

HP-71-101  
Physique de Santé  
Rapport interne

Juillet 1971

ETUDE D'UN ECHANTILLONNEUR D'AIR POUR EXAMINER  
LA POLLUTION RADIOACTIVE DANS LE VOISINAGE DES  
ACCELERATEURS A HAUTE ENERGIE DU CERN

par

Gaston Hauswirth<sup>\*)</sup>

Service cantonal de contrôle des irradiations  
Genève

\*) Etude effectuée pendant un stage au  
Groupe Physique de Santé, CERN

ETUDE D'UN ECHANTILLONNEUR D'AIR POUR EXAMINER  
LA POLLUTION RADIOACTIVE DANS LE VOISINAGE DES  
ACCELERATEURS A HAUTE ENERGIE DU CERN

Introduction

Pour examiner le degré de pollution radioactive de l'air dans le voisinage des accélérateurs à haute énergie du CERN, des échantillonneurs type Fleming 1355 B avec des filtres Microsorban ont été utilisés<sup>1)</sup>.

L'activation de l'air dans le voisinage des accélérateurs est induite par l'interaction nucléaire des particules à haute énergie avec l'air ambiant. L'air activé se compose de gaz et de poussières radioactifs. Une partie des gaz peut être transformée en particules qui croissent dans l'atmosphère jusqu'à des dimensions telles qu'elles peuvent être retenues par les filtres, de la même façon que la poussière radioactive en suspension dans l'air.

Le niveau de la radioactivité des particules fixées sur les filtres est mesuré; cela nous donne une indication de la pollution radioactive de l'air à l'endroit de l'échantillonnage.

Ce rapport met en évidence les principales caractéristiques de l'équipement utilisé, ainsi que l'expérience obtenue avec ce matériel.

Appareillage

Le type d'échantillonneur utilisé est présenté dans les figures 1 et 2. Il consiste en un aspirateur d'air, un compteur volumétrique et un dispositif de rétention des poussières (porte-filtre). L'ensemble est fabriqué par Fleming Instruments Ltd.

L'aspirateur est entraîné par un moteur pour appareil ménager (Electrolux) dont la tension de fonctionnement est de 230 V $\sim$  et le courant de 1,5 A $\sim$ . L'aspirateur peut fonctionner continuellement pendant 300 heures approximativement avec des charbons durs, comme ceux délivrés par la maison Fleming. Le niveau du bruit de l'appareil est d'environ 55 dB.

Le refroidissement du moteur est effectué par l'air qui passe par le filtre. Dans le cas où le filtre s'obstrue et empêche le passage de l'air, une petite ouverture située derrière le compteur volumétrique laisse entrer assez d'air pour le refroidissement du moteur. Une toile filtrante placée avant le moteur empêche l'entrée des poussières.

Derrière le moteur se trouve un autre purificateur qui empêche la poussière des charbons de sortir, ce qui peut influencer l'échantillonnage.

Sans filtre, l'appareil aspire environ  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  pour les anciens modèles et  $40 \text{ m}^3/\text{h}$  pour les nouveaux. En employant un transformateur de tension, on peut diminuer le débit et ainsi obtenir une meilleure efficacité de rétention des poussières et moins d'usure des charbons du moteur. Ceci est valable pour des filtres à faible résistance.

Le compteur volumétrique consiste en un anémomètre relié à un compte-tours. Celui-ci transforme le nombre de tours de l'anémomètre et donne une indication directe du flux d'air en pieds linéaires. L'échelle du compteur va jusqu'à 100 000 et une remise à zéro est possible. Cette échelle n'est pas suffisante pour un échantillonnage de longue durée (15 heures et plus). Pour savoir combien de fois l'échelle a passé les 100 000, il faut connaître la quantité de poussière déposée sur le filtre, en fonction du milieu ambiant et du débit moyen de l'appareil.

Le porte-filtre comporte une bague de fixation pour la connexion avec l'aspirateur et une grille à mailles fines qui porte le filtre et évite un déchirement par l'aspiration. Le filtre, d'un diamètre de 5 cm, est maintenu contre la grille par un manchon démontable muni d'un joint en caoutchouc et est fixé de l'autre côté par un ressort métallique.

Pour éviter que le filtre colle au joint en caoutchouc, ce dernier peut être légèrement talqué; ou bien des joints en teflon ont été utilisés.

La maison Fleming a inscrit sur chaque aspirateur le facteur de calibration. En le multipliant par le nombre de pieds linéaires

lu sur le compte-tours de l'anémomètre, nous obtenons le nombre de mètres cubes d'air passé au travers du filtre pendant la durée de l'échantillonnage.

Un tube flexible de 3 mètres est délivré avec l'appareil; il peut être raccordé entre le porte-filtre et le compteur volumétrique pour l'aspiration d'air dans des endroits mal accessibles. Le diamètre du tube étant plus petit que celui du filtre, la vitesse de l'air dans le tube augmente. L'absence d'un cône dans le raccord avec l'aspirateur fait que l'air arrive sur l'anémomètre avec cette grande vitesse. Les facteurs de calibration donnés par la maison Fleming ne tiennent pas compte de cette situation. Pour cette raison, il a été nécessaire de faire une correction du facteur de calibration de la façon suivante:

$S_t$  : surface d'ouverture du tube flexible

$S_p$  : surface d'ouverture du porte-filtre

$f_c$  : facteur de calibration avec tube flexible

$f$  : facteur de calibration donné par la maison

$$\frac{S_t}{S_p} = \frac{f_c}{f}$$

Numériquement:

$$\frac{S_t}{S_p} = \frac{1,5}{4,5} = \frac{1}{3} = \frac{f_c}{f}$$

et ainsi:

$$\underline{\underline{f_c = \frac{1}{3} f}}$$

Les facteurs de calibration  $f$  et les facteurs corrigés  $f_c$  sont indiqués dans le tableau 1.

Les filtres utilisés, d'un diamètre de 5 cm, sont du type Microsorban 99/97 fabriqués par Delbag A.G. Ils sont faits en fibres polystyrènes d'un diamètre de 0,6 à 0,8  $\mu$ , dans un arrangement spécial. Ils sont solubles, facilement et sans résidu, dans le benzol, la tétrahydrofur et autres solvants organiques. On peut aussi les calciner.

Les avantages de ces filtres sont leur grande efficacité pour une grande gamme de dimensions de particules et les pertes de charge inférieures à celles d'autres filtres à fibres. Selon les indications, l'efficacité à une vitesse d'aspiration d'air de quelques cm/sec est égale approximativement à 100% pour un diamètre des particules de  $0,3 \mu^2$ ).

Les désavantages sont leur prix élevé, leur fragilité et leur tendance à se coller. Pour cette dernière raison, à la livraison les filtres sont séparés par des rondelles de papier du Japon. Une rondelle a été posée entre la grille du porte-filtre et le filtre pour éviter le collage et la détérioration.

#### Test des aspirateurs sans filtres

Avant chaque période d'échantillonnage de longue durée, les débits des appareils sans filtre sont contrôlés au laboratoire. Avec des charbons très durs, le débit sans filtre baisse en moyenne de 10% après un fonctionnement de 200 heures.

Le tableau 2 donne un exemple du résultat de ces contrôles. Les valeurs du débit horaire initial sans filtre et celles du débit après l'emploi sont indiquées. Quand la baisse du débit est très grande, comme pour les aspirateurs 430, 544, 507 et 585, une révision de l'appareil s'impose. Cette révision consiste en un renouvellement des charbons du moteur et en un nettoyage de la toile filtrante et du purificateur.

Le débit minime de l'aspirateur 507 montre un état critique de l'appareil (danger d'endommager le moteur). Les aspirateurs 582, 583 et 591, avec un débit plus grand que les autres, sont de nouveaux modèles.

#### Variation du débit en fonction du poids du filtre

Les débits des aspirateurs diminuent fortement avec l'introduction des filtres. Le poids des filtres employés varie entre 0,17 et 0,30 g, ce qui donne une diminution du débit de l'aspirateur d'environ 5 à 15%. Ceci est montré dans la figure 3 pour deux aspirateurs. En plus, ce graphique donne un exemple de l'estimation du poids

maximum du filtre Microsorban qui peut être employé avec un aspirateur. Vu la sensibilité limitée du compteur volumétrique pour des débits inférieurs à  $1 \text{ m}^3/\text{h}$ , le poids du filtre pour l'aspirateur 472, après le prélèvement, ne doit pas dépasser 0,26 g.

#### Variation du débit en fonction du poids des poussières accumulées

La figure 4 montre une courbe caractéristique de la diminution du débit avec l'augmentation du chargement des poussières sur le filtre. Au début de l'aspiration, le débit diminue assez rapidement jusqu'à une accumulation des poussières de 5 mg sur le filtre. Après, le débit se stabilise jusqu'à environ 20 mg de poussières. Puis le débit diminue de nouveau fortement. La figure 5 montre le chargement des filtres en relation avec le temps d'aspiration pour deux aspirateurs.

#### Variation du débit en fonction de l'humidité relative de l'air

L'influence de l'humidité relative de l'air sur le matériel du filtre a été étudiée pour des températures comprises entre 15 et 35°C. La figure 6 montre que le débit d'air aspiré à travers le filtre reste constant pour les humidités relatives d'air, inférieures à 60%. Au-dessus de cette valeur, le débit diminue rapidement, pour être nul à environ 90% d'humidité relative.

Il en résulte que l'échantillonnage d'air avec ce matériel, pour des humidités relatives de l'air de plus de 60%, nécessiterait des corrections.

En plus, les poussières atmosphériques sont aussi influencées par l'humidité de l'air. L'influence des conditions atmosphériques sur le prélèvement a été examinée par Ervet et al.<sup>3)</sup>.

Pour éviter des complications avec le matériel du filtre et les poussières accumulées sur les filtres, ceux-ci sont entreposés dans une atmosphère sèche. Avant chaque pesée des filtres, ces derniers sont séchés à température modérée dans un four.

## Discussion

Pour déterminer la distribution et les niveaux de la radioactivité induite de l'air dans le voisinage des accélérateurs à haute énergie, il faut effectuer les échantillonnages aux endroits critiques et aux endroits représentatifs du site. Les endroits critiques sont les zones chaudes dans les bâtiments des accélérateurs et dans les halls expérimentaux. L'échantillonnage de l'air à ces endroits est fait en routine pour obtenir une information rapide sur leur accessibilité. Dans ce cas, les temps d'échantillonnage sont courts. Des filtres à faible résistance, laissant passer un débit d'air plus grand et qui sont moins chers que les filtres Microsorban mais beaucoup moins efficaces, sont suffisants.

Les filtres Microsorban ont été utilisés avec les précautions indiquées pour tous les travaux où une grande efficacité de rétention des aérosols était nécessaire et des études au microscope ont été effectuées. Ces filtres ont été spécialement appréciés lors de l'échantillonnage aux endroits représentatifs du site où il y a une faible radioactivité. Le choix de la durée d'échantillonnage a été discuté par Harding et Hendrickson<sup>4)</sup>.

Les mesures de la radioactivité des filtres sont faites dans une salle de comptage à bruit de fond bas et constant. Ce système est supérieur à des stations fixes munies d'un échantillonnage et d'un compteur, parce que le bruit de fond de ces stations varie en fonction des conditions de l'opération des accélérateurs.

Pour tous ces différents travaux autour des accélérateurs à haute énergie, l'aspirateur Fleming 1355 B s'est montré efficace et simple à l'emploi. Le manque de possibilité d'utilisation avec batterie n'a pas été trop ressenti au CERN parce qu'il existe partout des prises de courant électrique.

Pour les échantillonnages de longue durée, nécessaires dans les endroits à faible radioactivité, le compteur volumétrique existant ne suffit pas et nous oblige de faire des estimations basées sur l'étude des caractéristiques de l'appareil.

L'aspirateur Fleming type 1355 B et les filtres Microsorban constituent un ensemble qui a donné de précieux résultats pour l'étude de la pollution radioactive de l'air dans le voisinage des accélérateurs à haute énergie du CERN.

#### Remerciements

Cette étude a été supervisée par le Dr. F.A. Prantl du Groupe Physique de Santé CERN.

Conformément à la teneur de l'accord intervenu entre le Conseil fédéral suisse et le CERN, ce travail résulte d'une collaboration entre le CERN et le Service cantonal de contrôle des irradiations de Genève.

Nous tenons à remercier le Dr. J. Baarli, Chef de la Physique de Santé du CERN, et M. K. Soucas, Chef adjoint du Service cantonal de contrôle des irradiations, pour leur apport à ce travail. Nous remercions également les membres du Groupe Physique de Santé du CERN et du Service cantonal de contrôle des irradiations pour leur précieuse collaboration.

#### REFERENCES

1. F.A. Prantl and J. Baarli, Air pollution on the CERN site, Short Comm., Ann. Occup. Hyg., 11, 191 (1970).
2. A. Winkel, Ueber eine neue Methode zur Staubmessung, STAUB, Vol. 19, No. 7, 1959.
3. P. Ervet, P. Pellerin et J.P. Moroni, Aspirateur volumétrique sur filtre fixe, Proc. Symp. Assessment of Airborne Radioactivity, Vienna, July 1967, p. 677.
4. C.I. Harding and E.R. Hendrickson, Manual for the calibration and use of high-volume air samplers in the measurement of suspended particulate matter, Bull. Ser. No. 118, Florida Engineering and Research Station, University of Florida, Gainesville.

TEXTE DES TABLEAUX

- Tabl. 1 : Facteurs de calibration et facteurs corrigés après raccordement d'un tube flexible entre le porte-filtre et le compteur volumétrique.
- Tabl. 2 : Résultats du contrôle des débits des aspirateurs sans filtre. L'indication "état neuf" correspond à l'état de l'aspirateur après sa revision dans les ateliers.

TEXTE DES FIGURES

- Fig. 1 : a) et b) Vues éclatées de l'échantillonneur de poussières.
- Fig. 2 : a) Vue éclatée du dispositif de rétention des poussières.  
b) Vue éclatée du dispositif avec tube flexible.
- Fig. 3 : Exemple de la variation du débit en fonction du poids du filtre pour deux aspirateurs.
- Fig. 4 : Diminution du débit de l'aspirateur 485 en fonction du poids des poussières accumulées sur le filtre.
- Fig. 5 : Résultats d'un test dans les laboratoires sur le poids des poussières accumulées sur le filtre en fonction du temps d'aspiration, pour deux aspirateurs.
- Fig. 6 : Variation du débit en fonction de l'humidité relative de l'air, pour des températures entre 15 et 35°C.

No Aspirateur	Facteur de calibration	Facteur de calibration corrigé
C 118	$0,796 \cdot 10^{-3}$	$0,265 \cdot 10^{-3}$
472	$0,610 \cdot 10^{-3}$	$0,203 \cdot 10^{-3}$
421	$0,757 \cdot 10^{-3}$	$0,252 \cdot 10^{-3}$
430	$0,715 \cdot 10^{-3}$	$0,238 \cdot 10^{-3}$
544	$0,679 \cdot 10^{-3}$	$0,226 \cdot 10^{-3}$
507	$0,606 \cdot 10^{-3}$	$0,202 \cdot 10^{-3}$
582	$0,538 \cdot 10^{-3}$	$0,179 \cdot 10^{-3}$
583	$0,474 \cdot 10^{-3}$	$0,158 \cdot 10^{-3}$
591	$0,425 \cdot 10^{-3}$	$0,142 \cdot 10^{-3}$
585	$0,375 \cdot 10^{-3}$	$0,122 \cdot 10^{-3}$

Tableau 1

No aspirateur	Etat neuf	Etat usagé	Remarques
	Débit en m <sup>3</sup> /h		
C 118	28,0	25,1	
472	29,8	28,9	
421	24,1	21,2	
430	25,5	10,8	Purificateur très sale
544	26,3	14,4	Purificateur très sale
507	21,7	2,4	(Purificateur très sale charbons trop tendres
582	42,3	33,4	Nouveau modèle
583	42,5	38,1	Nouveau modèle
591	33,2	32,2	Nouveau modèle
585	25,9	22,3	

Tableau 2

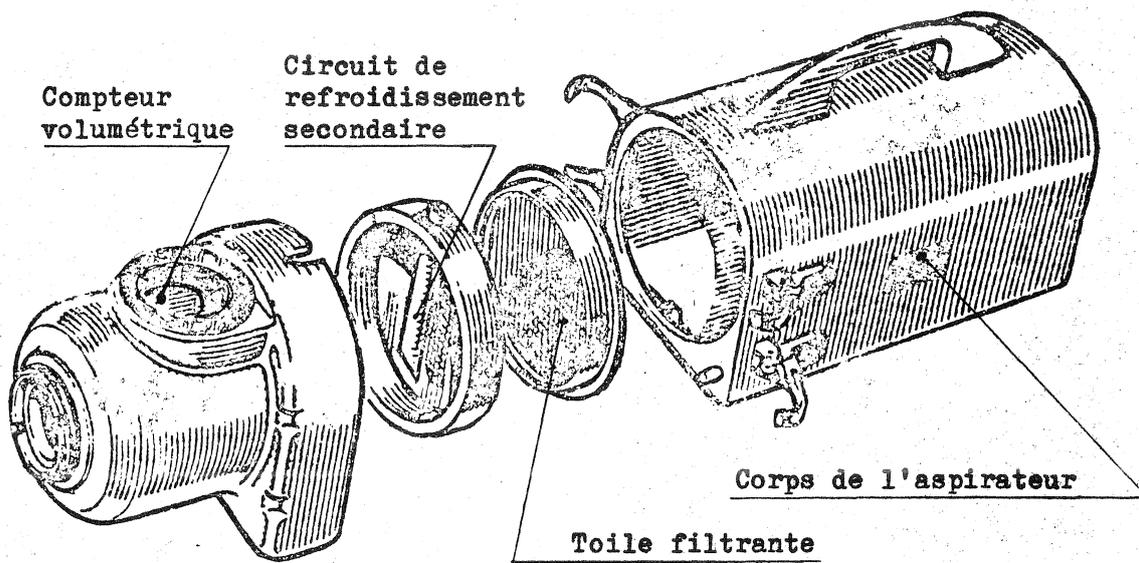


Fig. 1a) Vue éclatée de l'échantillonneur de poussières

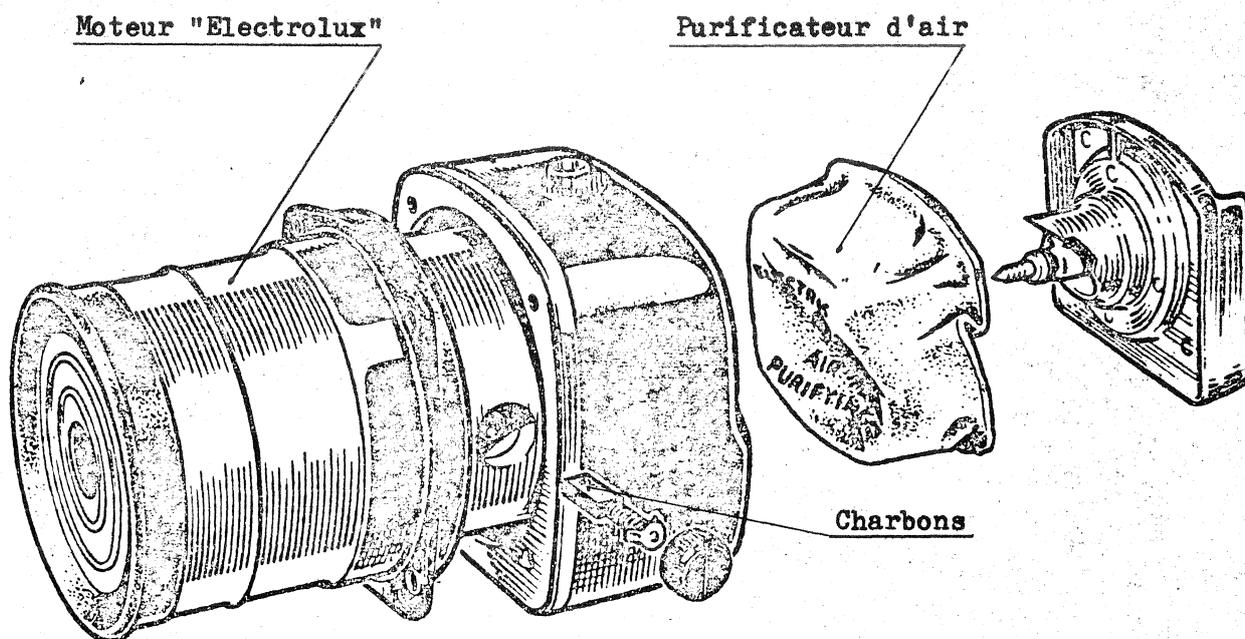
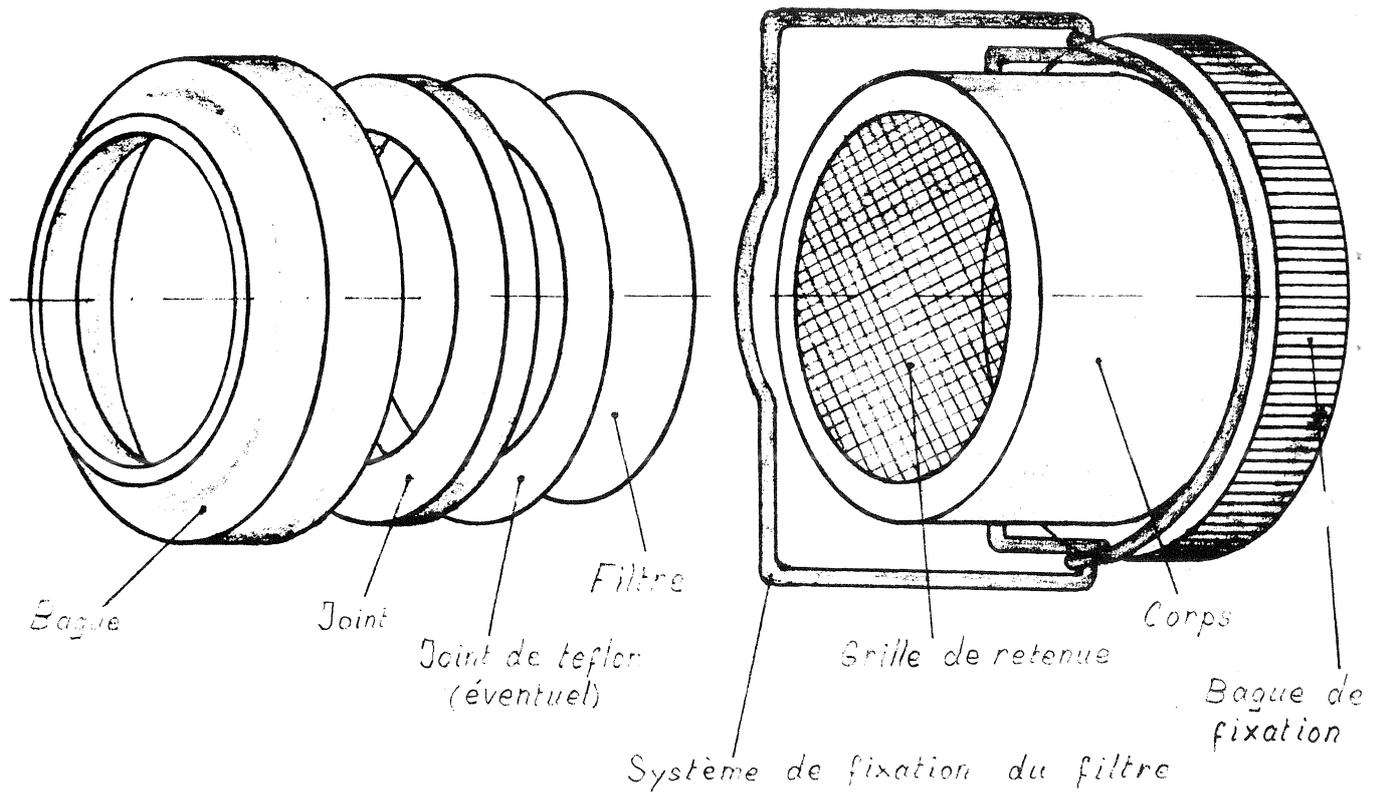
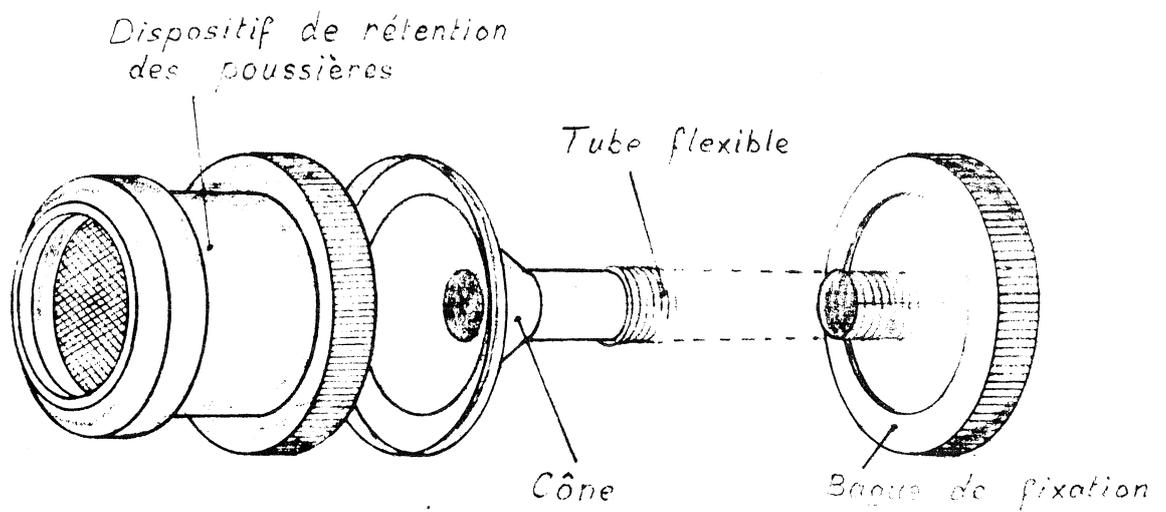


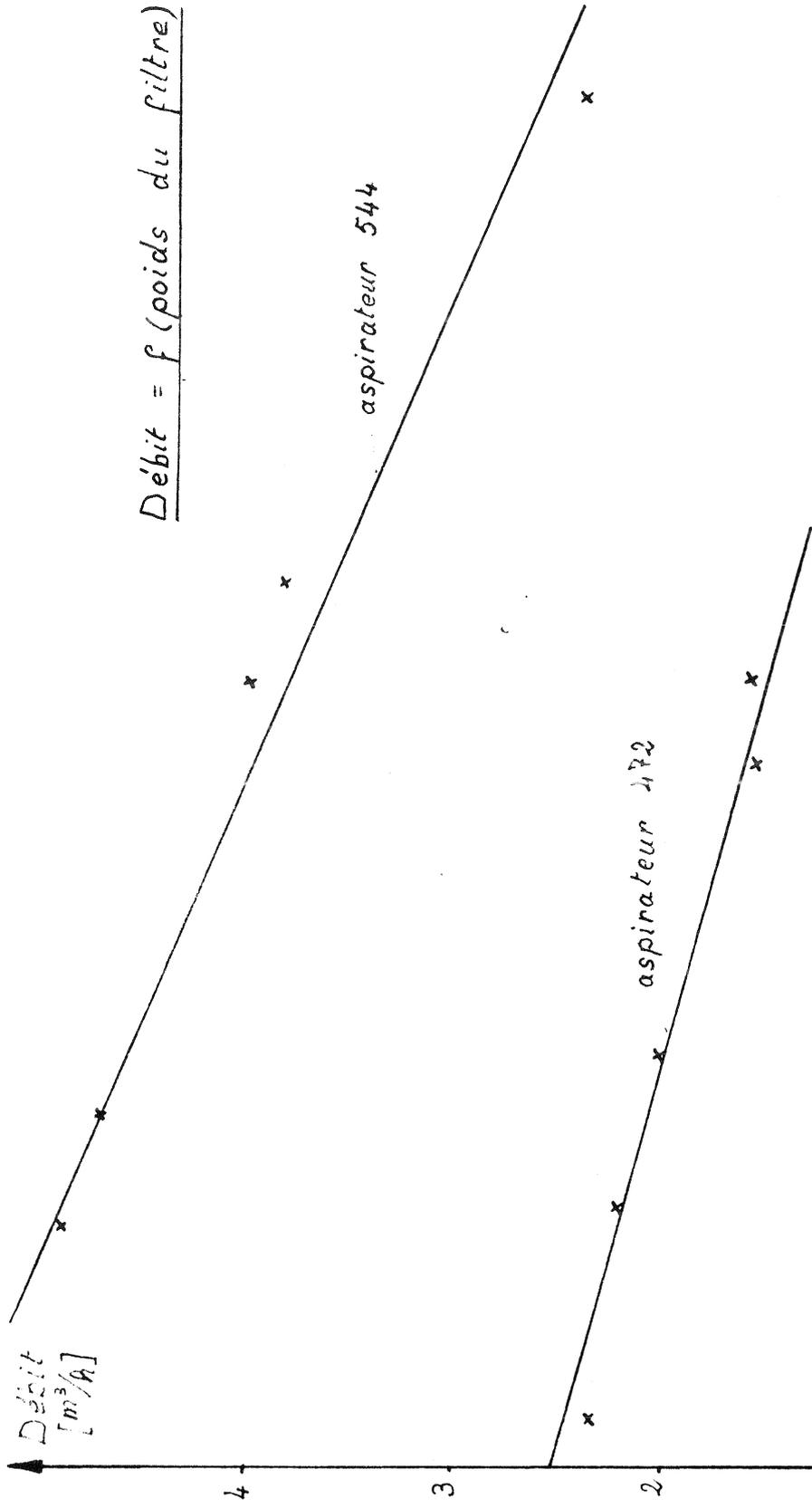
Fig. 1b) Vue éclatéé de l'échantillonneur de poussières



Dispositif de rétention des poussières fig. 2a



Dispositif avec tube flexible Fig. 2b



Graphique N° 3

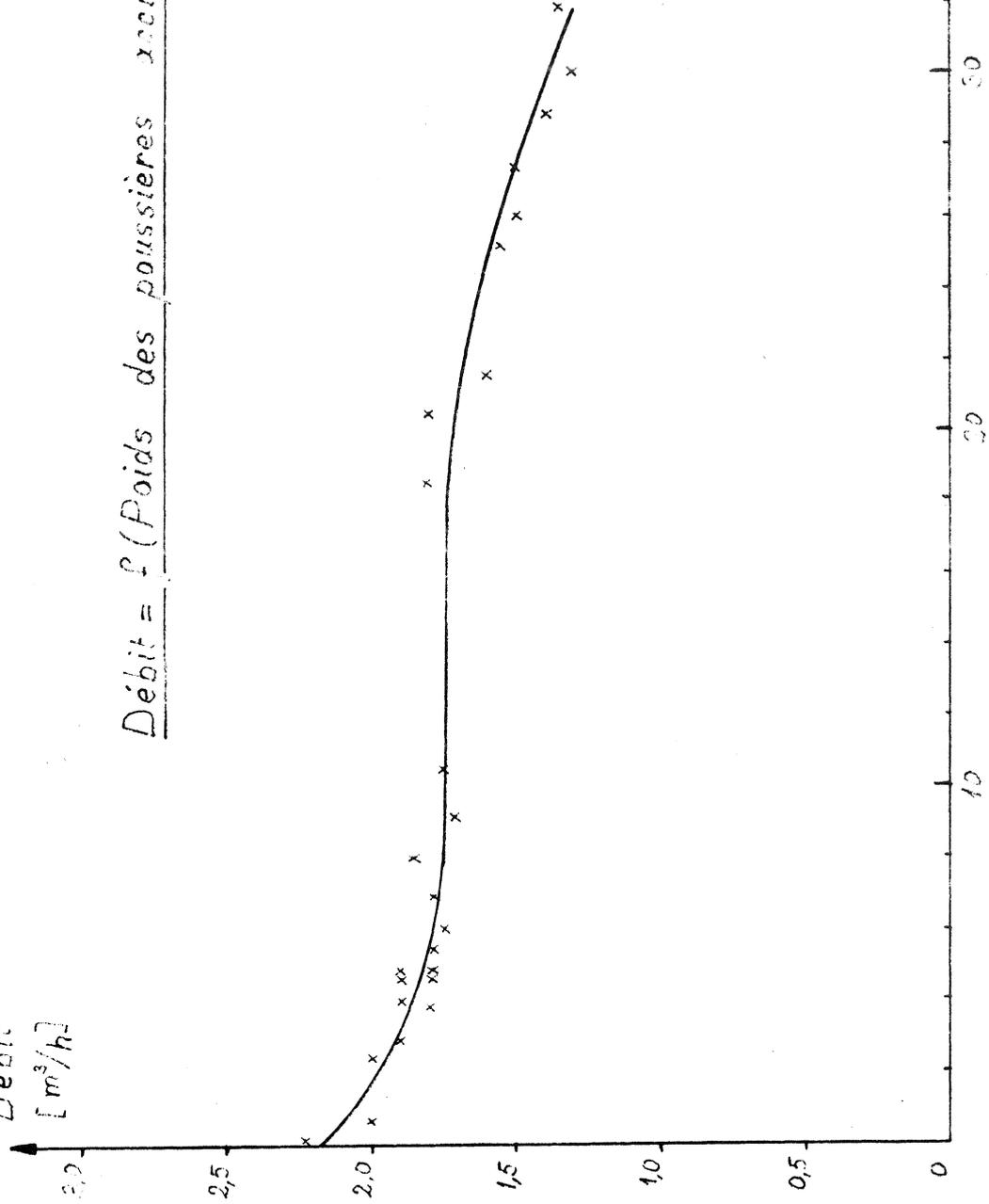
Poids du  
filtre [kg]

Débit  
[ $m^3/h$ ]

Débit  
[m<sup>3</sup>/h]

Débit = f (Poids des poussières accumulés)

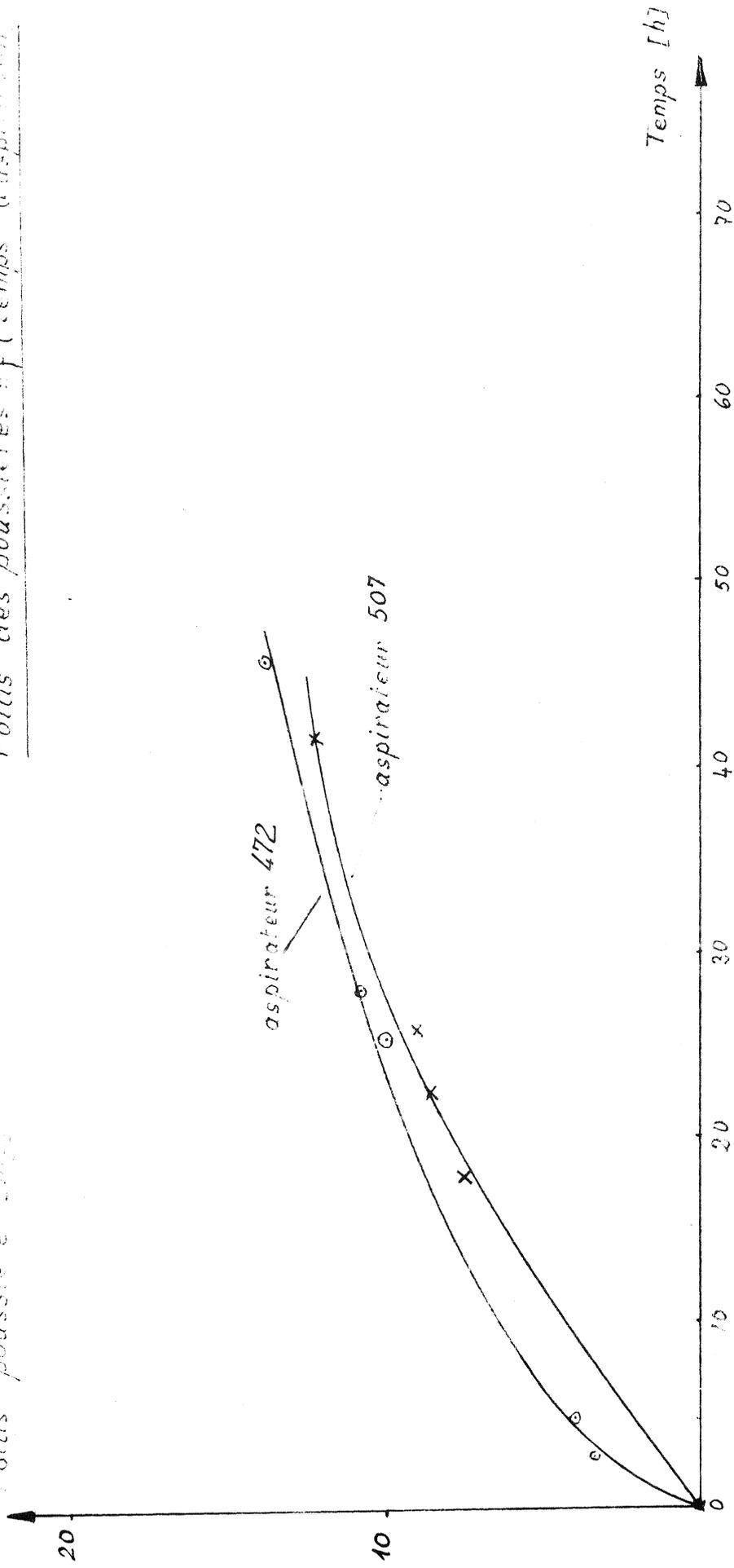
Rsp. 485



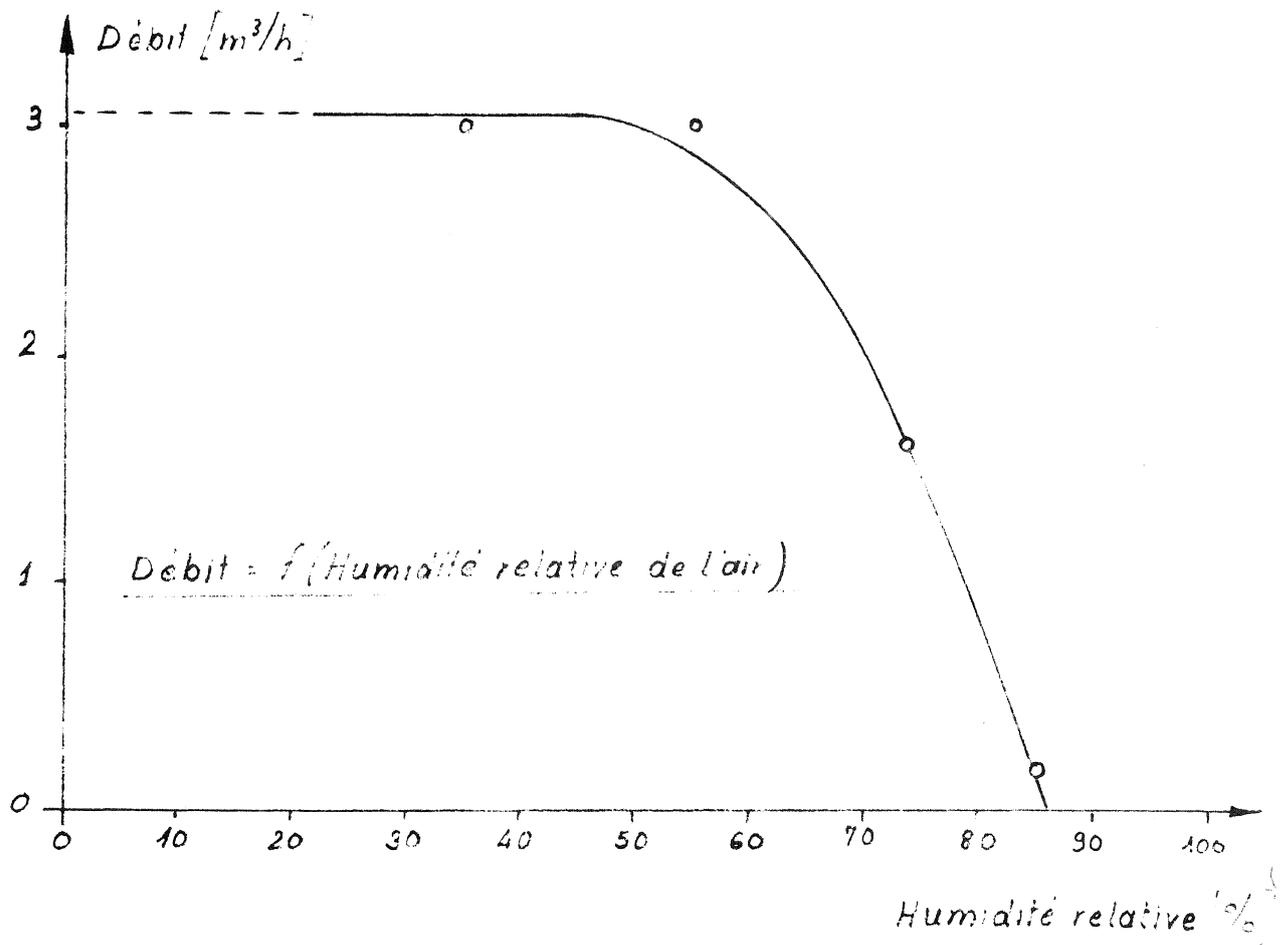
Graphique N° 4

Poids des poussières = f (temps d'aspiration)

Poids poussière [mg]



Graphique N°5



Graphique N° 6