	Na O H } Ca O }	500	50'	61 1/2	1,23
6	15—XI	Id.	Ca Cl <sup>2</sup> } Ca O } Na O H }	250 250	25'	30	1,2
7	Id.	Id.	K O H	500	2 h. 10'	147	1,13
8	10—XII	Galerie d'essais du puits Wilhelm. Gaz brûlés. Tempér. 1° C.	K O H	500	1 h. 42'	100	0,99
9	10—XII	Id.	K O H	500	2 h. 10'	82	0,63
10	10—XII	Id.	K O H	500	43'		



EXPÉRIMENTATEUR	OBSERVATIONS
Ingénieur Wanz.	Le cylindre à O. contenait 1,45 l., pression 89 atm. au début, 29 à la fin de l'essai. Absorbant fondu en grande partie.
Chef-porion Sindelar.	Pression d'O. 72 atm. Défaut d'étanchéité au masque, d'où dépense plus grande d'O. Respiration sans difficultés ni sueurs.
Ingénieur Pilar, 1 h. Chef de taille Lojkaseck, 1 h. 1'.	Masque modifié. Respiration facile et sans suee. Echange des appareils : 3'. Température du sac après l'essai, 25° C., température du réactif, 38° C.
Id.	Température plus élevée à l'intérieur du masque, d'où consommation plus grande d'O. L'absorbant est resté à l'état solide; sa température est de 57°. Pouls après l'essai 86 par minute.
Charpentier Lott 8' Chimiste Kotoué 42'.	Tampon d'ouate dans le tube d'aspiration; par suite d'obturation, la respiration devient difficile et les expérimentateurs transparent. La chaux sodée ne présente aucune apparence d'altération; température 44° C.
Kotoué.	Mêmes observations; essai interrompu à cause de la difficulté de respirer.
Lojkaseck.	Sac respiratoire divisé en deux compartiments. Température à l'intérieur à la fin de l'essai 31°. Température de l'alcali complètement fondu 44°. Analyse de l'air : 0,1 % CO <sup>2</sup> ; 23,7 % O.
Charpentier Strach.	Séance d'une commission spéciale de l'administration des mines de M. Ostrau. Contenance du réservoir d'O. 1 l. à 100 atm. L'essai a duré jusqu'à l'épuisement de l'O. Respiration facile, pas de transpiration. Température de l'absorbant quelques minutes après l'essai : 27° C.
Ingénieur Wanz.	En même temps, vérifications de la commission avec un autre appareil. La faible consommation d'O. s'explique par le fait que l'expérimentateur reste en repos et que l'admission d'O. se fait très régulièrement. Dans le réservoir de 1,5 l., il restait 71 l. d'O. L'essai a été interrompu, M. Wanz étant incommodé par le froid qui règne dans la galerie.
Directeur Spoth, 25' Bergrat Köhler 13' Bergrat Riel 5'.	Vérifications de la Commission au point de vue de la respiration et de la maniabilité de l'appareil. Le réservoir contenant 102 litres n'a été vidé qu'en partie.

D'après une communication due à l'obligeance de M. l'ingénieur Pilar, des essais ont été effectués tout récemment avec l'appareil Mayer et avec le pneumatophore en vue de contrôler par des analyses chimiques l'état de l'atmosphère à l'intérieur du masque ou du sac respiratoire.

Des tubes spéciaux ont permis de prendre des échantillons de gaz à des intervalles d'une demi-heure; chacun a été analysé séparément et de plus, on a fait un mélange de toutes les prises de gaz de façon à déterminer la composition moyenne le plus exactement possible. M. le professeur Bamberger s'est chargé de toutes les analyses qui ont été effectuées au moyen de l'appareil d'Orsat, et dont voici résumés les résultats.

AVEC L'APPAREIL NEUPERT-MAYER				Avec le pneumatophore
	1 <sup>er</sup> ESSAI (au repos)	2 <sup>e</sup> ESSAI (travail)	3 <sup>e</sup> ESSAI (au repos)	4 <sup>e</sup> ESSAI (au repos)
Durée . . . . .	2 h.	2 h.	2 h. 1/4	1 h. 35'
Dépense d'O. )	totale .	80 l.	57,5 l.	90 l.
		par heure	40 l.	28,7 l.
Température du laboratoire. . . . .	11° C	12° C	16° C	14° C
Composition moyenne des gaz d'après les 6 analyses. )	CO <sup>2</sup>	1,7 %	1,4 %	3,4 %
	O .	20,9 %	21,0 %	19 %
Proportion maxima de CO <sup>2</sup> . . . . .	3,6	3 %	4,5 %	6 %

Il [convient d'ajouter que pendant les trois premiers essais on n'a constaté chez les expérimentateurs ni malaises, ni accélérations anormales du pouls et de la respiration, tandis que pendant la quatrième expérience la fréquence

des pulsations et de la respiration a subi des variations notables.

L'efficacité de l'appareil Neupert-Mayer, au point de vue du sauvetage ne peut donc être mise en doute, et s'il ne répond pas encore à l'idéal, il écarte tout au moins la plupart des inconvénients reprochés aux autres appareils.

Le pneumatophore par sa légèreté et sa plus grande facilité d'ajustement, devra être préféré comme appareil d'autopréservation, et comme appareil de réserve. On pourrait en placer un certain nombre à des points déterminés de la mine, stations de refuge et de sauvetage, à la disposition des ouvriers exposés à un péril imminent. Dans le cas notamment de travaux préparatoires dans les couches à dégagements instantanés ou de travers-bancs à l'approche de celles-ci, si le surveillant dont la présence est habituellement exigée, et même les principaux ouvriers du poste, étaient familiarisés avec la manœuvre de l'appareil et en avaient à leur disposition à peu de distance des fronts de tailles, bien des accidents dus à l'asphyxie par le grisou seraient évités.

Disons en terminant quelques mots de l'organisation du service de sauvetage. Il va de soi qu'on ne devra jamais, en cas d'incendie ou d'explosion, envoyer un homme seul au secours d'ouvriers menacés ; il faudra au moins deux et de préférence trois hommes pour une équipe de sauvetage. L'un des trois pourra ne remplir qu'un rôle accessoire au cours des opérations, de façon à ménager ses forces, et réserver son intervention active pour les cas où son aide serait requise par les deux autres. La sécurité de ceux-ci peut en effet se trouver compromise par suite de diverses circonstances. Indépendamment de l'épuisement inopiné de la provision d'oxygène, les appareils respiratoires sont sujets à éprouver pendant les travaux de sauvetage des accidents qui les mettent hors de service (déchirures du sac ou des tuyaux en caoutchouc, arrachement des tuyaux,

bris du verre du masque, etc.). Il faut donc nécessairement emporter des appareils de rechange. On en chargera celui des trois hommes qui est considéré comme réserviste ; on le munira en outre d'un certain nombre de bouteilles à oxygène, et d'autres accessoires. Il sera ainsi à même de rendre de grands services non seulement à ses collègues, mais aux ouvriers en péril qu'on rencontrerait, surtout à ceux qui auraient subi les premières atteintes de l'intoxication par l'oxyde de carbone. Il est évident que les appareils les plus légers et les plus rapidement ajustés, tels que le pneumatophore, méritent la préférence comme appareils de réserve.

Le règlement de police du district d'Ostrau-Karwin du 6 avril 1897, que nous avons cité ci-dessus, fixe pour chaque mine classée comme grisouteuse, à 5 % du nombre d'ouvriers du poste le plus nombreux y compris les surveillants, et au minimum à 10, le nombre des appareils de sauvetage.

A la Société Hibernia, on a décidé de se procurer 10 appareils Walcher modifiés pour chaque puits, soit en tout 40, et de créer une compagnie de sauveteurs d'un nombre double de gens choisis parmi les différents postes et exercés régulièrement à la manœuvre de l'appareil. M. Behrens estime que le chiffre de 10 appareils ayant une assez longue durée est parfaitement suffisant, même pour les mines les plus importantes. L'exercice et l'éducation d'un trop grand nombre d'hommes ne sont pas sans présenter certaines difficultés, et il est préférable de posséder une brigade de sauvetage moins nombreuse, mais plus disciplinée, et en qui on peut avoir une entière confiance plutôt qu'une grande troupe insuffisamment préparée.

Les frais d'équipement et d'entretien d'une brigade s'établissent comme suit, en supposant qu'avec 10 appareils on exerce 20 hommes une fois par trimestre, ou 10 hommes toutes les six semaines.

	POUR 10 APPAREILS	PAR APPAREIL
<b>I. Frais de 1<sup>er</sup> établissement :</b>		
1° Appareil à remplissage . . . . .	137 m.	
2° 5 réservoirs en acier, contenance 10 litres, à 45 m. . . . .	225	
3° 10 appareils avec 2 flacons d'oxygène, à 127 m. 50 . . . . .	1275	
4° Clefs, accessoires, frais de port, etc. . .	63	
	1700 m	170 m.
<b>II. Dépenses courantes annuelles :</b>		
1° <i>Entretien des appareils :</i>		
a) 10 sacs imperméables à 25,5 m. (à renou- veler tous les deux ans). . . . .	127,50	
b) Autres parties 1020 m. (à renouveler tous les cinq ans). . . . .	204,00	
c) Appareils désignés ci-dessus au 1° et 2° I (à renouveler tous les dix ans) . . . .	36,00	
2° <i>Frais d'exercices :</i>		
a) Matériel : lessive de soude 1100 cm. <sup>3</sup> , à 0 39 par exercice . . . . .	31,20	
Oxygène : 10 litres par exercice coûtant 1,72 . . . . .	137,60	
b) Salaires : 0,75 m. par heure, par exer- cice de 3 heures = 2,25 . . . . .	180,00	
	716,50 m.	71,65 m.

Avec un appareil primitif à un flacon, qui mérite la préférence pour les travaux qui ne se font pas à poste fixe, les frais de premier établissement sont réduits de 170 à 120 M par appareil. En comparaison du résultat à atteindre, c'est peu.

Pour éviter le transport à grande distance des bombes d'oxygène de 500 ou 1000 litres qu'on doit échanger fréquemment chez le fabricant, il est désirable de voir installer un centre de production dans chaque bassin houiller, à l'exemple de ce qui s'est fait dans la haute Silé-

sie, où les exploitants de mines ont établi, à frais communs, une fabrique d'oxygène comprimé.

Dans plusieurs districts houillers d'Angleterre, il existe, indépendamment des premiers moyens de secours aux blessés que toute mine doit posséder, des stations centrales convenablement situées par rapport à un groupe d'exploitations et pourvues d'un matériel complet d'ambulance. On y donne des cours de brancardiers qui sont très bien suivis. En présentant à la *Manchester Geological Society* l'appareil Fleuss tel qu'il l'a perfectionné, M. G. Winstanley a émis l'avis qu'il serait bon de munir les stations susdites d'un certain nombre d'appareils de sauvetage et d'en apprendre le maniement à tous les ambulanciers. Ceux-ci seraient ainsi à même de rendre les plus grands services en cas d'explosion de grisou. Il convient cependant, ainsi que l'a fait remarquer un des membres de l'assemblée, au point de vue de la rapidité des secours, que les sauveteurs soient familiarisés non seulement avec les appareils respiratoires, mais avec la mine où survient l'accident. L'organisation du service de sauvetage aux mines d'Hibernia est celle qui répond le mieux au but à atteindre. Nous avons montré que les dépenses qu'elle entraîne sont relativement peu importantes. Rien n'empêche d'ailleurs plusieurs charbonnages voisins de s'associer, pour supporter en commun les frais de premier établissement d'une station centrale, pour le remplissage des réservoirs d'oxygène des appareils; chaque société exploitante possédant de ceux-ci un certain nombre en rapport avec son personnel et l'étendue de ses travaux.

Ainsi, sans négliger aucune des mesures de précaution de nature à écarter toute cause d'explosion et d'incendie, on ne se trouvera plus désarmé en face des accidents qui viendraient à se produire, et on rendra de plus en plus rare le retour des grandes catastrophes.

Bruxelles, mars 1898.