

70011271

MÉTHODE UNIFORME DE RÉFÉRENCE POUR LE
DOSAGE DES PARTICULES EN SUSPENSION
DANS L'ATMOSPHÈRE
(ÉCHANTILLONNAGE À GRAND DÉBIT)

Direction générale de la lutte contre
la pollution atmosphérique
Protection de l'environnement



Rapport EPS 1-AP-73-2

janvier 1973

RÉIMPRESSION

TD
182
R46
1-AP-73-2

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
1. PORTÉE	1
2. DOMAINE D'APPLICATION	1
3. PRINCIPE	2
4. INTERFÉRENCES	2
5. RÉACTIFS	3
6. APPAREILLAGE	4
7. PRÉLÈVEMENTS ET ÉCHANTILLONS	8
8. MARCHE À SUIVRE	10
9. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	13
10. PRÉCISION, EXACTITUDE ET STABILITÉ	16
11. REMARQUES SUR LA MÉTHODE	17
12. RÉFÉRENCES	19

1. PORTÉE

La méthode permet de mesurer toute la gamme de concentrations des particules en suspension dans l'air pendant des intervalles de temps définis. La dimension de l'échantillon recueilli permet de procéder à d'autres analyses.

2. DOMAINE D'APPLICATION

Cette méthode est utilisée pour la mesure de la concentration en poids des particules en suspension dans l'air ambiant. Lorsque l'échantillonneur fonctionne à débit moyen de 1.70 mètres cubes par minute pendant 24 heures, un échantillon suffisant sera obtenu même dans une atmosphère dont la concentration en particules en suspension est aussi faible que 1 microgramme par mètre cube. Si le niveau des particules est anormalement élevé, un échantillon satisfaisant peut être obtenu en 6 ou 8 heures ou moins. Pour la détermination des concentrations moyennes de particules en suspension dans l'air ambiant, il est recommandé d'adopter une durée d'échantillonnage type de 24 heures.

3. PRINCIPE

3.1 L'air est envoyé dans un logement couvert et à travers un filtre par une puissante avec un débit de 1.13 à 1.70 mètres cubes par minute; tel que les particules en suspension d'un diamètre inférieur à 100 μm diamètre équivalent Stokes parviennent à la surface du filtre. Voir Figure 1. Les particules d'un diamètre compris entre 100 et 0.1 μm sont généralement recueillies sur des filtres de fibre en verre. La concentration en poids des particules en suspension dans l'air ambiant, en microgrammes par mètres cubes, est calculée en mesurant le poids des particules recueillies et la volume d'air prélevé.

3.2 Le poids est déterminé à 1 milligramme près, les débits d'air à 0.03 mètre cube par minute près, les durées sont déterminées à 2 minutes près et les concentrations en poids sont calculées et enregistrées au microgramme par mètre cube près.

4. INTERFÉRENCES

4.1 Les particules de consistance huileuse telles que le smog photochimique ou la fumée de bois peuvent colmater le filtre et entraîner une chute rapide et irrégulière du débit d'air. Un brouillard épais ou une

forte humidité peuvent rendre le filtre trop humide et diminuer considérablement le débit d'air à travers le filtre.

4.2 Les filtres de fibre en verre sont comparativement insensibles aux variations de l'humidité relative mais les particules recueillies peuvent être hygroscopiques (12.2).

4.3 Si le niveau des particules est anormalement élevé, il se peut qu'il y ait perte de particules de la manutention des filtres due à la faible adhérence des particules au filtre.

5. RÉACTIFS

Milieux filtrants. Les filtres de fibre en verre ayant un pouvoir de rétention d'au moins 99% pour les particules de 0.3 μm de diamètre mesuré par l'essai DOP* conviennent à l'évaluation quantitative des concentrations de particules en suspension (12.5), bien que l'emploi d'autres milieux, tels que le papier, puisse être souhaitable pour certaines analyses. Au cas où l'on envisagerait de procéder à une analyse plus poussée, il conviendra de prendre soin d'utiliser des filtres contenant de faibles concentrations de référence des polluants à l'étude. Il est nécessaire d'exercer un

* essai basé sur l'emploi, comme étalon d'un aérosol de dimension uniforme de dioctyl phthalate

contrôle rigoureux de la qualité pour déterminer les niveaux de référence de ces polluants.

6. APPAREILLAGE

6.1 Échantillonnage.

6.1.1 Échantillonneur. L'échantillonneur est composé de trois parties: (i) la plaque avant et le joint, (ii) le montage du filtre, et (iii) le moteur. L'échantillonneur doit être en mesure d'envoyer l'air ambiant à travers un élément de 406.5 centimètres carrés de surface, avec un débit d'entre 1.13 et 1.70 mètres cubes par minute. Le moteur doit pouvoir fonctionner de façon continue pendant 24 heures sous une tension de 110 à 120 volts, 50-60 Hz et doit être mis à la terre. La conception du carter du moteur importe peu tant que le groupe moteur demeure étanche à l'air et exempt de fuite. La durée de vie du moteur peut être prolongée en abaissant la tension d'environ 10 pourcent à l'aide d'un petit transformateur dévolteur-survolteur placé entre l'échantillonneur et la prise de courant.

6.1.2 Abri de l'échantillonneur. Il importe que l'échantillonneur soit correctement installé dans

un abri approprié. Cet abri est soumis à des variations extrêmes de température, d'humidité et à l'action de tous les types de polluants de l'air. C'est pourquoi les matériaux entrant dans la construction de l'abri doivent être choisis avec soin. L'emploi de contreplaqué ou de tôle d'aluminium de forte épaisseur revêtu extérieurement d'une bonne peinture répond au but recherché. L'abri doit être recouvert d'un toit afin de protéger le filtre contre les précipitations atmosphériques et les chutes de débris. La Figure 1 montre la disposition intérieure et la configuration d'un abri satisfaisant muni d'un toit à double pente. L'espace libre entre le logement et le toit mesurée à l'endroit où ces deux parties sont les plus rapprochées devrait être de 580.5 ± 193.5 centimètres carrés. Le logement devrait être rectangulaire et mesurer environ 29 x 36 centimètres.

6.1.3 Rotamètre. Gradué en unités arbitraires, fréquemment de 0 à 70 et pouvant être étalonné. D'autres dispositifs d'une précision au moins comparable peuvent être utilisés.

6.1.4 Appareil d'étalonnage de l'orifice.

L'appareil consiste en un tube métallique de 7.6 cm de diamètre intérieur et de 15.9 cm de longueur muni à une extrémité d'une prise de pression statique de 5.1 cm. Voir Figure 2. Une bride d'un diamètre extérieur de 10.8 cm est formée à l'extrémité du tube la plus proche de cette prise et comporte un filetage mâle d'une dimension analogue à celle de l'orifice d'entrée de l'échantillonneur d'air à grand débit. Une seule plaque de métal de 9.2 cm de diamètre et de 0.24 cm d'épaisseur munie d'un orifice central de 2.9 cm de diamètre est maintenue en place à l'entrée d'air par une bague munie d'un filetage femelle. L'autre extrémité du tube est bridée de façon à venir se fixer sur un raccord comportant un filetage femelle qui vient se visser sur l'arrivée d'air de l'échantillonneur. Une plaque métallique munie de 18 trous, qui fait partie intégrante de l'appareil, est placée entre l'orifice et l'échantillonneur afin de simuler la résistance offerte par un filtre non colmaté de fibre en verre. La Figure 2 représente l'appareil utilisé pour l'étalonnage des orifices.

6.1.5 Manomètre différentiel. Peut mesurer des pressions équivalant au moins à 40 cm d'eau.

6.1.6 Compteur de déplacement positif. Etalonné en mètres cubes ou pieds cubes et destiné à être utilisé comme étalon primaire.

6.1.7 Baromètre. Peut mesurer des pressions atmosphériques au millimètre de mercure près.

6.2 Analyse.

6.2.1 Environnement de conditionnement du filtre. Enciente de la balance ou dessiccateur d'ambiance maintenu entre 20 et 30°C et à moins de 50% d'humidité relative.

6.2.2 Balance analytique. Equipée d'une chambre de pesée pouvant recevoir des filtres non pliés de 20.3 x 25.4 cm, et ayant une sensibilité de 0.1 milligramme.

6.2.3 Source de lumière. Une table du type utilisée pour visionner les radiographies.

6.2.4 Numérateur. Permettant d'apposer d'identification sur les filtres.

7. PRÉLÈVEMENTS ET ÉCHANTILLONS

7.1 Préparation du filtre. Exposer chaque filtre à la source lumineuse et procéder à son inspection afin de déceler des piqûres ou autres défauts. Les filtres présentant des défauts visibles ne doivent pas être utilisés. Les particules peuvent être éliminées à l'aide d'une petite brosse. Equilibrer les filtres dans l'environnement de conditionnement pendant 24 heures. Peser les filtres à la milligramme près; enregistrer le poids à vide et le numéro d'identification du filtre. Eviter de courber ou de plier le filtre avant de recueillir l'échantillon.

7.2 Recueil de l'échantillon. Ouvrir l'abri, desserrer les écrous à ailette et enlever la plaque avant du porte-filtre. Placer un filtre de fibre en verre numéroté et pesé à l'avance, la partie rugueuse vers le haut, remettre la plaque en place sans bouger le filtre et serrer solidement. Un serrage insuffisant laissera passer l'air et un serrage excessif endommagera le joint en caoutchouc mousse de la plaque avant. En cas de mauvais temps, on peut, pour changer le filtre, placer l'échantillonneur dans un endroit protégé. Fermer le toit de l'abri, faire fonctionner l'échantillonneur pendant 5 minutes environ, relier le

rotamètre au raccord situé en arrière de l'échantillonneur et lire l'indication donnée par la bille, la rotamètre étant maintenu en position verticale. Faire la lecture au numéro le plus proche. Si la bille bouge rapidement, basculer le rotamètre et le redresser lentement jusqu'à ce que la bille demeure immobile. Débrancher le rotamètre; enregistrer la première lecture du rotamètre, l'heure de mise en marche et la date sur la chemise du filtre. Le rotamètre ne doit jamais être raccordé à l'échantillonneur sauf lorsque l'on mesure le débit. Echantillonner sur 24 heures, de minuit à minuit, heure normale et faire une dernière lecture du rotamètre. Enregistrer la dernière lecture, l'heure correspondante et la date sur la chemise du filtre. Enlever la plaque avant de la façon décrite ci-dessus et retirer soigneusement le filtre du porte-filtre, en le prenant uniquement par les bords extérieurs. Plier le filtre dans le sens de la longueur afin que seules les surfaces portant des particules soient en contact et placer le filtre dans une enveloppe en papier bulle. Inscrire sur cette enveloppe le numéro du filtre, l'emplacement et tous autres facteurs qui pourraient affecter les résultats, tels que les conditions météorologiques ou la démolition en cours d'un bâtiment voisin. Si l'échantillon est défectueux, il conviendra de ne pas en tenir compte. Pour obtenir un échantillon valable, l'échantillonneur

de grand volume doit être employé avec le même rotamètre et le même tube que ceux qui ont été utilisés pendant son étalonnage.

7.3 Analyse. Equilibrer les filtres exposés pendant 24 heures dans l'environnement de conditionnement du filtre puis peser à nouveau. Après avoir été pesés, les filtres peuvent servir à une analyse chimique détaillée.

8. MARCHE À SUIVRE

8.1 Etalonnage.

8.2 Objet. Etant donné qu'un faible pourcentage seulement de l'air total échantillonné traverse le rotamètre pendant les mesures, le rotamètre doit être étalonné en fonction du débit d'air réel à l'aide de l'appareil d'étalonnage de l'orifice. Avant de pouvoir servir à étalonner le rotamètre, cet appareil doit être étalonné par rapport à l'orifice étalon fonctionnant par déplacement positif.

8.3 Appareil d'étalonnage de l'orifice. Fixer l'appareil d'étalonnage de l'orifice à l'entrée de l'orifice étalon primaire fonctionnant par déplacement positif et brancher une soufflante de grand débit à la sortie de l'orifice étalon. Raccorder une extrémité

d'un manomètre différentiel à la prise de pression différentielle de l'appareil d'étalonnage, l'autre extrémité ouvrant sur l'atmosphère. Faire fonctionner la soufflante de façon à obtenir une série, généralement six, d'écoulements d'air constants pendant des périodes de durée définie. Relever les lectures enregistrées par le manomètre différentiel à chaque passage d'air. Les différents écoulements constants sont obtenus en plaçant une série de plaques de charge, disposées séparément entre l'appareil d'étalonnage et l'orifice de référence. Si on place l'orifice avant l'entrée d'air, la pression à l'entrée de l'orifice étalon tombe au-dessous de la pression atmosphérique; il s'ensuit qu'une correction doit être faite en ce qui concerne l'accroissement de volume résultant de la diminution de pression à l'entrée d'air. Brancher l'extrémité d'un deuxième manomètre différentiel à l'entrée de la prise de pression de l'orifice étalon, l'autre extrémité ouvrant sur l'atmosphère. Au cours de chacune des mesures du débit constant, mesurer la pression véritable à l'entrée de l'orifice étalon au moyen de ce deuxième manomètre différentiel. Mesurer la pression atmosphérique et la température. Convertir le volume d'air mesuré en volume d'air réel comme il est indiqué en Section 9.1.2, puis calculer le débit d'air véritable, Q , comme il est

indiqué en Section 9.1.4. Tracer la courbe des lectures du manomètre différentiel de l'appareil d'étalonnage des orifices par rapport à Q .

8.3.1 Échantillonneur à grand débit. Installer un échantillonneur à grand débit muni d'un filtre propre et faire fonctionner pendant au moins 5 minutes. Brancher un rotamètre, relever l'indication donnée par la bille, régler le rotamètre de façon à obtenir 65, bloquer le mécanisme de réglage afin qu'il ne puisse être déplacé facilement. Arrêter le moteur, enlever le filtre et remettre l'appareil d'étalonnage de l'orifice en place. Faire fonctionner l'échantillonneur à grand débit en envoyant une série de flux d'air différents mais constants, généralement six. Relever les lectures de manomètre différentiel sur l'appareil d'étalonnage de l'orifice et enregistrer les lectures du rotamètre à chaque envoi d'air. Mesurer la pression atmosphérique et la température. Convertir les lectures relevées sur le manomètre différentiel en mètres cubes par minute, Q , puis tracer la courbe des valeurs relevées par le rotamètre en fonction de Q .

9. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

9.1 Calculs.

9.1.1 Etalonnage de l'orifice.

9.1.2 Volume d'air exact. Calculer le volume d'air mesuré par l'orifice étalon fonctionnant par déplacement positif.

$$V_a = \frac{(P_a - P_m)}{P_a} \cdot V_M$$

où V_a = volume d'air exact à la température atmosphérique, en mètres cubes

P_a = pression barométrique, en millimètres de mercure

P_m = chute de pression à l'entrée de l'orifice de référence, en millimètres de mercure

V_M = volume mesuré par l'orifice étalon, en mètres cubes.

9.1.3 Facteurs de conversion.

Pouces de mercure x 25.4 = millimètres de mercure

Pouces d'eau x 73.48×10^{-3} = pouces de mercure

Pieds cubes d'air x 0.0284 = mètres cubes d'air.

9.1.4 Débit d'air réel.

$$Q = \frac{V_a}{T}$$

où Q = débit d'air, en mètres cubes par minute

T = durée d'écoulement, en minutes.

9.2 Volume de l'échantillon prélevé.

9.2.1 Conversion volumétrique. Convertir les lectures initiales et finales du rotamètre en débit d'air véritable, Q , en utilisant la courbe d'étalonnage établie conformément aux indications du Section 8.3.

9.2.2 Calcul du volume de l'échantillon d'air prélevé.

$$V = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \cdot T$$

où V = volume d'air prélevé, en m^3

Q_1 = débit d'air initial, en m^3 /minute

Q_2 = débit d'air final, en m^3 /minute

T = durée d'échantillonnage, en minutes.

9.2.3 Corrections de pression et de température.

Si la pression ou la température enregistrée pendant l'étalonnage pratiqué à l'aide de l'échantillonneur à grand débit s'écarte considérablement de la pression ou de la température

relevée pendant l'étalonnage de l'orifice, il sera peut-être nécessaire de corriger le débit, Q . Si les différences de pression et de température ne sont pas supérieures à 15 pourcent et 100 pourcent ($^{\circ}\text{C}$) respectivement, l'erreur afférente au débit non corrigé ne dépassera pas 15 pourcent. Le cas échéant, calculer le débit corrigé de la façon indiquée ci-dessous. Cette correction ne s'applique qu'aux appareils de mesure à l'orifice ayant un coefficient d'orifice constant. On a démontré que le coefficient d'orifice de référence décrit au Section 6.1.4 est constant dans tout intervalle normal de fonctionnement de l'échantillonneur à grand débit 0.6 à 2.2 mètres cubes par minute. Calculer le débit corrigé selon la formule:

$$Q_2 = Q_1 \left[\frac{T_2 P_1}{T_1 P_2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

où Q_2 = débit corrigé en m^3/minute

Q_1 = débit pendant l'étalonnage effectué à l'aide de l'échantillonneur à grand débit, en m^3/minute

T_1 = température absolue pendant l'étalonnage de l'orifice, $^{\circ}\text{K}$ ou $^{\circ}\text{R}$

P_1 = pression barométrique pendant l'étalonnage de l'orifice, en mm de Hg

T_2 = température absolue pendant l'étalonnage effectué à l'aide de l'échantillonneur à grand débit, °K ou °R

P_2 = pression barométrique pendant l'étalonnage effectuée à l'aide de l'échantillonneur à grand débit, en mm de Hg.

9.3 Calcul de la concentration massique des particules en suspension.

$$S.P. = \frac{(W_2 - W_1) \cdot 10^6}{V}$$

où S.P. = concentration massique des particules en suspension, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

W_1 = poids initial du filtre, en grammes

W_2 = poids final du filtre, en grammes

V = volume d'air prélevé, en mètres cubes

10^6 = facteur de conversion de grammes en microgrammes.

Le poids est déterminé à 1 milligramme près, les débits d'air à 0.03 mètre cube par minute près, les durées sont déterminées à 2 minutes près et les concentrations en poids sont enregistrées au microgramme par mètre cube près.

10. PRÉCISION, EXACTITUDE ET STABILITÉ

10.1 D'après les essais effectués en collaboration, l'écart-type relatif (coefficient de variation) des variations relevées dans un seul laboratoire

(reproductibilité de la méthode) est de 3%. La valeur correspondante pour les variations relevées dans plusieurs laboratoires (reproductibilité de la méthode) est 3.7% (12.3).

10.2 La précision avec laquelle l'échantillonneur mesure la concentration moyenne exacte dépend de l'uniformité de l'écoulement de l'air qui le traverse. Cet écoulement est affecté par la concentration et la nature de la poussière en suspension dans l'atmosphère. Dans ces conditions, l'erreur portant sur la concentration moyenne mesurée peut être supérieure de ± 50 pourcent de la concentration moyenne réelle, selon l'importance de la diminution du débit d'air et de la variation de la concentration en poids des poussières en fonction du temps pendant la durée d'échantillonnage de 24 heures (12.4).

11. REMARQUES SUR LA MÉTHODE

11.1 Entretien.

11.1.1 Moteur de l'échantillonneur. Remplacer les balais avant qu'ils ne soient usés au point d'endommager le moteur.

11.1.2 Joint de la plaque avant. Remplacer le

joint lorsque les contours des échantillons ne sont plus assez précis. Le joint peut être scellé à la plaque au moyen d'une colle au caoutchouc ou d'un ruban dont les deux faces sont adhésives.

11.1.3 Rotamètre. Nettoyer conformément aux prescriptions à l'aide d'alcool.

11.2 Autre équipement. Une modification de l'échantillonneur à grand débit portant notamment sur la méthode d'enregistrement du flux réel d'air pendant toute la durée de l'échantillonnage a été décrite et est acceptable pour la mesure de la concentration des particules en suspension (12.6). Cette modification consiste dans l'adjonction d'un appareil de mesure de l'orifice d'échappement relié par un transducteur à un système d'enregistrement en continu du flux d'air sur un diagramme circulaire. Le volume d'air échantillonné est calculé à l'aide de l'équation ci-après.

$$V = Q \cdot T$$

où Q = vitesse moyenne d'échantillonnage en m^3 /minute

T = durée du prélèvement en minutes

Le temps moyen de prélèvement, Q , est calculé d'après le diagramme d'enregistrement; on évalue si le débit ne varie pas de plus de 0.11 mètre cube par minute pendant

la durée d'échantillonnage. Si cette variation dépasse 0.11 mètre cube par minute, relever le débit sur le diagramme toutes les 2 heures et faire la moyenne.

12. RÉFÉRENCES

12.1 Robson, C.D., and Foster, K.E. "Evaluation of Air Particulate Sampling Equipment." Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 24, 404 (1962).

12.2 Tierney, G.P., and Connor, W.D. "Hygroscopic Effects on Weight Determinations of Particulates Collected on Glass-Fiber Filters." Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 28, 363 (1967).

12.3 Unpublished data based on a collaborative test involving 12 participants, conducted under the direction of the Methods Standardization Services Section of the National Air Pollution Control Administration. October (1970).

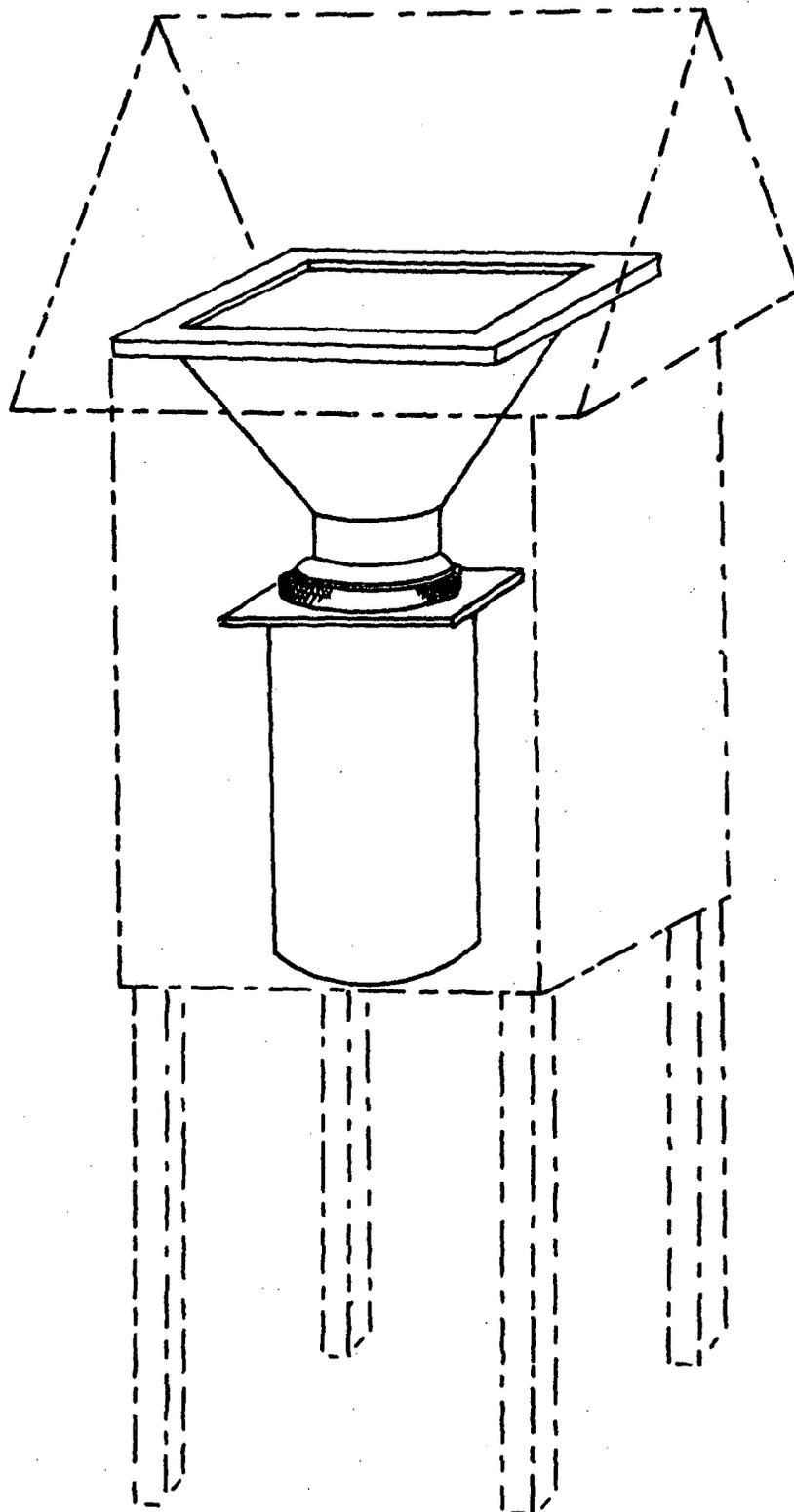
12.4 Harrison, W.K., Nader, J.S., and Fugman, F.S. "Constant Flow Regulators for High-Volume Air Sampler." Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 21, 114-120 (1960).

12.5 Pate, J.B., and Tabor, E.C. "Analytical Aspects of the Use of Glass-Fiber Filters for the Collection and Analysis of Atmospheric Particulate Matter." Am. Ind.

Hyg. Assoc. J. 23, 144-150 (1962).

12.6 Henderson, J.S. Eighth Conference on Methods in Air Pollution and Industrial Hygiene Studies. Oakland, California (1967).

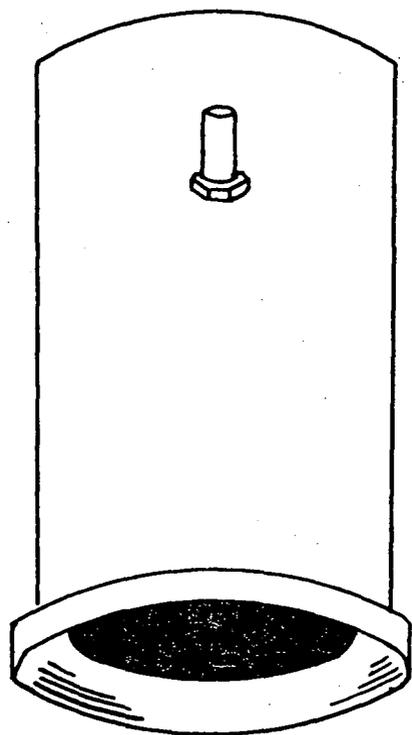
FIG. 1



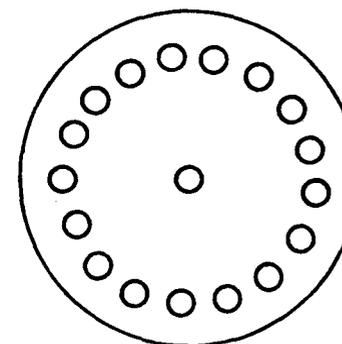
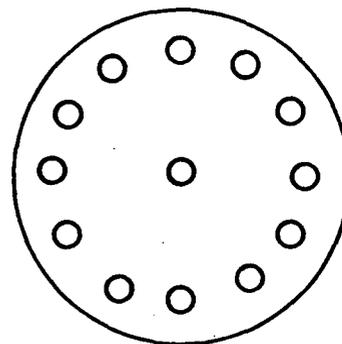
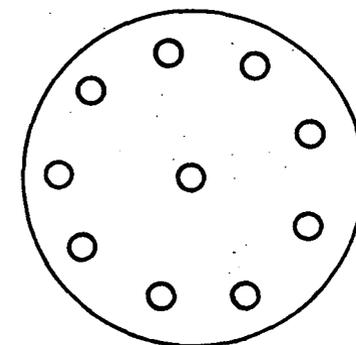
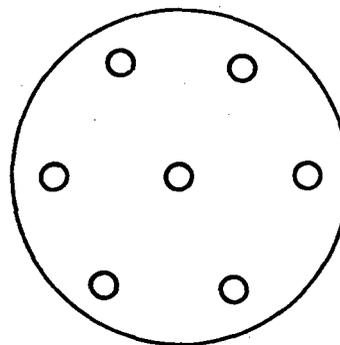
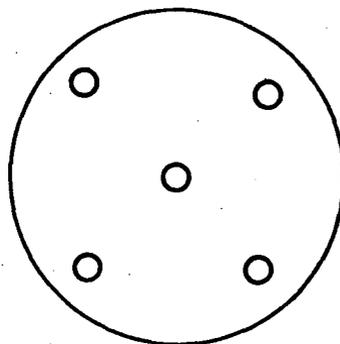
ECHANTILLONNEUR ET ABRI

FIG. 2

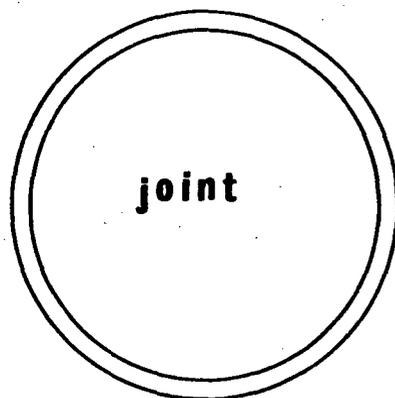
APPAREIL D'ÉTALONNAGE DE L'ORIFICE



orifice



plaques de charge



joint