

ECHANTILLONNAGE STATIQUE D'UN AEROSOL PAR LE DISPOSITIF CATHIA

OBJECTIFS

Cette fiche décrit une méthode d'échantillonnage statique (à poste fixe) des fractions d'aérosol liées à la santé, telle qu'elle sont définies par les normes EN 481 [1] et IS 7708 [2]. L'échantillonneur CATHIA [3-5] existe en trois versions, pour échantillonner au choix la fraction alvéolaire, thoracique ou inhalable. Un exemple d'utilisation de la méthode est le mesurage de la concentration à des polluants particulaires, y compris fibreux, renfermant une substance pour laquelle il existe une valeur limite d'exposition en fraction alvéolaire, thoracique ou inhalable. Le dispositif est utilisé notamment en version thoracique pour l'échantillonnage de fibres d'amiante [5].

MATERIEL

- Echantillonneur statique CATHIA (Fig. 1, 2) muni d'un sélecteur de la fraction alvéolaire, thoracique ou inhalable. (sur la figure 2 avec le sélecteur thoracique). Casette porte-filtre pour filtres de Ø 37 mm.
- Casette porte-filtre pour filtres de Ø 37 mm.
- Filtre de prélèvement (suivant l'analyse envisagée).
- Pompe de prélèvement à débit stabilisé de 7 ou 10 L.min⁻¹ ± 5 % (suivant le sélecteur).
- Tuyau flexible de liaison pompe-échantillonneur.
- Débitmètre.

| | | |
|---|---|----------------------|
|  | MÉTROPOL | Fiche H5 |
| 1/11 | ECHANTILLONNAGE STATIQUE D'UN AEROSOL PAR LE DISPOSITIF CATHIA | Mise à jour 25/10/02 |

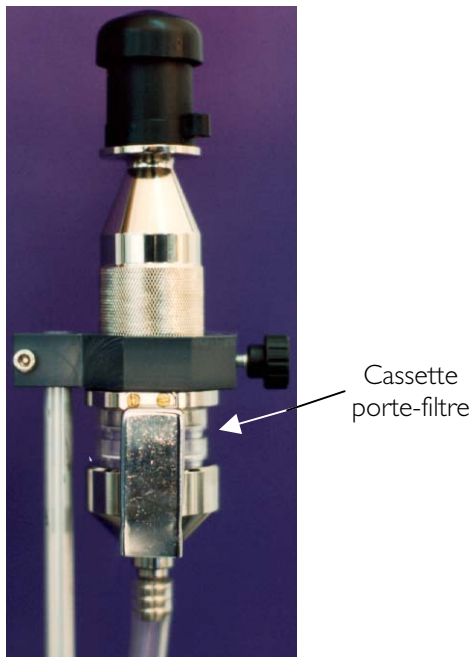


Figure 1
Vue générale du dispositif
CATHIA

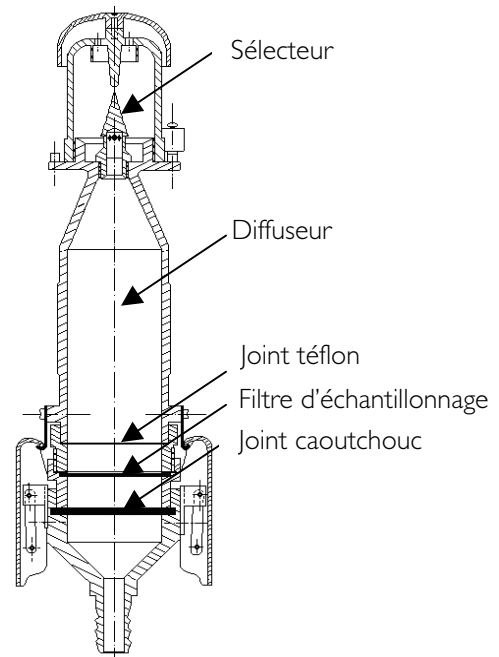


Figure 2
Schéma de la version CATHIA
thoracique (débit d'air 7 L/min⁻¹)

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

- L'appareil statique C.A.Th.I.A. (Capteur Alvéolaire, Thoracique et Inhalable d'Aérosols) permet d'échantillonner les trois fractions d'aérosol liées à la santé exactement comme l'appareil CIP 10, mais il est équipé d'un étage collecteur à filtre de diamètre 37 mm. La perte de charge relativement élevée due à ce filtre nécessite l'emploi d'une pompe auxiliaire d'aspiration pour assurer le débit de prélèvement. De ce fait, l'appareil n'est plus portable et il est destiné à l'utilisation statique à poste fixe. Il bénéficie des mêmes sélecteurs aérodynamiques de particules que l'appareil CIP 10 [6], et il utilise les mêmes débits :
 - Fraction alvéolaire : 10 L.min⁻¹
 - Fraction thoracique : 7 L.min⁻¹
 - Fraction inhalable : 10 L.min⁻¹
- Un étage supplémentaire a été inséré entre le sélecteur et la cassette porte-filtre : le diffuseur. Celui-ci a été spécialement conçu pour stabiliser l'écoulement de l'aérosol entre la sortie du sélecteur et le filtre collecteur, assurant ainsi un dépôt homogène sur le filtre [5] sans pertes de particules sur les parois. Cette propriété est particulièrement recherchée pour améliorer les conditions de comptage microscopique des particules échantillonnées. L'appareil, dans sa version thoracique, est couramment utilisé pour le mesurage d'aérosols fibreux comme l'amiante et les MMMF (Man Made Mineral Fibres). Son utilisation est citée dans une norme AFNOR [7].

MONTAGE ET UTILISATION

Le montage des sélecteurs est semblable à celui des sélecteurs de l'appareil CIP 10. La cassette porte-filtre utilisée avec CATHIA est dérivée de la cassette polystyrène Ø 37 mm décrite dans la fiche méthode METROPOL H2 [8]. La cassette originale est rallongée d'un deuxième élément intermédiaire (bague) et le filtre est inséré entre ces deux bagues (Fig. 1, 2). Les parties extrêmes sont utilisées pour refermer la cassette pendant le transport ou pour le mesurage du débit (Fig. 3).

Note : Lors du montage de CATHIA il est impératif d'utiliser les deux joints en-dessous et au-dessus de la cassette porte-filtre (Fig. 2). Ils n'assurent pas que l'étanchéité du système mais constituent également les parties importantes d'assemblage mécanique du dispositif CATHIA. Le joint du haut en PTFE (Poly Tetra Fluoro Ethylène) peut être facilement oublié en changeant la cassette puisqu'il reste positionné dans la cassette qui est ôtée après le prélèvement.

MESURAGE ET REGLAGE DU DEBIT

- La vérification du débit du dispositif s'effectue à l'aide d'un débitmètre connecté à l'entrée de la cassette (schéma suivant Fig. 3). Il est souhaitable d'utiliser un débitmètre à perte de charge nettement plus faible que celle due au filtre. Un compteur à gaz sec (ou équivalent), étalonné et vérifié, est préconisé. En toute rigueur le dispositif complet (cassette + sélecteur) devrait être introduit dans le circuit de mesure du débit. En pratique il est difficile de connecter un débitmètre à l'entrée du sélecteur. La perte de charge due au filtre monté dans la cassette étant généralement largement supérieure à celle due au système sélecteur le débit peut être mesuré suivant le schéma indiqué en figure 3.

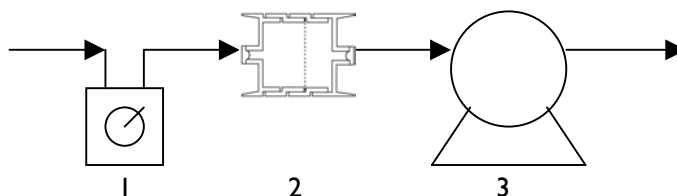


Figure 3

Schéma de connexion pour le mesurage du débit d'échantillonnage

1. Compteur à gaz sec
2. Cassette d'échantillonnage équipée de son filtre
3. Pompe de prélèvement

- Le débit doit être vérifié et noté avant (Q_1) et après l'échantillonnage (Q_2). Une surveillance des incidents pendant la durée de l'échantillonnage est souhaitable : état des tubes flexibles, position du rotamètre de la pompe (si elle en est équipée), etc. La différence des débits Q_1 et Q_2 ne doit pas dépasser 10 % en valeur relative. Si cette condition est satisfaite le volume d'air échantillonné est calculé sur la base du débit moyen Q :

$$Q = (Q_1 + Q_2)/2 .$$

PERFORMANCES DE L'ÉCHANTILLONNEUR

L'efficacité d'échantillonnage a été mesurée au laboratoire en fonction du diamètre aérodynamique des particules et comparée aux courbes conventionnelles (EN 481 [1] et IS 7708 [2]). Elle est proche de l'efficacité de l'échantillonneur CIP 10, étant donné que les deux appareils utilisent des sélecteurs identiques. **La seule différence se situe au niveau de l'efficacité du dispositif CATHIA pour les particules fines pour lesquelles elle est supérieure à celle du CIP 10.** Ceci est dû à l'utilisation d'un filtre plus efficace que le filtre rotatif en mousse de polyuréthane. Les performances de l'échantillonneur ont été évaluées et exprimées sous forme de cartes de biais et de précision suivant la norme européenne EN 13205 [9]. Du fait que l'échantillonneur permet suivant le sélecteur choisi d'échantillonner l'une des trois fractions conventionnelles, il convient d'évaluer ses performances fraction par fraction.

PERFORMANCES D'ÉCHANTILLONNAGE DE LA FRACTION ALVÉOLAIRE

- Pour échantillonner la fraction alvéolaire d'un aérosol l'appareil est utilisé en version CATHIA-R avec le sélecteur approprié, identique au sélecteur de l'échantillonneur CIP 10-R [6], au débit de 10 L.min⁻¹. Les mesures d'efficacité ont été conduites dans un tunnel aérodynamique dans des conditions proches de celles dites de l'air calme en utilisant un aérosol polydispersé. Les résultats relatifs à l'efficacité d'échantillonnage sont représentés sur la figure 4 en fonction du diamètre aérodynamique des particules [4]. La courbe conventionnelle alvéolaire est également représentée.
- Les cartes de biais et de précision correspondant à l'efficacité mesurée sont représentées sur la figure 5 pour une série de distributions granulométriques d'un aérosol de type log-normal. Les paramètres de distribution constituent les coordonnées de la carte : MMAD – Mass Median Aerodynamic Diameter (*diamètre aérodynamique médian en masse*) et GSD - Geometric Standard Deviation (*écart-type géométrique*). On peut rappeler que la carte de biais représente les écarts relatifs entre la concentration qui serait mesurée par l'échantillonneur étudié et la concentration qui correspondrait exactement à la convention alvéolaire pour le même aérosol. La carte de précision indique en fait "l'imprécision" de la détermination de la concentration des aérosols par rapport à la concentration conventionnelle. Elle est composée essentiellement de la valeur absolue du biais à laquelle s'ajoutent des éléments d'incertitude sur la détermination expérimentale de l'efficacité et sur l'utilisation de l'échantillonneur (par exemple le débit).
- La norme européenne EN 13205 [9] prévoit que le biais et l'imprécision ne doivent pas dépasser respectivement $\pm 10\%$ pour le biais et 30% pour l'imprécision à l'intérieur du domaine granulométrique correspondant à la fraction spécifiée. A titre d'information les indices BPC et APC sur les cartes (Fig. 5) indiquent chacun le pourcentage de points satisfaisant les critères correspondants. Les aérosols quasi monodispersés étant peu fréquents dans l'industrie, seules les distributions avec un écart-type géométrique $GSD \geq 2$ sont prises en compte pour le calcul des indices de performance BPC et APC.

| | | |
|---|--|---|
|  4/11 | MÉTROPOL ÉCHANTILLONNAGE STATIQUE D'UN AÉROSOL PAR LE DISPOSITIF CATHIA | Fiche H5 Mise à jour 25/10/02 |
|---|--|---|

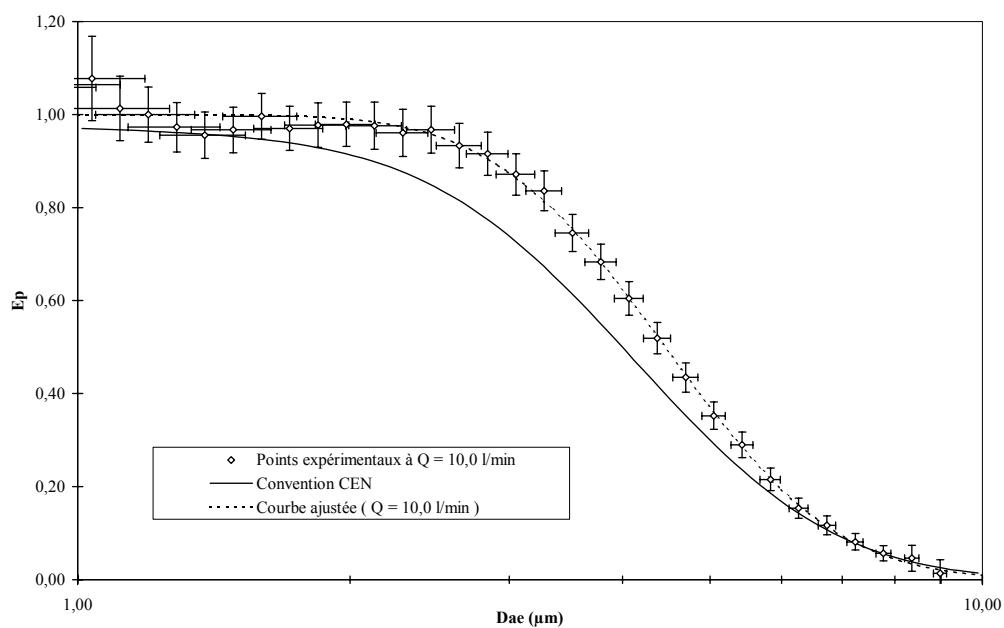


Figure 4

Efficacité d'échantillonneur de la fraction alvéolaire de l'appareil CATHIA – R en fonction du diamètre aérodynamique des particules. Débit d'air 10 L.min⁻¹

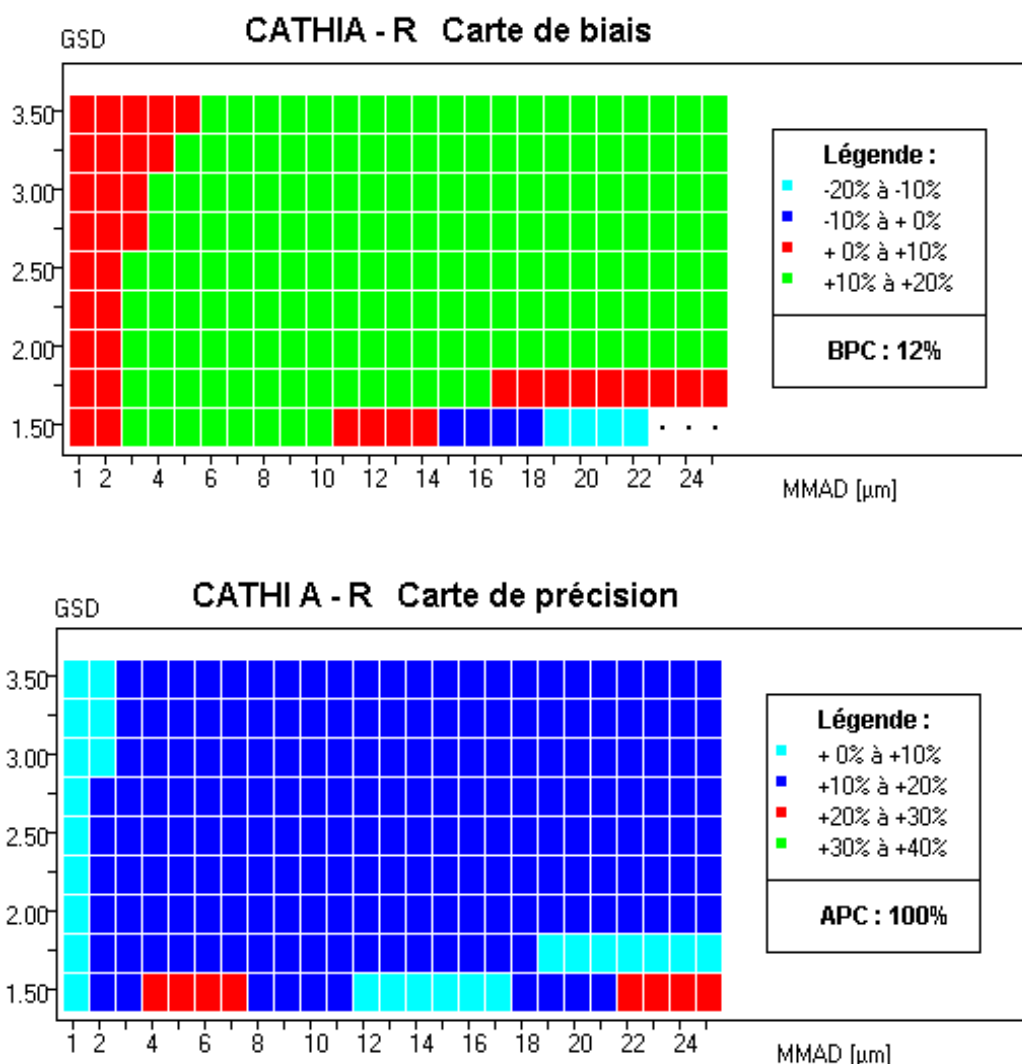


Figure 5

Carte de biais et carte de précision de l'échantillonneur CATHIA - R, débit 10 L.min⁻¹, par rapport à la fraction conventionnelle alvéolaire EN 481.

BPC - Bias Performance Criterium (*indice de performance sur le biais*)

APC - Accuracy Performance Criterium (*indice de performance sur la précision*)

- On peut constater que le critère du biais de mesure de la concentration alvéolaire est satisfait pour 12 % des points et le critère de précision pour 100 %. Cette performance peut être considérée comme satisfaisante malgré le chiffre faible de l'indice BPC. En effet, les valeurs expérimentales de l'efficacité d'échantillonnage sont décalées légèrement à droite de la courbe conventionnelle. Ceci a pour conséquence un sur-échantillonnage de l'ordre de 10 à 20 % pour la majorité des distributions granulométriques dans la carte de biais. Cependant le biais varie très peu d'un aérosol à l'autre d'où une excellente performance en termes de précision : APC=100 %. L'appareil CATHIA est bien indiqué pour l'échantillonnage d'aérosols fins grâce à son filtre collecteur plus efficace que le filtre rotatif à mousse de polyuréthane utilisé dans le CIP 10. Ceci est bien traduit dans la carte par des valeurs de biais positives comprises entre 0 et +10 % pour les plus fines particules.

PERFORMANCES D'ÉCHANTILLONNAGE DE LA FRACTION THORACIQUE

- Pour échantillonner la fraction thoracique d'un aérosol l'appareil est utilisé dans sa version CATHIA-T avec le sélecteur approprié, identique au sélecteur de l'échantillonneur CIP 10-T [6], au débit de $7 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$.
- Les mesures d'efficacité ont été conduites dans un tunnel aérodynamique dans des conditions proches de l'air calme en utilisant un aérosol polydispersé. Les résultats relatifs à l'efficacité d'échantillonnage sont représentés sur la figure 6 en fonction du diamètre aérodynamique des particules [3]. La courbe conventionnelle thoracique est également représentée.

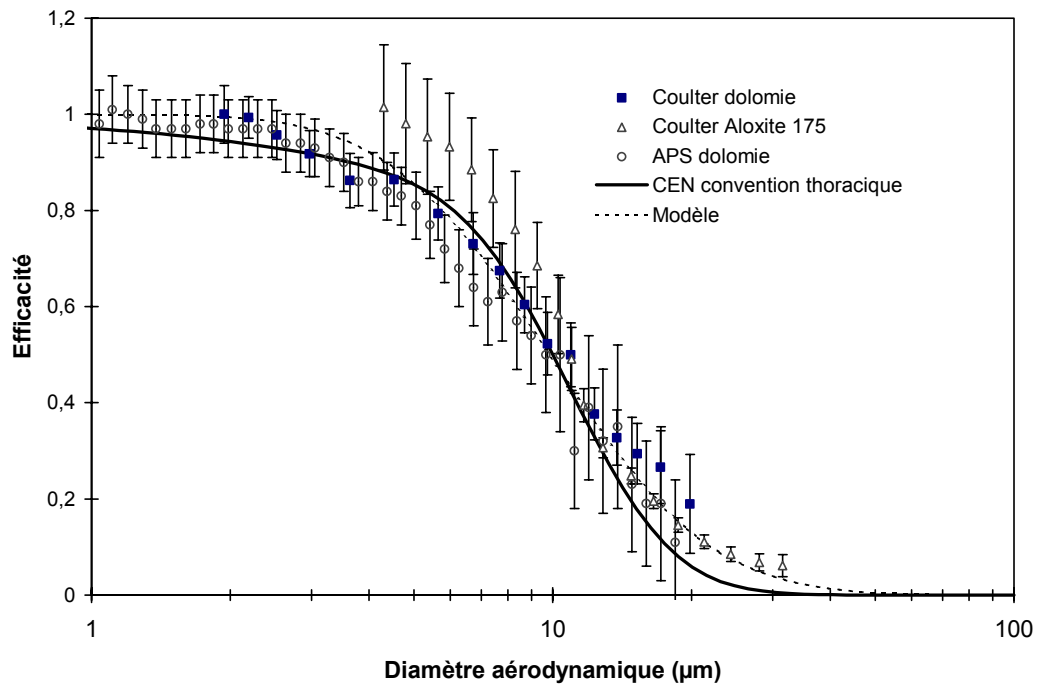


Figure 6

Efficacité d'échantillonnage de la fraction thoracique de l'appareil CATHIA – T en fonction du diamètre aérodynamique des particules. Débit d'air $7 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$

- Les cartes de biais et de précision correspondant à l'efficacité mesurée sont représentées sur la figure 7. Les exigences normatives [9] sur le biais et la précision d'échantillonnage de la fraction thoracique sont les mêmes que pour la fraction alvéolaire.

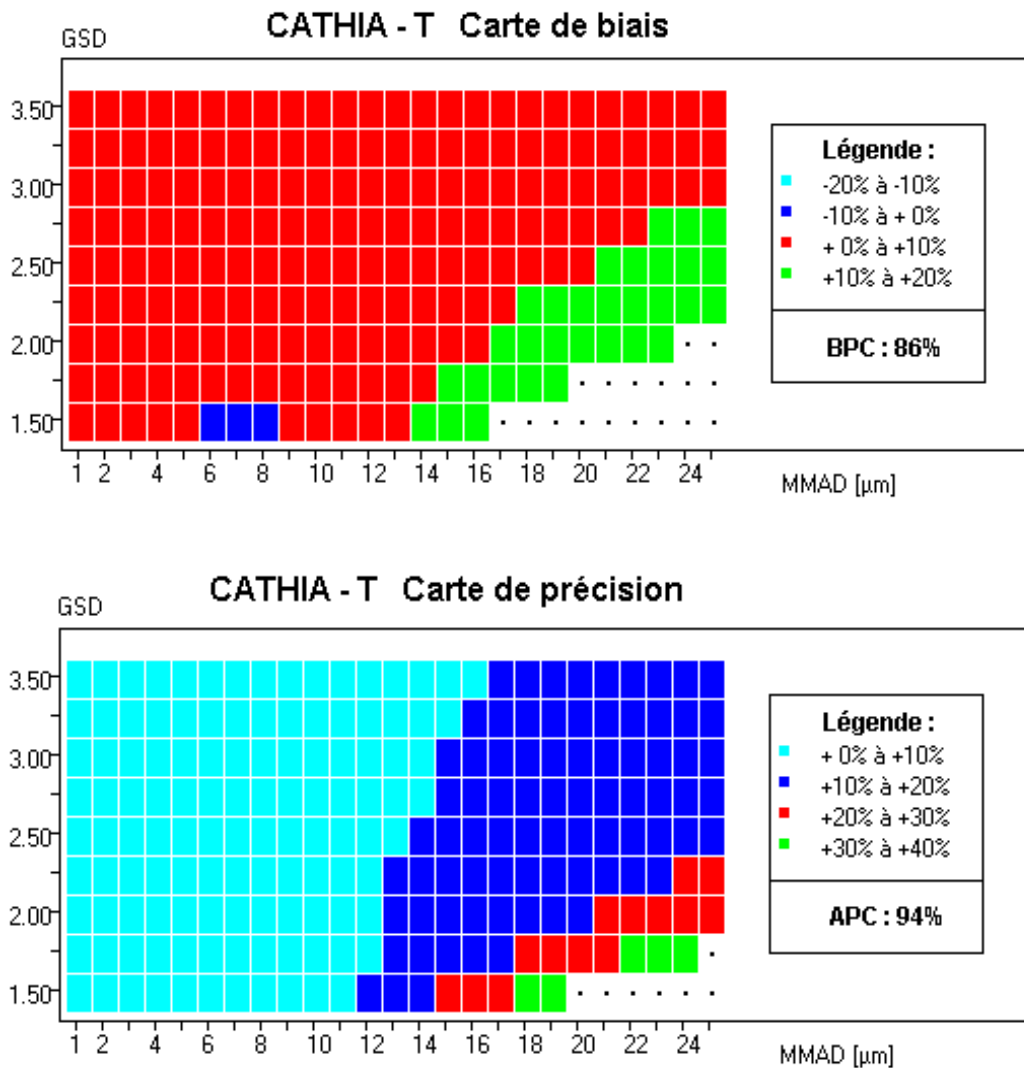


Figure 7

Carte de biais et carte de précision de l'échantillonneur CATHIA - T, débit 7 L.min⁻¹, par rapport à la fraction conventionnelle thoracique EN 481.

BPC - Bias Performance Criterium (*indice de performance sur le biais*)

APC - Accuracy Performance Criterium (*indice de performance sur la précision*)

- On peut constater que le critère sur le biais (BPC) est satisfait pour 86 % des points et le critère de précision (APC) pour 94 % avec la condition $GSD \geq 2$ (Fig. 7). Cette performance peut être considérée comme très satisfaisante pour une grande partie du domaine de granulométrie des aérosols rencontrés sur les lieux de travail.
- L'échantillonneur CATHIA thoracique est utilisé notamment pour le mesurage de la concentration en fibres d'amiante et d'autres fibres. Leur mesurage en fraction thoracique a été recommandé au niveau international [10]. Grâce à l'efficacité d'échantillonnage satisfaisante pour cette fraction [3, 11-13] et grâce au dépôt homogène des particules sur toute la surface du filtre [5], l'utilisation du dispositif CATHIA-T pour l'échantillonnage de fibres d'amiante dispersées dans l'air s'est largement développée. Son utilisation à cet effet est citée dans une norme AFNOR [7].

- L'appareil CATHIA-T peut être utilisé pour échantillonner des aérosols dans l'industrie textile où il a pu remplacer avantageusement l'éluutriateur vertical [14]. Ses performances par rapport à l'éluutriateur ont été vérifiées à la fois en laboratoire et in situ [15]. Dans ce type d'industrie l'aérosol présent sur les lieux de travail peut contenir des fibres textiles d'assez grandes dimensions, souvent agglomérées en amas, qui peuvent obstruer le sélecteur thoracique de l'appareil CATHIA-T et empêcher ainsi son bon fonctionnement. Il est recommandé d'utiliser dans ce cas une grille extérieure optionnelle protégeant la fente d'aspiration, représentée en figure 8. On a pu vérifier que son utilisation ne modifie ni le débit ni les performances de l'appareil [16].

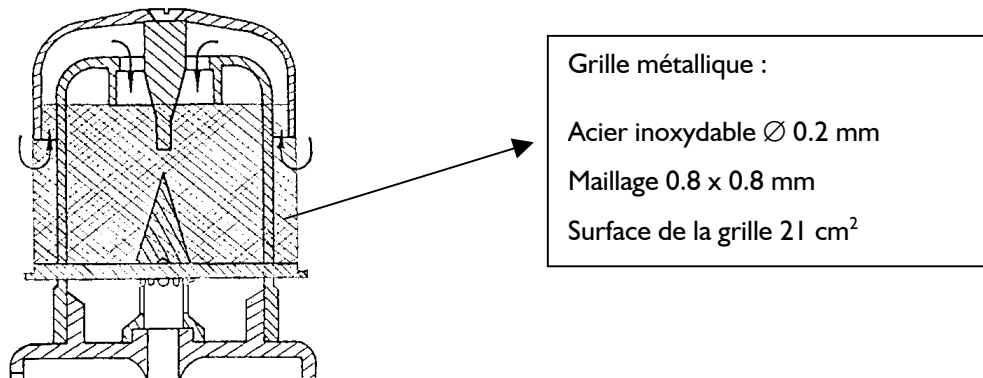


Figure 8
Sélecteur thoracique équipé de sa grille extérieure optionnelle

PERFORMANCES D'ÉCHANTILLONNAGE DE LA FRACTION INHALABLE

- L'échantillonneur CATHIA est utilisé également pour échantillonner la fraction conventionnelle inhalable en utilisant le sélecteur inhalable de l'appareil CIP 10-I au débit de 10 L.min⁻¹ [6]. On peut rappeler que dans sa configuration actuelle l'échantillonneur CIP 10-I présente des performances comparables à celles d'autres dispositifs utilisés en France et à l'étranger [17, 18].
- Cependant un dépôt de particules a été constaté dans la partie supérieure du sélecteur lors d'essais en laboratoire. Ce dépôt diminue l'efficacité de transmission des particules entre la fente d'aspiration et l'étage collecteur. Une vérification de l'efficacité d'aspiration a été menée expérimentalement [19]. Celle-ci étant jugée satisfaisante, une réflexion sur l'acheminement des particules dans le sélecteur lui-même a été engagée afin de minimiser le phénomène de dépôt des particules sur les parois. Suite à cet étude des modifications de géométrie intérieure ont été apportées au sélecteur pour éliminer le dépôt. Le nouveau prototype [6] a été testé [20]. L'amélioration de l'acheminement des particules aspirées vers l'étage collecteur est due à l'accélération radiale de l'aérosol dans la fente annulaire et à sa reprise verticale dans l'axe de la fente. Cette amélioration est traduite par l'augmentation de l'efficacité de transmission du nouveau sélecteur par rapport aux versions précédentes [6, 20].
- La fabrication du sélecteur modifié n'étant pas encore assurée, on utilise en pratique le sélecteur original qui est disponible actuellement. Son remplacement apparaîtra souhaitable dès la commercialisation du nouveau modèle [6].

BIBLIOGRAPHIE

- [1] NF EN 481 (X43-276). Novembre 1993. Atmosphères des lieux de travail - Définition des fractions de taille pour le mesurage des particules en suspension dans l'air. Paris La Défense. AFNOR, 1993, 11 p.
- [2] NF ISO 7708 (X 43-100). Mai 1996. Qualité de l'air - Définitions des fractions de taille des particules pour l'échantillonnage lié aux problèmes de santé. Paris La Défense. AFNOR, 1996, 14 p.
- [3] FABRIÈS, J.F., GÖRNER, P., KAUFFER, E., WROBEL, R., VIGNERON, J.C. Personal Thoracic CIP10-T sampler and its static version CATHIA-T. *Annals of Occupational Hygiene*, 1998, 42, pp. 453-465.
- [4] GÖRNER, P., WROBEL, R., MICKA, V., SKODA, V., DENIS, J., FABRIÈS, J.F. Study of fifteen respirable aerosol samplers used in occupational hygiene. *Annals of Occupational Hygiene*, 2001, 45, pp. 43-54.
- [5] KAUFFER, E., VIGNERON, J.C., FABRIÈS, J.F., BILLON-GALLAND, M.A., BROCHARD, P. The use of a new static device based on the collection of the thoracic fraction for the assessment of the airborne concentration of asbestos fibres by transmission electron microscopy. *Annals of Occupational Hygiene*, 1996, 40, pp. 311-319.
- [6] METROPOL, Fiche méthode H4. Echantillonnage individuel d'un aérosol par l'appareil CIP 10. INRS, département Métrologie des Polluants.
- [7] NF X43-050. Janvier 1996. Air des lieux de travail – Détermination de la concentration en fibres d'amiante par microscopie électronique à transmission. Paris La Défense. AFNOR, 1996, 44 p.
- [8] METROPOL, Fiche méthode H2. Echantillonnage individuel de la fraction inhalable d'un aérosol par « cassette fermée ». INRS, département Métrologie des Polluants.
- [9] NF EN 13205 (X43-283). Juin 2002. Atmosphères des lieux de travail – Evaluation des performances des instruments de mesurage des concentrations d'aérosols. Paris La Défense. AFNOR, 2002, 47 p.
- [10] DEMENT, J.M. Overview : Workshop on fiber toxicology research needs. *Environmental Health Perspectives*, 1990, 88, pp. 261-268.
- [11] MAYNARD, A.D. Measurement of aerosol penetration through six personal thoracic samplers under calm air conditions. *Journal of Aerosol Science*, 1999, 30, pp. 1227-1242.

| | | |
|---|--|---|
|  | MÉTROPOL ÉCHANTILLONNAGE STATIQUE D'UN AÉROSOL PAR LE DISPOSITIF CATHIA | Fiche H5 Mise à jour 25/10/02 |
| 10/11 | | |

- [12] JONES, A.D., AITKEN, R., MAYNARD, A., RIEDIGER, G., SAHLE, W., LIDEN, G. Thoracic sampling of fibres. *Journal of Aerosol Science*, 2000, 31, pp. S128-S129.
- [13] MAYNARD, A.D. Thoracic size-selection of fibres: Dependence of penetration on fibre length for five thoracic sampler types. *Annals of occupational Hygiene*, 2002, 46, pp. 511-522.
- [14] LYNCH, J.R. Air sampling for cotton dust. In *Trans. Nat. Conf on Cotton Dust and Health*, School of Public Health, Chapel Hill, N.C., 1970, pp. 33-43.
- [15] GÖRNER, P., FABRIÈS, J.F., WROBEL, R. Thoracic fraction measurement of cotton dust. *Journal of Aerosol Science*, 1994, 25, pp. S487-S488.
- [16] GÖRNER, P., FABRIÈS, J.F. Health-related size fractions of aerosols and long fibrous particles. In *Abstracts of 4th International aerosol conference*, Los Angeles, August 29 – September 2, 1994, pp. 736-737.
- [17] BARTLEY, D.L. Instrument performance criteria. Inhalable aerosol samplers. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 1998, 13, pp. 274-278.
- [18] BALDWIN, P.E.J., MAYNARD, A.D., NORTHAGE, C. An investigation of short-term gravimetric sampling in pig farms and bakeries. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 1997, 12, pp. 662-669.
- [19] GÖRNER, P., WITSCHGER, O., FABRIÈS, J.F. Annular aspiration slot entry efficiency of the CIP-10 aerosol sampler. *Analyst*, 1996, 121, pp. 1257-1260.
- [20] GÖRNER, P., WROBEL, R., ROGER, F., FABRIÈS, J.F. Inhalable aerosol selector for the CIP 10 personal aerosol sampler. *Journal of Aerosol Science*, 1999, 30, pp. S893-S894.