FILE NAME: Asbestos Textile Product Use (ATPU)

DATE: 197ϕ

DOC#: ATPU0ᴍO

DOCUMENT DESCRIPTION: ℂℕŜyŎK ₩Ƨdzℕyϒ·f !ℕΰΰλŎfŜ π bƧ ¢ℕl·yãfl·ΰΰλƧy

I.N.R.S.
30, rue Olivier-Noyer
75680 Paris Cedex 14

Note n° 1201-96-79
(36-07)
CDU 628.511.001.4 : 552.47

VETEMENTS DE PROTECTION EN AMIANTE

Dégagement de poussières lors de la fabrication et de l'emploi

Note établie d'après une étude de M. G. RIEDIGER, parue dans « Moderne Unfallverhütung », n° 21, 1976-77 (Vulkan-Verlag, Essen, R.F.A.).

Introduction.

Les poussières fines d'amiante comptent parmi les poussières minérales dangereuses susceptibles de provoquer des affections pulmonaires. Elles ont à la fois une action fibrogène (asbestose) et une action cancérogène (cancer bronchique, mésothéliome). Les listes des concentrations maximales admissibles (valeurs MAK) [1] donnent pour les poussières fines d'amiante (à l'exception de la crocidolite, difficilement filable et par conséquent non utilisée pour la fabrication de tissus) les concentrations techniques indicatives (valeurs TRK) suivantes :

- poussières fines d'amiante : 0,10 mg/m³ ;
- poussières fines contenant de l'amiante (teneur en amiante < 2,5 %) : 4,0 mg/m³ ou 2 fibres/cm³ (méthode des filtres à membrane).

Ces valeurs limites s'entendent comme moyenne à long terme (période d'évaluation : un an), pour une durée d'exposition quotidienne de huit heures. Elles ont été établies en fonction du risque d'asbestose mais n'excluent pas totalement le risque de cancer [2, 3, 4].

N.D.L.R. – En France, la concentration moyenne en fibres d'amiante de l'atmosphère inhalée par un salarié pendant sa journée de travail ne doit pas dépasser 2 fibres/cm³, seules étant considérées les fibres de plus de 5 µm de longueur, de 3 µm au plus de diamètre, et dont le rapport longueur/diamètre excède 3 (décret du 17 août 1977).

Les recherches effectuées par BAMBER et BUTTERWORTH [5], GIBBS [6] et FENKER (en collaboration avec le Staubforschungsinstitut, Institut de recherche sur les poussières de Bonn) [7] ont révélé qu'il se produit un dégagement de poussières d'amiante à partir des vêtements de protection contre la chaleur contenant ce produit.

On a mesuré des concentrations variant de 0,3 à 26 fibres/cm³ selon le type de tissu utilisé, les dimensions du vêtement et les caractéristiques du travail effectué (fréquence et amplitude des mouvements) ; les concentrations les plus élevées correspondent à des vêtements de protection dont la face externe n'est pas aluminisée.

Les études dont rend compte le présent article visaient à établir les concentrations numériques de fibres d'amiante dans la zone respiratoire des personnes travaillant en ambiance chaude à des postes types de l'industrie métallurgique, et dotées de vêtements de protection à base d'amiante. Elles ont porté notamment sur l'efficacité du matériau d'imprégnation pour réduire le dégagement de poussières. On n'a pas envisagé les propriétés calorifuges des divers matériaux.

Études de laboratoire.

On a soumis à des essais en laboratoire un manteau de protection contre la chaleur qui avait déjà été utilisé pendant deux semaines par un travailleur des

note no 1201-96-79,

INFORMATHÈQUE
PROGRAMME DE RECHERCHE
SUR L'AMIANTE

425 - 4.

hauts fourneaux. Ce manteau, en tissu comportant entre 80 et 85 % d'amiante, à manches et épaules doublées, était aluminisé et imprégné d'un matériau liant les fibres. Les essais, d'une durée approximative de vingt minutes chacun, ont été effectués dans un local de 40 m³ environ, sans ventilation artificielle, dont les portes et les fenêtres étaient fermées. Les échantillons de poussières ont été prélevés dans la zone respiratoire du sujet portant le vêtement, sur des filtres à membrane dont les pores avaient un diamètre de 0,8 µm. Les concentrations numériques de fibres ont été mesurées au moyen d'un microscope à contraste de phase (objectif 40x/ouverture 0,7, oculaire 10x) [2, 3, 4]. L'un des prélèvements, au cours duquel le sujet enfilait le manteau, se déplaçait lentement, puis le retirait, a donné une concentration de 2,01 fibres/cm³. Cet essai a été répété après nettoyage complet du local, le sujet effectuant, outre les gestes décrits précédemment, 100 flexions des deux bras à la minute. La concentration passait alors à 2,41 fibres/cm³. Ce résultat, peu différent du précédent malgré l'accroissement des mouvements, prouve que le fait d'enfiler et de retirer un vêtement en amiante provoque un dégagement de poussières particulièrement important. GIBBS [6] et FENKER [7] ont observé des dépôts de fibres d'amiante sur les vêtements de travail après que le vêtement de protection en amiante ait été retiré. Dans les mesures effectuées en entreprise, on a donc tenu compte du dégagement de poussières lorsque le sujet mettait et retirait le vêtement de protection en amiante, et cela autant de fois que le processus de travail l'exigeait.

Pour comparer le comportement au frottement des divers matériaux calorifuges contenant de l'amiante, il faut soumettre ces matériaux à des sollicitations mécaniques précises et mesurer la concentration numérique des fibres qui se dégagent. M. WALKENHORST, du Silikose-Forschungsinstitut (Institut de recherche sur la silicose) de Bochum, a mis au point à cet effet un appareillage et une méthode d'essai inspirés du mode de sollicitation des tissus proposé par CLAYTON [8]. Une pièce du tissu à étudier, de 10 x 40 cm, est fixée sur un côté par le té d'un mécanisme à bielle et manivelle. Un poids de 2 kg est suspendu de l'autre côté de la pièce de tissu, qui est frottée 100 fois par minute, dans les deux sens, sur une longueur de 15 cm, sur une arête métallique arrondie (rayon de courbure : 0,6 cm) (fig. 1). Ce dispositif est installé dans une enceinte cubique d'un mètre cube qui peut être nettoyée par de l'air filtré (filtre Microsorban) fourni par un ventilateur. Un petit ventilateur répartit l'air de manière homogène dans le cube. Après cinq renouvellements d'air, l'enceinte ne contient plus de poussières décelables au microscope optique.

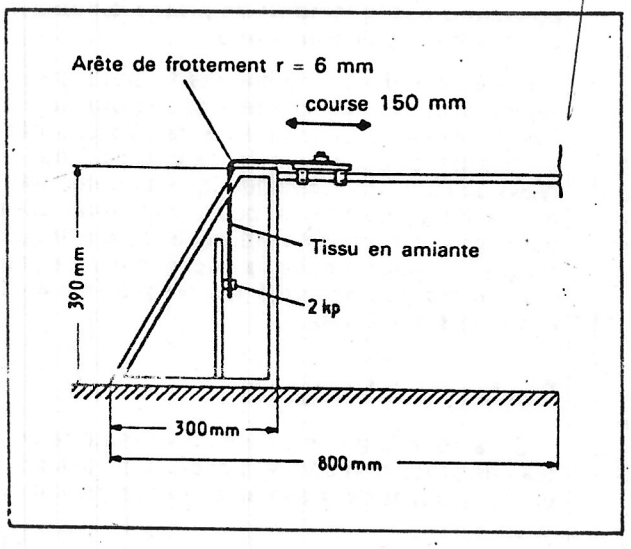


Fig. 1. – *Schéma du dispositif utilisé pour l'essai de frottement.*

Les essais se sont déroulés de la façon suivante : les échantillons de tissus étaient préalablement frottés pendant dix minutes, l'enceinte était nettoyée avec une éponge humide, puis « rincée » à l'air filtré. L'échantillon était alors frotté à nouveau pendant dix minutes et la concentration numérique des fibres était mesurée par la méthode du filtre à membrane [2, 3, 4]. Le même système a été utilisé pour étudier un autre type de sollicitation : l'échantillon étant replié, il est soumis à une sorte d'effet de secouage lorsque la bielle passe au point mort (fig. 2). Les résultats de cet essai ont fait apparaître les mêmes tendances que ceux de l'essai de frottement. La dispersion plus élevée des valeurs mesurées a toutefois fait retenir l'essai de frottement.

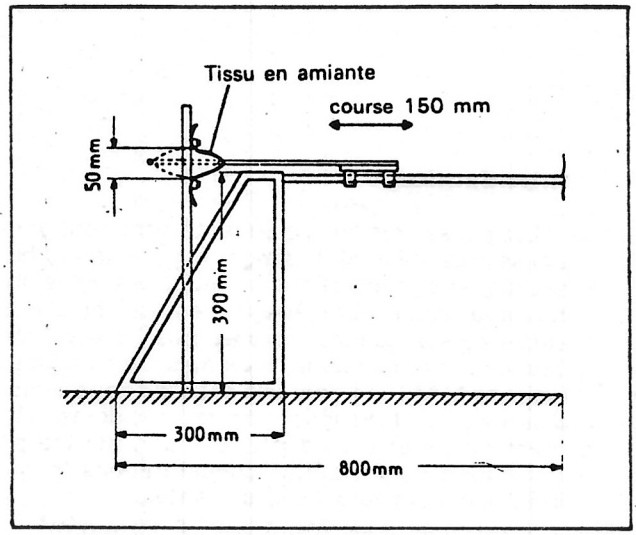


Fig. 2. – *Schéma du dispositif utilisé pour l'essai sur un échantillon replié.*

L'étude a porté sur quatre types de tissus d'amiante non traités et sur cinq types de tissus imprégnés d'un matériau liant les fibres, fournis par cinq fabricants différents. Pour chaque type de tissu, cinq échantillons ont été soumis aux essais. Au tableau I figurent les moyennes des concentrations numériques mesurées, ainsi que les écarts types. Chaque lettre désigne un fabricant, les minuscules se référant aux tissus non traités et les majuscules aux tissus avec matériau d'imprégnation.

TABLEAU I

Résultats des essais de laboratoire
effectués sur des tissus d'amiante non traités
et sur des tissus d'amiante imprégnés d'un matériau liant les fibres.

Tissu (qualité commerciale, 80 à 85 % d'amiante 1 200 g/m²)	Nombre de mesures	Moyenne de la concentration (fibres/cm³)	Écart type (fibres/cm³)
a	5	8,81	0,979
b	5	8,22	2,005
c	5	7,31	2,509
d	5	8,17	1,950
a à d	20	8,13	1,865
A	5	13,38	3,276
B	4	1,88	0,112
C	5	9,82	2,187
D	5	1,89	0,640
E	5	1,31	0,361

Le traitement statistique des données du tableau I (test t et test F) fait apparaître que les mesures effectuées sur les tissus d'amiante non traités ne sont pas statistiquement différentes; les 20 valeurs ont donc pu être réunies en un ensemble avec une moyenne de 8,13 fibres/cm³ et un écart-type de 1,865 fibres/cm³. Au contraire, les valeurs obtenues pour les tissus imprégnés sont statistiquement différentes les unes des autres, ce qui ne peut s'expliquer que par l'influence des procédés d'imprégnation. Les valeurs, à l'exception de C, s'écartent par ailleurs significativement de celles qui ont été obtenues pour les tissus non traités. La concentration numérique mesurée pour A est même significativement plus élevée que pour les tissus non traités, et cela malgré l'imprégnation. Il apparaît, par ailleurs, que les qualités attribuées aux tissus imprégnés dans les documents publicitaires, telles que « sans dégagement de poussières », « rétention absolue des poussières », ne sont pas exactes. Cela est confirmé par les mesures effectuées lors de la mise en œuvre des tissus. Toutefois, certains procédés d'imprégnation totale se sont révélés, au moins au cours de ces essais en laboratoire, relativement efficaces (tissus B, D, E) [9].

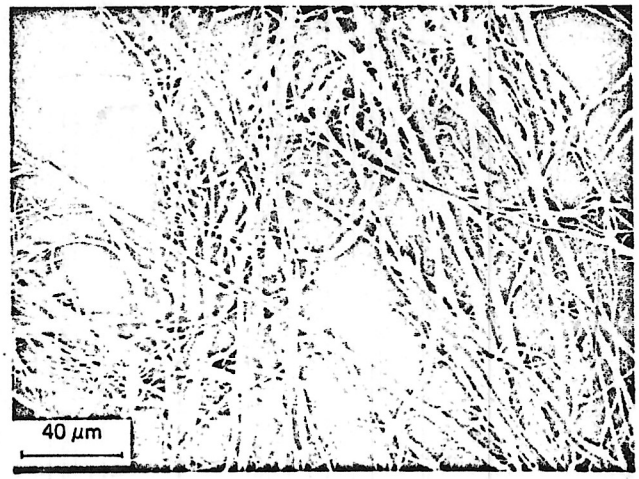


Fig. 3. – *Surface du tissu b (tissu non traité).*

Les figures 3 à 6 montrent la surface de quelques-uns des tissus vue au microscope électronique à balayage.

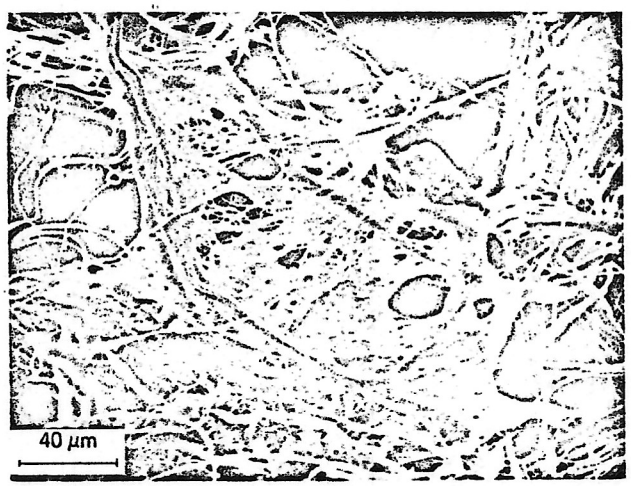


Fig. 4. – *Surface du tissu B (tissu traité avec un matériau d'imprégnation efficace).*

Il convient d'insister sur le fait que les résultats de ces essais ne peuvent pas être transposés directement aux postes de travail, où il faut tenir compte d'autres paramètres (agencement du local, aspiration, procédé de travail). De plus, les propriétés calorifuges des tissus n'ont pas été étudiées : ainsi, par deux fois au cours des essais, des vêtements de protection en tissu d'amiante imprégné se sont enflammés au contact de métal incandescent.

Les fabricants de tissus indiquant que leurs produits peuvent être utilisés jusqu'à 200 °C, les tissus du tableau I ont été exposés à cette température pendant des périodes de 1, 5 et 29 heures, puis, après refroidissement, soumis à nouveau à l'essai de frottement. Les résultats sont donnés au tableau II.

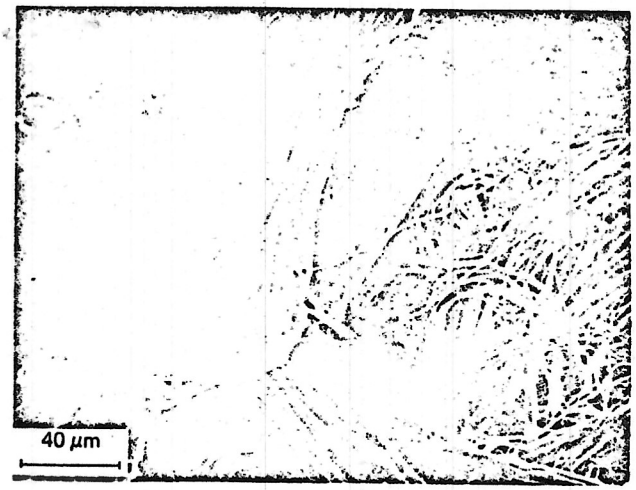


Fig. 5. – *Surface du tissu D (tissu traité avec un matériau d'imprégnation efficace).*

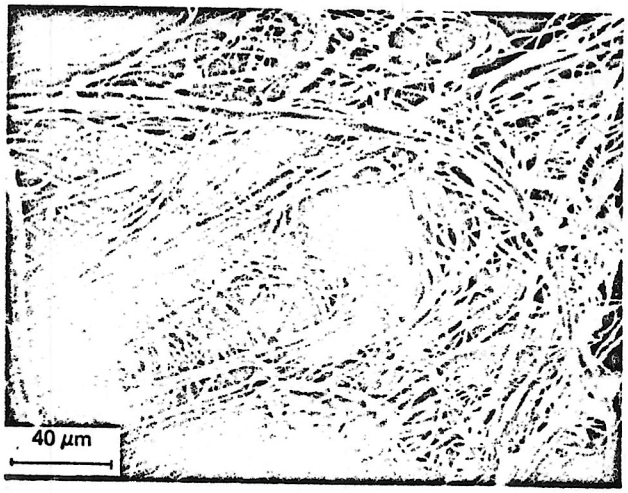


Fig. 6. – *Surface du tissu A (tissu traité avec un matériau d'imprégnation inefficace).*

La concentration numérique des fibres pour le tissu E a considérablement augmenté après l'exposition à la chaleur. Les tissus ont par ailleurs pris une coloration brune, plus ou moins accentuée, généralement plus foncée pour les tissus imprégnés que pour les autres. Ils sont devenus cassants, perdant ainsi une partie de leur résistance mécanique. Par exemple, après un séjour de 29 heures à une température de 200 °C, tous les échantillons du tissu a se sont déchirés lors de l'essai au frottement.

Mesures aux postes de travail de mise en œuvre des tissus en amiante.

Les tissus testés en laboratoire ont été utilisés dans une usine de confection de gants de protection. On a mesuré l'empoussièrement par la méthode du filtre à membrane aux postes de coupe, d'estampage, de couture et de retournage. Les échantillons étaient toujours, et dans la mesure du possible, prélevés dans les mêmes conditions (position de l'échantillonneur, débit d'air, aspiration au poste de travail, outils et machines). Les résultats sont consignés au tableau III.

L'analyse de variance multiple fait apparaître que les concentrations en nombre mesurées aux postes de couture sont significativement plus faibles qu'aux postes d'estampage et de retournage, et a fortiori aux postes de coupe. D'après ce test, la comparaison multiple des lignes du tableau III n'est pas valable. Cela s'explique par le fait que ce test est indépendant de la distribution, d'une part, et ne permet pas de découvrir les différences trop faibles qui existent entre la majorité des tissus, d'autre part. On a donc choisi, pour la comparaison linéaire, d'utiliser le test pour tester à zéro la moyenne des différences appariées.

TABLEAU II

Résultats des essais de laboratoire
effectués après exposition des tissus d'amiante à la chaleur :
$\bar{x}$: moyenne de la concentration numérique des fibres (fibres/cm³)
σ : écart-type (fibres/cm³)

Tissus	1 h $\bar{x}$	200 °C σ	5 h $\bar{x}$	200 °C σ	29 h $\bar{x}$	200 °C σ
a	7,83	1,369	9,48	1,321	–	–
b	8,82	1,170	7,98	0,582	8,11	1,196
c	7,42	0,424	9,07	0,466	8,14	0,730
d	6,54	1,551	8,84	0,759	5,41	0,506
A	6,41	0,642	9,92	1,707	5,11	0,774
B	4,43	1,397	6,66	1,315	4,59	1,126
C	9,20	1,334	12,68	2,045	8,04	1,187
D	1,46	0,692	1,88	0,600	2,46	0,509
E	1,36	0,456	3,97	0,366	6,16	0,621

TABLEAU III

Résultats des mesures d'empoussièrement
effectuées lors de la mise en œuvre de tissus en amiante
(a à d : tissus non traités; A à E : tissus avec matériaux d'imprégnation)

Tissu	Coupe (fibres/cm³)	Estampage (fibres/cm³)	Couture (fibres/cm³)	Retournage (fibres/cm³)
a	0,74	1,76	0,28	1,56
b	1,98	1,59	0,60	1,16
c	1,11	1,47	0,77	1,02
d	1,03	1,27	0,50	1,47
A	1,55	2,07	1,54	1,65
B	1,30	1,22	0,65	1,99
C	1,13	1,00	0,60	0,89
D	1,23	1,26	0,74	1,37
E	0,19	0,40	0,35	0,64

On a vérifié que la condition préalable à l'application de ce test, c'est-à-dire une distribution des différences proche de la normale, était remplie au moyen du quotient amplitude de variation/écart type [10]. Il s'est avéré que la concentration numérique des fibres était significativement moins élevée pour E et significativement plus élevée pour A que pour les autres tissus. Cette tendance confirme les essais effectués en laboratoire. Cependant, les niveaux de signification sont moins bons que dans les essais de laboratoire : certaines variations (entre d et D, par exemple) sont atténuées ou ne sont pas confirmées. Cet état de fait a plusieurs causes qui se retrouvent en partie dans le cas de mesures aux postes de travail en ambiance chaude. Dans les conditions de laboratoire, il est possible d'obtenir un assez haut niveau de signification même pour des variations limitées. On a bien essayé de maintenir les conditions aux postes de travail aussi constantes que possible, mais il est impossible d'uniformiser l'intensité du travail (par exemple, certains tissus traités se travaillent plus facilement, donc plus rapidement). L'effet du traitement doit toutefois être assez net pour être sensible lors d'un travail de routine.

Mesure des fibres qui se dégagent des vêtements de protection en amiante.

Les essais en laboratoire ont fait intervenir le port des vêtements contenant de l'amiante, mais les résultats ne peuvent pas être transposés directement aux postes de travail. On a donc effectué des mesures d'empoussièrement à certains postes de travail en ambiance chaude de l'industrie métallurgique.

Remarquons tout d'abord que, dans les entreprises visitées, les vêtements de protection contre la chaleur contiennent de plus en plus rarement de l'amiante. Dans de nombreux cas, en effet, les tissus dépourvus d'amiante ont été tellement perfectionnés que, combinés à des mesures techniques, ils assurent une protection suffisante contre la chaleur. Les échantillons de poussières ont été prélevés alors que le personnel portait les vêtements en amiante, et en prenant en compte la mise et le retrait des vêtements, cela autant de fois que le processus de travail l'exigeait. La plupart des vêtements considérés étaient aluminisés.

Méthode de mesure.

Les prélèvements ont été effectués dans la zone respiratoire au moyen d'échantillonneurs individuels. Devant les hauts fourneaux et aux postes de décriquage au chalumeau, on s'est servi d'un Portikon (fig. 7). Cet appareil étant peu adapté à ce type d'utilisation, le Staubforschungsinstitut a mis au point un échantillonneur individuel (SSG) spécial pour les prélèvements et les mesures effectués suivant la technique des filtres à membrane. Cet appareil a été utilisé pour toutes les autres mesures.

L'échantillonneur proprement dit (fig. 8) est un cylindre de 50 mm de diamètre et 100 mm de longueur, pesant 450 g et pouvant s'accrocher au cou de l'opérateur par une chaînette réglable. Il contient une pompe à aspiration et à refoulement miniaturisée, qui aspire l'air empoussiéré à travers un filtre à

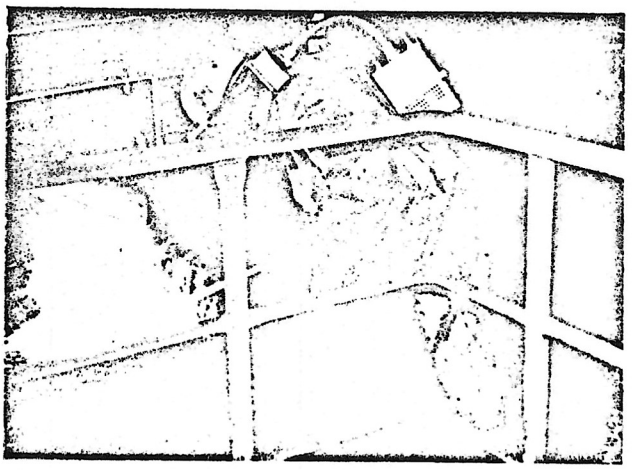


Fig. 7. – *Mesure de l'empoussièrement au poste de couleur au haut fourneau par un appareil Portikon.*

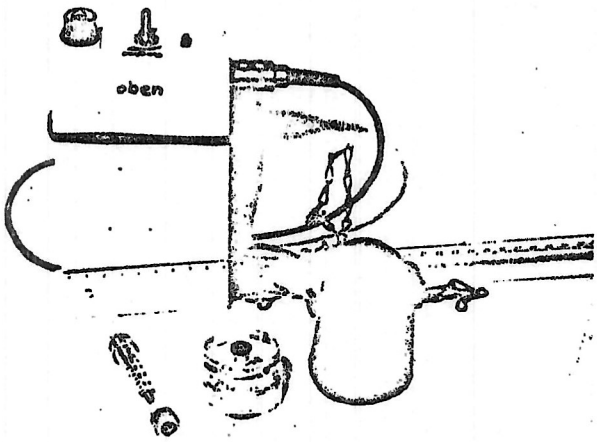


Fig. 8. – *Échantillonneur individuel de poussières SSG.*

membrane placé dans une capsule. Cette capsule est elle-même disposée à l'intérieur de la buse d'aspiration qui la protège contre les chocs (diamètre du filtre 37 mm; diamètre des pores : 0,8 µm; fabricant de la capsule et du filtre : Millipore GmbH). Cette méthode permet d'éviter entre la pompe et le filtre de longs tuyaux de raccord qui risquent toujours d'être plus ou moins tordus, ou même complètement recourbés, du fait des mouvements de l'opérateur, ce qui influe de façon incontrôlable sur le débit d'air. Le fonctionnement de la pompe étant très régulier, l'utilisation d'un amortisseur de vibrations est superflue. La source d'énergie (accumulateur argent-zinc rechargeable) est placée dans un boîtier en matière plastique (170 x 100 x 60 mm, poids total : 640 g), ainsi que l'interrupteur de mise en marche, un indicateur optique de fonctionnement (LED) et un dispositif permettant de faire varier la vitesse de rotation de la pompe et par conséquent le débit d'air. Le boîtier est relié à la pompe par un câble et se place à la ceinture ou dans la poche de l'opérateur. La pompe fournit un débit allant jusqu'à 2,8 l/min environ, ce qui excède nettement la valeur recommandée de 2 l/min [2], à travers une surface filtrante libre de 8,6 cm² (filtres à membrane avec pores de 0,8 µm de diamètre ou filtre Nuclépore avec pores de 0,4 µm de diamètre). La pompe consomme environ 200 mA. L'accumulateur a une capacité de 7 Ah; lorsqu'il est complètement chargé, l'échantillonneur peut fonctionner pendant 35 heures. Les échantillons retenus sur les filtres étant analysés au microscope, le dépôt de poussières doit être faible. La perte de charge due au colmatage est donc limitée, de sorte qu'il est superflu de prévoir une régulation automatique du débit d'air. Le débit est fixé à 2 l/min au début du prélèvement (mesure effectuée au moyen du rotamètre gradué présenté à la figure 8) et contrôlé à la fin de l'opération. L'expérience prouve que les écarts observés après une heure de prélèvement sont nettement inférieurs à 5 %. Après prélèvement, les capsules peuvent être scellées et adressées par la poste à un laboratoire d'analyses.

L'analyse des filtres Microsorban utilisés avec le Portikon s'est déroulée de la façon suivante : après avoir été séchés pendant une nuit à une température de 50 °C, les filtres ont été plongés dans 300 ml de trichloréthylène. Après dissolution complète du matériau filtrant, la suspension a été répartie de façon homogène dans un bain aux ultrasons. On a alors prélevé au moyen d'une pipette 0,5 ml de la solution, que l'on a filtré sur un filtre à membrane (diamètre des pores : 0,8 µm, diamètre utile : 21 mm). Ce filtre à membrane a été rendu transparent par du cyclohexanone, puis observé au microscope à contraste de phase. Pour chaque filtre Microsorban, on a utilisé et étudié quatre préparations sur filtre à membrane. Dans les essais à blanc, on a calculé la valeur à blanc (fibres présentes sur le filtre Microsorban neuf), que l'on a ensuite fait intervenir dans l'évaluation de la concentration numérique des fibres. Celle-ci s'écrit de la façon suivante :

$$f = \frac{1}{V_A} \cdot \left(\frac{F . A_{FM} . V_S}{n . A . V_P} - B \right)$$

avec f = concentration numérique des fibres (en fibres/cm³)
F = nombre de fibres comptées par filtre
n = nombre de champs étudiés
A = surface évaluée d'un champ
A_{FM} = surface utile du filtre à membrane
V_P = volume prélevé à la pipette
V_S = volume de la suspension
V_A = volume d'air filtré au cours du prélèvement (en cm³)
B = valeur à blanc

Les filtres à membrane de l'échantillonneur individuel ont été directement rendus transparents par du triacétate de glycérine, puis examinés au microscope à contraste de phase (objectif 40x/ouverture 0,7, contraste de phase positif, oculaire 10x avec un graticule qui délimite dans le plan objet un champ de comptage de $6{,}25.10^{-4}$ cm² et dont les carrés élémentaires ont 5 µm de côté). On a dénombré au minimum 200 fibres, ou, pour les dépôts très faibles, 100 champs. On a considéré comme fibre toute particule ayant deux côtés parallèles, dont le rapport longueur/diamètre était supérieur à 3, et dont le diamètre était inférieur à 3 µm et la longueur supérieure à 5 µm. Les fibres apparaissant en partie dans le champ étaient négligées lorsqu'elles étaient en bas ou à gauche et comptées comme fibres entières lorsqu'elles étaient en haut ou à droite (pondération 1). Les fibres entrant dans le champ à gauche et en sortant à droite étaient comptées comme demi-ur ités (pondération 1/2), de même que les fibres entrant à gauche et sortant en haut.

Résultats.

Les résultats des mesures effectuées en entreprise figurent au tableau IV.

Les concentrations les plus faibles ont été relevées avec des vêtements aluminisés extérieurement et doublés intérieurement, et dans les entreprises où une bonne ventilation (ateliers ouverts totalement ou en partie, lanterneaux ouverts, etc.), jointe à une bonne convection thermique, assurait une forte réduction de la concentration de poussières. C'était le cas notamment pour les postes de travail 1, 2, 5, 6, 8 et 10. Les chiffres plus élevés relevés au poste 5 s'expliquent peut-être par la mise et le retrait fréquents des gants non aluminisés. Dans les cas 1 et 2,

TABLEAU IV

Résultats des mesures effectuées aux postes de travail en ambiance chaude

Poste de travail	Vêtements	Nombre de mesures	Concentration (fibres/cm³)	
			Moyenne	Étendue de variation
1. Fondeur (haut fourneau).	Manteau aluminisé, manche et épaules doublées.	9	0,04	0,02 à 0,06
2. Décriqueur (travaillant parfois à l'extérieur).	Tablier et manches aluminisés.	8	0,17	0,05 à 0,41
3. Recuiseur.	Manteau, tablier, gants, guêtres.	4	2,09	0,62 à 4,03
4. Recuiseur.	Manteau, parfois gants, pantalons et bottes aluminisés.	3	1,77	0,81 à 3,41
5. Fondeur (aciérie Martin).	Manteau ou tablier et gants aluminisés.	6	2,00	0,18 à 5,60
6. Couleur (aciérie Martin).	Tablier aluminisé.	1	0,41	–
7. Couleur (aciérie Thomas).	Manteau et gants aluminisés.	3	1,20	0,35 à 1,82
8. Fondeur (aciérie électrique).	Manteau et gants aluminisés.	2	0,34	0,29 à 0,39
9. Fondeur (aciérie électrique).	Tablier doublé.	2	1,51	0,58 à 2,44
10. Couleur (aciérie électrique).	Tablier aluminisé.	4	0,28	0,11 à 0,48

où les mesures ont été effectuées avec un Portikon, il peut s'y ajouter l'effet observé par BAMBER et BUTTERWORTH [5], à savoir que les concentrations mesurées à hauteur de la tête de l'opérateur sont légèrement inférieures (de 10 % environ [5]) à celles que l'on trouve à hauteur de la poitrine. Dans les cas 3 et 4, l'échantillonneur individuel (SSG) était porté à l'intérieur de la cagoule de protection, ce qui explique les concentrations élevées. Au poste 3, l'opérateur portait des vêtements non doublés. Le tablier porté au poste 9 n'était pas aluminisé, mais doublé. Quant à l'effet de l'âge du vêtement sur la concentration des fibres, la dispersion des données obtenues n'a pas permis de l'établir valablement.

Compte tenu de la réduction de la durée d'exposition (en raison des procédés de travail), et selon l'évaluation statistique des valeurs mesurées [14], la valeur limite d'exposition à l'amiante, qui est de 2 fibres/cm³, était largement respectée à la plupart des postes de travail et n'était dépassée de façon certaine dans aucun cas.

Certains vêtements de protection portés lors des mesures effectuées en entreprise ont été soumis ensuite aux essais de frottement décrits aux paragraphes relatifs aux essais de laboratoire, sur la face en tissu et sur la face réfléchissante. Les mêmes essais ont été renouvelés après exposition des échantillons à une température de 80 °C pendant 24 heures.

Aucune modification significative n'étant apparue, on ne traitera pas de ces essais ici. Par ce traitement thermique, on a tenté de neutraliser l'effet éventuel de l'âge du vêtement sur le dégagement de fibres (certains échantillons étaient neufs, d'autres avaient été utilisés pendant des périodes allant jusqu'à 16 semaines). On a choisi une température de 80 °C parce que des essais de laboratoire effectués avec un radiateur expérimental [11] ont montré que, selon la présentation et le salissement, l'envers du tissu en amiante pouvait, pour un rayonnement incident de 0,6 W/cm², admettre des températures allant jusqu'à 80 °C environ [12, 13].

Les vêtements testés en laboratoire ont été étudiés également au microscope électronique à balayage, sur la face en tissu et sur la face réfléchissante. Les résultats obtenus sont donnés au tableau V.

Lorsque cette observation au microscope semblait indiquer la présence d'un matériau d'imprégnation du tissu en amiante (ce qui n'est pas toujours net du fait de l'encrassement de la surface du tissu), on a porté dans la dernière colonne du tableau V la mention i., tandis que dans le cas inverse, on a indiqué n.i. Si l'on considère que les observations au microscope étaient justes à 100 % (*) et si l'on applique le test t sur la base des essais de laboratoire portant sur les tissus non traités, afin de vérifier si les moyennes trouvées pour les vêtements de protection contre la chaleur s'écartent réellement des moyennes mesurées pour les tissus non traités, on trouve pour 15 vêtements 11 cas de concordance avec les observations au microscope électronique à balayage; cela signifie que la probabilité d'exactitude du procédé statistique est de 73 % environ. Il s'agit là d'un excellent résultat, d'autant plus surprenant que les vêtements de protection étaient plus ou moins différents, en présentation et en poids par unité de surface, des quatre types de tissus non traités. Cela prouve que la méthode d'essai mise au point par M. WALKENHORST permet une bonne estimation de l'efficacité relative des procédés d'imprégnation.

Au cours du frottement, on observe un dégagement de fibres même à partir de la surface aluminisée. Ce dégagement est certes significativement moins important que celui qui provient de la surface en tissu. Son existence s'explique par les sollicitations mécaniques dues au pliage du tissu, par le dépôt de fibres sur la face réfléchissante (vêtements rangés ensemble, par exemple) et surtout, même pour les vêtements peu portés, par les déchirures de la couche d'aluminium qui souvent n'excède pas 50 µm (fig. 9, 10, 11).

(*) Les renseignements fournis par les entreprises sur les tissus étaient soit inexistants, soit incomplets, soit, dans certains cas, erronés.

TABLEAU V

Résultats d'essais de laboratoire
effectués sur des vêtements de protection contre la chaleur contenant de l'amiante
(i. : imprégnés, n.i. : non imprégnés)

Vêtement (durée d'utilisation en semaines indiquée par l'entreprise)	Frottement sur la face en tissu (fibres/cm³, moyenne)	Frottement sur la face réfléchissante (fibres/cm³, moyenne)	Observation au microscope électronique à balayage
1. Manteau de fondeur au haut fourneau (2 semaines environ)	6,53	0,44	i.
2. Tablier de décriqueur (neuf)	11,42	1,00	n.i.
3. Manches de décriqueur (neuves)	7,34	2,49	n.i.
4. Tablier de décriqueur (2 semaines environ)	4,64	1,72	i.
5. Tablier de décriqueur (3 semaines environ)	5,96	2,06	n.i.
6. Tablier de recuiseur (déjà porté)	22,16	–	i.
7. Blouse de recuiseur (10 semaines environ)	20,79	1,85	n.i.
8. Manteau de recuiseur	8,79	0,62	n.i.
9. Pantalons de recuiseur	8,55	0,73	n.i.
10. Capuchon de recuiseur	1,29	0,69	i.
11, 12. Bottes de recuiseur	12,23	1,00	n.i.
13. Manteau de couleur en aciérie Thomas (déjà porté)	6,06	0,50	n.i.
14. Tablier de fondeur en aciérie électrique (16 semaines environ)	27,11	–	n.i.
15. Tablier de couleur en aciérie électrique (2 semaines environ)	13,26	0,63	i.

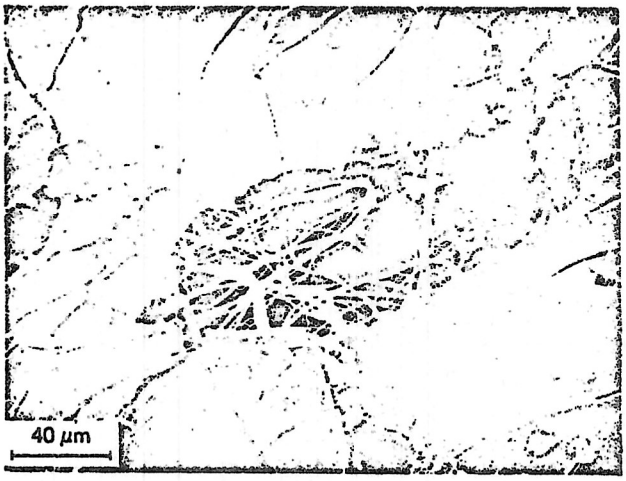


Fig. 9. – *Vêtement de protection contre la chaleur, face réfléchissante (tableau V, vêtement 11).*

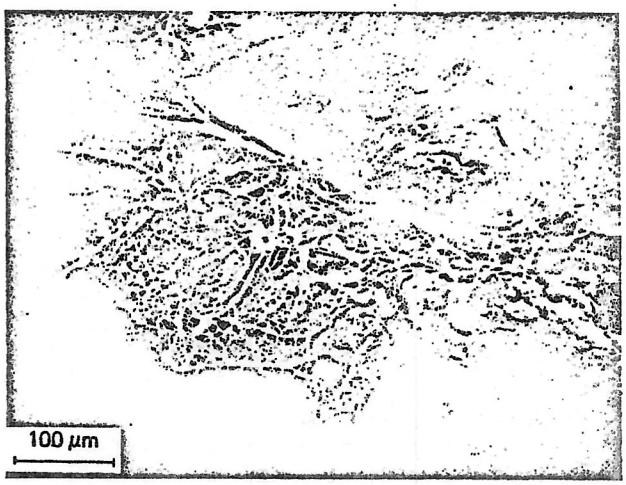
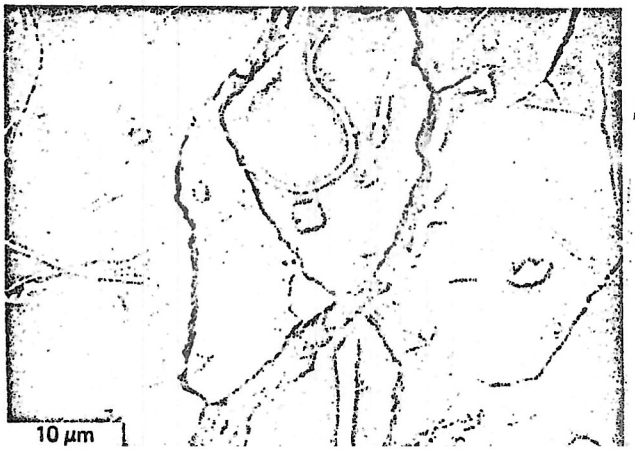


Fig. 11. – *Vêtement de protection contre la chaleur, face réfléchissante (tableau V, vêtement 7).*



Conclusion.

Les études ont fait apparaître un dégagement de fibres d'amiante aussi bien lors du travail des tissus qu'en cas de port de vêtements de protection contre la chaleur contenant de l'amiante. Tous les procédés d'imprégnation ne permettent pas d'éviter ce dégagement de poussières. Il convient donc d'utiliser dans tous les cas des installations de dépoussiérage appropriées. Aux postes de travail en ambiance chaude étudiés, la valeur de 2 fibres/cm³, considérée comme moyenne d'exposition à long terme à l'amiante, n'était en aucun cas dépassée avec une certitude statistique. Les concentrations mesurées étaient la plupart du temps inférieures à cette valeur. La concentration numérique des fibres peut être maintenue à un niveau réduit par l'utilisation de vêtements en amiante aluminisés et doublés, et par une bonne ventilation au poste de travail. La mise et le retrait des vêtements en amiante sont des sources d'empoussièrement importantes. Il est recommandé de recourir, chaque fois que ceci est possible, aux nombreux matériaux de protection contre la chaleur dépourvus d'amiante qui existent actuellement [7, 11, 12, 15, 16].

BIBLIOGRAPHIE

[1] Deutsche Forschungsgemeinschaft. – MAK-Werte-Liste 1976 (Liste des valeurs MAK). – Bonn – Bad Godesberg, Allemagne, 1976.

[2] Asbestosis Research Council. – Technical note 1. – Rochdale, Grande-Bretagne, 1971.

[3] HEIDERMANNS G., RIEDIGER G., SCHÜTZ A. – Asbestbestimmung in industriellen Feinstäuben und in Lungenstäuben (Mesure de la proportion d'amiante dans les poussières fines industrielles et dans les poussières inhalées). – *Staub-Reinhaltung der Luft,* Allemagne, vol. 36, n° 3, 1976, pp. 107-111.

[4] RIEDIGER G. – Künstliche Mineralfasern in der Atemluft. Eine Pilotstudie für den Arbeitsplatz (Fibres minérales artificielles dans l'atmosphère. Étude pilote en vue de l'amélioration des postes de travail). – *Staub-Reinhaltung der Luft,* Allemagne, vol. 37, n° 4, 1977.

[5] BAMBER H.A., BUTTERWORTH R. – Asbestos hazard from protective clothing (Risques dus à l'amiante contenu dans les vêtements de protection). – *Annals of occupational hygiene,* Grande-Bretagne, vol. 13, 1970, pp. 77-80.

[6] GIBBS G.W. – Fibre release from asbestos garments (Dégagement de fibres d'amiante à partir des vêtements de protection). – *Annals of occupational hygiene,* Grande-Bretagne, vol. 18, 1975, pp. 143-149.

[7] FENKER E. – Auftreten von Asbeststaub beim Tragen asbesthaltiger Körperschutzmittel (Dégagement de poussières d'amiante à partir des vêtements de protection). – *Die Berufsgenossenschaft,* Allemagne, mai 1975, pp. 171 - 176.

[8] CLAYTON R. – Eine Vorrichtung zur Schätzung der Staubentwicklung während der Reibung von Asbestgeweben (Dispositif de mesure du dégagement de poussières lors du frottement de tissus d'amiante). Exposé présenté au Schwäbisch-Hall le 5 novembre 1974.

[9] Vergleichende staubtechnische Beurteilung von Asbestgeweben (Etude comparative de divers tissus d'amiante du point de vue du dégagement de poussières). – *STF - Information,* Allemagne, n° 10, 1976.

[10] SACHS L. – Statistische Auswertungsmethoden (Méthodes d'évaluation statistique). – Berlin, Springer-Verlag, 1972, 3e édition.

[11] KÜHNEN G. – Prüfung von schwerentflammbaren Geweben und Hitzeschutzgeweben (Essais portant sur les tissus difficilement inflammables et sur les tissus utilisés pour les vêtements de protection contre la chaleur). – STF-Report, n° 1, 1973.

[12] ORDINANZ W. – Hitzearbeit und Hitzeschutz (Travail en ambiance chaude et moyens de protection). – Düsseldorf, Verlag Stahleisen, 1968.

[13] PETER H. – Prüfkriterien für Hitzeschutzkleidung (Critères d'épreuve des vêtements de protection contre la chaleur). – *Moderne Unfallverhütung,* Allemagne, n° 19, 1975, pp. 49-52.

[14] Staubforschungsinstitut, Silikose-Forschungsinstitut. – Empfehlungen zur Messung und Beurteilung von gesundheitsgefährlichen Stäuben (Recommandations relatives au comptage et à l'évaluation des poussières toxiques). – *Staub-Reinhaltung der Luft,* Allemagne, vol. 33, n° 1, 1973, pp. 1-3.

[15] FÖRSTER H. – Asbestfreie Materialien als Ersatzstoffe in der Metallindustrie (Matériaux de remplacement de l'amiante dans l'industrie métallurgique). – *Die Berufsgenossenschaft,* Allemagne, février 1977, pp. 50-54.

[16] KIRCHENBERGER H. – Neue textile Schutzbekleidungen (Nouveaux textiles utilisés pour les vêtements de protection). – *Sichere Arbeit,* Autriche, n° 3, 1975, pp. 25-27.

Asbestos fibre release from protective garments during manufacture and use

Account of research carried out under the auspices of the German « Staubforschungsinstitut », including :

- *laboratory testing of commercial fabric samples and clothing items;*
- *measurements taken at work stations during the manufacture of garments using asbestos-based fabrics (cutting, sewing, stamping);*
- *measurement of fibres released by protective asbestos clothing during use in hot temperatures in the iron and steel industry.*

The results reveal that although non-negligible amounts of asbestos fibres are released in all cases, they rarely exceed the limit value of 2 fibres per cm³ at work stations.