
NORME INTERNATIONALE



2889

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

Principes généraux pour le prélèvement des matières radioactives contenues dans l'air

General principles for sampling airborne radioactive materials

Première édition – 1975-05-01

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 2889:1975](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/163f68c5-5f73-43fb-8cf6-c053c379c906/iso-2889-1975)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/163f68c5-5f73-43fb-8cf6-c053c379c906/iso-2889-1975>

CDU 614.876 : 614.71.001.4

Réf. n° : ISO 2889-1975 (F)

Descripteurs : pollution atmosphérique, déchet contenu dans l'air, matière radioactive, échantillonnage, préparation de spécimen d'essai.

AVANT-PROPOS

L'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (Comités Membres ISO). L'élaboration de Normes Internationales est confiée aux Comités Techniques ISO. Chaque Comité Membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du Comité Technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les Projets de Normes Internationales adoptés par les Comités Techniques sont soumis aux Comités Membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes Internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme Internationale ISO 2889 a été établie par le Comité Technique ISO/TC 85, *Energie nucléaire*, et soumise aux Comités Membres en novembre 1972.

Elle a été approuvée par les Comités Membres des pays suivants :

Afrique du Sud, Rép. d'	France	Royaume-Uni
Allemagne	Hongrie	Suède
Australie	Irlande	Suisse
Belgique	Italie	Tchécoslovaquie
Canada	Pays-Bas	Thaïlande
Égypte, Rép. arabe d'	Portugal	Turquie
Espagne	Roumanie	U.S.A.

Aucun Comité Membre n'a désapprouvé le document.

SOMMAIRE

Page

0	Introduction	1
1	Objet	1
2	Domaine d'application	1
3	Définitions	2
4	Principes	3
5	Méthodes	6
6	Validation de l'efficacité des prélèvements	14
7	Références	14

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Annexes

A	Recommandations pour le prélèvement dans les canalisations et dans les cheminées	16
B	Dépôt de particules dans les tubes de prélèvement	24
C	Erreurs dues à un prélèvement non isocinétique	29

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 2889:1975

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/163f68c5-5f73-43fb-8cf6-c053c379c906/iso-2889-1975>

Principes généraux pour le prélèvement des matières radioactives contenues dans l'air

0 INTRODUCTION

Le danger potentiel présenté par les matières radioactives présentes dans l'air et susceptibles d'être inhalées doit être évalué et contrôlé par la détermination des teneurs et de la nature de ces substances radioactives contenues dans l'air. Dans les zones occupées ou destinées à être occupées par des travailleurs, les teneurs des matières radioactives contenues dans l'air doivent être déterminées et comparées à la concentration admissible, pour s'assurer que les travailleurs ne sont pas exposés à des concentrations supérieures à celles dites de sécurité. On peut ainsi repérer des teneurs pour lesquelles il est nécessaire d'améliorer la conception de l'installation, d'isoler la source de contamination, de contrôler le temps d'exposition ou de prescrire le port d'appareils respiratoires d'un type agréé.

Bien qu'en définitive l'objectif principal des prélèvements soit de protéger les individus contre une irradiation interne excessive, un programme bien conduit de prélèvements et d'estimation permet d'atteindre d'autres objectifs souhaitables, parmi lesquels :

- 1) fournir la documentation de base sur l'ambiance des milieux de travail, démontrant la conformité aux règlements. Des archives bien tenues, donnant entre autres renseignements les niveaux de contamination de l'air, sont susceptibles d'aider à appuyer ou à réfuter les réclamations pour lésions par rayonnements présentées par les travailleurs ou autres personnes;
- 2) attirer l'attention sur un équipement qui se détériore, sur des procédés défectueux ou sur d'autres situations aboutissant, au cours d'une opération, à la perte du contrôle effectif des matières véhiculées par l'air ambiant; par la suite, déterminer l'efficacité des actions correctrices;
- 3) mesurer l'émission de matières radioactives dans l'environnement, par l'intermédiaire d'un prélèvement près du point d'émission. Le prélèvement d'effluents contribuera à évaluer et à contrôler l'exposition du personnel affecté aux travaux sous rayonnements dans l'installation, mais les résultats des prélèvements d'effluents sont généralement de la plus grande importance pour s'assurer que le public des environs n'est pas exposé à des teneurs en matières véhiculées par l'air dépassant les niveaux fixés. Lors d'incidents inhabituels, les prélèvements d'effluents gazeux sont utiles pour évaluer les conséquences possibles et déterminer les actions correctrices nécessaires, ou dans certains cas pour déterminer les causes et les suites d'événements anormaux.

Les prélèvements doivent permettre de mesurer, sur des intervalles de temps variés, la contamination radioactive intégrée de l'environnement.

Les recommandations sur la prise d'échantillons d'air, établies par un groupe d'experts, fixent de la façon suivante les buts à atteindre :

- 1) Il faut, par une étude minutieuse, caractériser la nature des aérosols pour différents types d'ambiance sur les lieux de travail.
- 2) Les teneurs globales sur les lieux de travail doivent être l'objet de mesures et de contrôles de routine.
- 3) Des dispositions doivent être prises en vue de détecter rapidement l'élévation du niveau de la contamination en cas de libération accidentelle de matières radioactives dans l'air.
- 4) Une attention particulière doit être apportée à l'évaluation de l'inhalation individuelle.

1 OBJET

La présente Norme Internationale expose les principes à appliquer pour obtenir des prélèvements représentatifs de matières radioactives transportées par l'air, et indique les méthodes et les matériels pouvant convenir aux prélèvements de gaz et de particules.

2 DOMAINE D'APPLICATION

Ces principes généraux sont limités au prélèvement des échantillons et ne s'appliquent pas aux dosages qui seront faits sur les échantillons collectés. Du fait que les mesures radiochimiques sont exclues du domaine d'application de ces principes généraux, il ne faudrait pas conclure que les opérations de mesure et d'évaluations ont une importance moindre que l'échantillonnage. Un dosage et une évaluation précis sont nécessaires au premier chef, mais ils ne sont valables que dans la mesure où l'échantillon reflète les conditions existant réellement.

Ces principes généraux sont en outre limités aux directives pour le prélèvement des matières radioactives dans l'air à l'intérieur des installations où l'on travaille sur des substances radioactives, ces directives insistant surtout sur la nécessité de protéger les personnes affectées à des travaux sous rayonnements. Ils englobent toutefois les prélèvements d'effluents gazeux, que ce soit avant rejet à l'extérieur de

l'installation ou au point de rejet dans l'atmosphère. Bien qu'ils excluent ainsi certaines techniques de prélèvement, telles que celles qu'on emploie en atmosphère libre et dans les environs des installations, les principes définis et la plupart des méthodes exposées seront dans l'ensemble applicables dans la plupart des cas.

Ces principes généraux ne traitent pas en détail de l'utilisation de divers collecteurs pour des problèmes spécifiques. L'utilisation spécifique et détaillée du charbon pour un échantillonnage d'iode, par exemple, a été considérée comme n'appartenant pas à l'objet de la présente Norme Internationale.

3 DÉFINITIONS

Dans la présente Norme Internationale, les définitions suivantes sont applicables :

3.1 absorbant : Matière qui enlève un constituant par l'intermédiaire d'une action de diffusion permettant à ce constituant de pénétrer à l'intérieur de la structure de l'absorbant si ce dernier est solide, ou de s'y dissoudre si l'absorbant est liquide. Lorsqu'une réaction chimique se produit au cours de l'absorption, le processus est appelé chimisorption.

3.2 adsorbant : Matière, généralement solide, qui retient une substance qui se trouve à son contact grâce aux forces moléculaires de courte portée qui lient la matière adsorbée à la surface de l'adsorbant.

3.3 diamètre aérodynamique : Les particules qui ont un même diamètre mais des densités différentes, ont des vitesses limites de sédimentation différentes. On dit que deux particules de densités différentes ont des «diamètres aérodynamiques» équivalents si leurs densités et leurs diamètres sont tels que leurs vitesses limites de sédimentation sont égales, ou encore lorsqu'elles présentent dans l'air la même résistance à l'avancement. Puisque l'on procède souvent à des comparaisons avec des matériaux de densité égale à un, le «diamètre aérodynamique» est le diamètre d'une sphère de densité un, ayant la même vitesse de sédimentation que la particule en question, sans tenir compte de la forme.

3.4 aérosol : Dispersion de particules solides ou liquides dans l'air ou dans d'autres gaz.

3.5 non isocinétique : Condition qui se produit lorsque, la sonde de prélèvement ou le collecteur étant placés dans le courant d'air, la vitesse de l'air qui pénètre dans la sonde ou arrive sur le collecteur est différente de la vitesse du courant d'air au même point de prélèvement.

3.6 zone de respiration : Région, proche de la bouche et des narines d'un travailleur, d'où l'air est inspiré jusque dans les poumons lorsque le travailleur exécute la tâche qui lui est assignée.

L'air prélevé dans cette région représente vraiment l'air que le travailleur respire au cours de son travail, qu'il soit debout, assis ou en train de se déplacer.

3.7 enfouissement : Encastrement d'une particule sur un filtre.

3.8 pouvoir d'arrêt : Pourcentage retenu par le filtre de la quantité totale des particules présentes initialement dans un volume d'air connu ayant traversé le filtre.

3.9 gouttelette : Très petite quantité de liquide de forme sphéroïdale.

3.10 impaction : Processus par lequel une particule ou une gouttelette est extraite d'un courant d'air lorsqu'elle frappe un objet maintenu dans le courant d'air.

3.11 isocinétique : Condition qui se produit lorsque, la sonde de prélèvement ou le collecteur étant placés dans le courant d'air, la vitesse de l'air qui pénètre dans la sonde ou arrive sur le collecteur est identique à la vitesse du courant d'air au point de prélèvement.

3.12 membrane filtrante : Milieu filtrant constitué généralement par un film très mince, à base organique, de porosité et de composition contrôlées à l'intérieur de certaines limites. (Les filtres métalliques poreux très minces sont aussi appelés membranes filtrantes.)

3.13 moniteur : 1) Destiné à mesurer un constituant radioactif en suspension dans l'air ou encore une teneur approximative en matière radioactive, d'une manière continue ou bien à une fréquence qui permet une évaluation, sur un certain laps de temps, de la concentration. 2) Appareillage ou instrument utilisé pour la surveillance continue (le «monitoring»).

3.14 particule : Agrégat de molécules constituant un solide ou un liquide dont les dimensions sont comprises entre quelques diamètres moléculaires et quelques dixièmes de millimètre (quelques centaines de micromètres).

3.15 pénétration : Passage intégral au travers d'un filtre, ou d'un autre collecteur, de contaminants véhiculés par l'air.

3.16 niveau admissible (au sens de la présente Norme Internationale): Le «niveau admissible» est la concentration en matière radioactive véhiculée par l'air qui a été fixée comme directive ou règlement local pour limiter la quantité de matières radioactives inhalées. Le niveau admissible peut être différent suivant la nature de la matière véhiculée par l'air, la durée de l'exposition prévue et la protection offerte par des vêtements spéciaux ou d'autres écrans de protection.

3.17 comptage «pseudo-coïncidence» : Méthode de mesure de la concentration des émetteurs alpha à vie longue – par exemple le plutonium ou ses composés – au moyen de la différentiation des émetteurs alpha qui apparaissent dans les chaînes de désintégration du ^{222}Rn (radon) et du ^{220}Rn (thoron). Le détecteur capte et enregistre la pseudo-coïncidence constituée par la désintégration bêta du ^{214}Bi et la désintégration alpha de son descendant le ^{214}Po , donnant ainsi une indication sur la quantité de ^{222}Rn présente. Le ^{214}Po se désintègre avec une période de 150 s; aussi examine-t-on la décroissance de l'ensemble père-descendant et l'utilise-t-on comme «pseudo-coïncidence». Les mêmes considérations restent vraies pour la désintégration du ^{212}Bi et ^{212}Po . Ceux-ci appartiennent à la chaîne de décroissance du ^{220}Rn .

3.18 prélèvement représentatif : Portion du milieu considéré, ou bien un ou plusieurs constituants particuliers tirés de ce milieu, ayant la même qualité et les mêmes caractéristiques que celles qu'on trouve dans le milieu tout entier.

3.19 laveur : Système permettant de réaliser un contact intime air-liquide en vue d'opérer un transfert dans le courant liquide des gaz, liquides ou solides transportés par le gaz. Le liquide peut, soit être traversé de bas en haut par le gaz à l'intérieur d'une colonne, soit encore s'écouler au travers d'un garnissage.

3.20 prélèvement instantané : Prélèvement unique effectué dans un courant, en un point quelconque, pendant un court intervalle de temps.

3.21 sous-isocinétique : Condition qui domine lorsque, la sonde de prélèvement ou le collecteur étant placé dans le courant d'air, la vitesse de l'air qui pénètre dans la sonde ou arrive sur le collecteur est inférieure à la vitesse du courant d'air qui est prélevé en ce point.

3.22 surisocinétique : Condition qui domine lorsque, la sonde de prélèvement ou le collecteur étant placés dans le courant d'air, la vitesse de l'air qui pénètre dans la sonde ou arrive sur le collecteur est plus grande que la vitesse du courant d'air qui est prélevé en ce point.

3.23 vapeur : Forme gazeuse des matières qui sont liquides ou solides à température ordinaire, par opposition aux gaz non condensables. (Les vapeurs sont des gaz mais ce terme implique le fait qu'elles proviennent de liquides ou de solides par émission ou volatilisation.)

3.24 volatil : Qui a une tension de vapeur élevée à température ordinaire.

4 PRINCIPES

Certains principes doivent être admis et utilisés comme guides si l'on veut réaliser un prélèvement correct d'échantillons. Ces principes sont exposés dans le présent chapitre.

4.1 PRÉLÈVEMENTS REPRÉSENTATIFS

Un prélèvement doit être représentatif de l'ensemble du courant ou du volume dont il est extrait. Le terme «représentatif» englobe diverses qualités du prélèvement.

4.1.1 Représentatif au regard de la position dans l'espace

4.1.1.1 Échantillonnage dans une zone occupée par des travailleurs

Idéalement, l'échantillon devrait provenir d'un point ou d'une série de points sis à l'intérieur de la «zone de respiration». Idéalement, le point de prélèvement réel devrait se situer tout près des narines et de la bouche du travailleur, durant toutes ses activités professionnelles. Pour des contrôles de routine ceci est impossible à réaliser et certains compromis sont généralement nécessaires. Dans beaucoup de cas un appareil de prélèvement fonctionnant sur accumulateur avec un collecteur maintenu près de la zone de respiration constitue un compromis acceptable si une sensibilité adéquate peut être réalisée et si le confort et la sécurité du travailleur ne sont pas compromis par le port de l'appareil.

Pour des raisons de simplicité, les échantillons d'air sont fréquemment prélevés à l'aide d'appareils placés à poste fixe. Quand des appareils de prélèvement placés à poste fixe sont utilisés, il y a lieu de choisir soigneusement leur emplacement et leur nombre dans une zone de travail donnée. L'emplacement doit être choisi aussi près que possible de la zone de respiration sans gêner ni le travailleur. Les prélèvements effectués à l'aide d'appareils de prélèvement placés à poste fixe sont, dans une certaine mesure, en contradiction avec le principe d'après lequel un prélèvement doit être représentatif au regard de la position dans l'espace du point de prélèvement; toutefois avec une disposition judicieuse du point de prélèvement et une corrélation avec les appareils de prélèvement de la zone réelle de respiration, les appareils de prélèvement placés à poste fixe peuvent être utiles.

Les prélèvements obtenus d'une manière routinière à partir d'emplacements fixes signaleront les changements intervenant dans les concentrations de l'atmosphère générale et aideront à déterminer l'origine de la contamination. Quand le dispositif de ventilation d'une pièce est tel que l'air de la pièce est emmené par un conduit unique ou par un petit nombre de conduits, des appareils de prélèvement, placés à la sortie des conduits de ventilation avant filtrage, peuvent donner une meilleure moyenne intégrée de la concentration de l'air, mais leurs prélèvements peuvent ne pas être représentatifs de l'air réellement respiré. Ce fait est particulièrement vrai si l'origine de contamination est constituée par une fuite isolée située en un point de la pièce proche de la zone de respiration, ou si les particules considérées ont un grand diamètre aérodynamique, puisque celles-ci tendraient à se séparer sur un trajet relativement court. Différentes études ont attiré l'attention sur les problèmes d'obtention de prélèvements représentatifs à partir d'appareils de prélèvement placés à poste fixe. [2, 3, 4, 5]

Les appareils de prélèvement d'air peuvent être installés face au travailleur légèrement au-dessus de sa tête, ils peuvent encore être installés sur la face avant de la hotte, de la boîte à gants ou de toute autre enceinte à l'intérieur de laquelle la matière radioactive est traitée. Le filtre collecteur sera très fréquemment orienté suivant un plan vertical pour réduire la possibilité de collecter de grosses particules retombant sous l'effet de la pesanteur. Bien que le principe du prélèvement isocinétique ne soit pas respecté avec les appareils de prélèvement d'air placés à poste fixe dans une pièce, les particules auxquelles on s'intéresse sont presque toujours de dimensions suffisamment petites pour que les erreurs de prélèvement non-isocinétique n'offrent pas de souci sérieux.

Il y aura lieu de réfléchir sérieusement au nombre, à l'emplacement, aux caractéristiques d'aspiration des appareils de prélèvement, lors de l'établissement du projet d'une installation dans laquelle seront traitées des matières radioactives.

4.1.1.2 Prélèvement d'échantillons dans une canalisation ou une cheminée

Pour extraire d'un conduit ou d'une cheminée des échantillons qui soient représentatifs, il est indispensable de choisir avec soin l'emplacement et le nombre des prises d'air ainsi que la configuration des buses utilisées. Les aménagements permettant au collecteur d'être maintenu dans le courant d'air doivent être préférés à ceux dans lesquels on utilise des tubes d'amenée entre les points de prélèvement et le collecteur. (Voir 4.1.2.) Quelques formes recommandées de sonde et quelques directives pour placer les points d'extraction dans les canalisations et les cheminées sont données dans l'annexe A.

Le point de prélèvement pour atteindre un degré d'homogénéité raisonnable devra se situer au moins à 5 diamètres de canalisation (ou 5 fois la plus grande dimension pour les canalisations rectangulaires) en aval des changements brusques de direction ou des variations importantes de dimensions du courant. Bien que ces directives soient généralement applicables, il est recommandé de prendre généralement les vitesses au travers d'une section pour avoir la confirmation qu'on a bien la connaissance complète du courant dans la section choisie pour l'échantillonnage.

4.1.2 Représentatif au regard des compositions physique ou chimique

4.1.2.1 Prélèvement sans différenciation ni préférence quant à la taille et la nature des particules

Un prélèvement représentatif doit avoir la même composition radio-chimique et la même composition

physique que l'air avec lequel le travailleur se serait trouvé en contact dans la zone où a été effectué le prélèvement. En plus de l'impératif de position correcte dans l'espace, existe pour l'appareil de prélèvements l'impératif de ne pas opérer de fractionnement de particules suivant leur taille et de n'altérer en aucune façon les propriétés physiques et chimiques des constituants radioactifs présents dans l'air. Cet impératif est difficile et souvent impossible à satisfaire d'une manière parfaite. N'importe quel tube d'amenée, qui transporte le prélèvement jusqu'au dispositif collecteur, éliminera de préférence les grosses particules, soit par une sédimentation due à la pesanteur si le courant est trop lent, soit par impaction turbulente si le courant est trop fort. La densité des particules dans l'air a aussi son importance dans le fractionnement des particules suivant leur taille. L'annexe B donne certaines directives qui permettent, dans les tubes d'amenée des prélèvements, de faire des estimations sur la perte de particules par suite d'une sédimentation par gravité ou d'un écoulement turbulent.

Un prélèvement obtenu avec un tube d'amenée et un collecteur qui ne font pas de discrimination entre les particules de tailles diverses, ne peut être estimé avec précision, quant à sa signification radiologique, qu'après l'obtention de renseignements sur les propriétés physiques et chimiques de la matière radioactive transportée par l'air. Une étude séparée peut être nécessaire pour déterminer, dans des circonstances données, la distribution granulométrique et la nature de la matière transportée par l'air.

Il faut s'attendre à des changements dans la nature des matières transportées par l'air s'il y a des changements dans les opérations. La caractérisation des constituants transportés par l'air doit être opérée d'une manière suffisamment fréquente pour que l'on soit sûr d'avoir une information statistiquement valable sur la nature des matières transportées par l'air.

4.1.2.2 Prélèvements avec différenciation intentionnelle quant à la taille des particules

Parce que la connaissance de la granulométrie des particules est importante pour une évaluation correcte des effets radiologiques, il est possible de concevoir des appareils de prélèvement et des collecteurs spéciaux pour identifier, dans une matière présente dans l'air, deux ou plusieurs classes de dimensions de particules. La mesure de la radioactivité associée à chaque classe de dimensions permettra de déterminer la radioactivité qui sera retenue d'une manière préférentielle par chacune des diverses parties de l'appareil respiratoire*. Sans avoir un pouvoir de résolution élevé, ces appareils permettent de distinguer relativement bien la radioactivité associée aux particules qui auront été retenues

* Le groupe de travail sur la Dynamique du poumon du Comité 1 de la Commission Internationale de Protection Radiologique a étudié et recommandé un modèle de dépôt des poussières qui a pour base les connaissances acquises sur la distribution des particules suivant leur taille, par l'intermédiaire d'échantillons prélevés dans l'air.[6] Quand on connaît les granulométries des particules, on peut estimer, avec ce modèle, le dépôt partiel dans chacune des trois régions de l'appareil respiratoire. En l'absence de renseignements particuliers sur la taille des particules, les recommandations précédentes de la CIPR admettaient que sur les particules inhalées, 25 % étaient exhalées, 50 % se déposaient dans la partie supérieure des voies respiratoires (et étaient ensuite avalées) et 25 % se déposaient dans les poumons.[7] Dans les deux cas, il est en plus nécessaire de connaître d'une manière assez détaillée les propriétés physico-chimiques des particules pour estimer la vitesse de départ à partir de chaque point de dépôt.

dans les voies respiratoires supérieures et les particules beaucoup plus petites qui pourront atteindre les alvéoles pulmonaires. Ces appareils de prélèvement ont une valeur certaine et, en l'absence de renseignements sur la dimension des diverses particules dans l'air soumis au prélèvement, ils sont recommandés. Les références [3], [9], [10], [11], [12] et [13] donnent une description de certains d'entre eux.

4.1.2.3 Fractionnement des particules suivant leur taille en raison d'un prélèvement non isocinétique

Une distorsion dans la distribution granulométrique des particules peut se produire lorsque la vitesse de l'air prélevé qui pénètre dans la sonde de prélèvement (ou dans le collecteur, si celui-ci est directement placé dans le courant à prélever) diffère sensiblement de la vitesse de l'air dans le courant où s'effectue le prélèvement. Quand l'air qui traverse l'appareil de prélèvement ou le collecteur a une vitesse très inférieure à la vitesse du courant, les particules les plus grosses sont préférentiellement collectées. Quand la vitesse de l'air à travers la sonde de prélèvement et le collecteur est supérieure à la vitesse du courant, ce sont les particules les plus petites qui sont préférentiellement collectées. Le niveau auquel se produit ce partage est fonction de la dimension des particules, de leur densité, de la distribution granulométrique des particules et de la différence existant entre la vitesse isocinétique et la vitesse non isocinétique utilisée. Sauf dans des cas très exceptionnels, les particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur à $5\mu\text{m}$ environ sont susceptibles de suivre les lignes de courant de l'air et l'erreur due au fractionnement n'est pas grande. L'annexe C donne des chiffres qui montrent l'erreur que l'on commettrait dans diverses conditions de prélèvement non isocinétique. L'on doit, évidemment, connaître les dimensions et les densités des particules échantillonnées avant d'évaluer cette erreur. Dans les cas pratiques où l'on peut s'attendre à des variations dans les dimensions des particules, en particulier quand on prévoit des particules de plus de $5\mu\text{m}$, il est recommandé que le dispositif de prélèvement soit conçu en vue de permettre l'établissement d'un courant presque isocinétique à l'intérieur de la sonde d'entrée de l'appareil de prélèvement ou à travers le collecteur lorsque ce dernier est en place dans le courant à prélever. On élimine ainsi une source possible de non représentativité de prélèvement.

4.1.2.4 Altération du prélèvement due aux réactions chimiques et effets connexes.

Il faut faire très attention lorsque l'on effectue un prélèvement d'échantillon dans un courant d'air où l'air peut contenir des radionucléides sous une forme chimiquement réactive. Des vapeurs radioactives, comme l'iode radioactif, peuvent être fortement absorbées ou réagir avec les matériaux dont l'emploi pourrait être envisagé dans la construction des tubes de prélèvement, par exemple le caoutchouc, le cuivre et certaines matières plastiques.

Certains collecteurs, tels les impacteurs, piègent les matériaux dans un liquide avec une efficacité variable qui dépend de la solubilité et de la dimension des particules.

Les condensats sur la face interne des tubes de prélèvement peuvent constituer des poches et agir comme des pièges, ils peuvent encore constituer des surfaces mouillées sur lesquelles peut adhérer la matière intéressante. Dans les cas extrêmes, ces pièges et ces poches peuvent agir comme des épurateurs efficaces vis-à-vis de la matière radioactive transportée. Les tubes de prélèvements doivent également être exempts de poussière, d'huile ou de graisse qui, tous, peuvent avoir tendance à provoquer l'augmentation des dépôts de la matière radioactive véhiculée.

Quand l'air à prélever est presque saturé de vapeur d'eau, la condensation peut se produire sur le collecteur lui-même. Une humidité excessive peut réduire à zéro l'utilité du milieu filtrant, soit en obstruant les chemins de passage de l'air au travers des pores, soit en diminuant la tenue mécanique de ce milieu à un point tel qu'il se déchire ou se casse facilement. Lorsque des teneurs élevées en humidité sont prévues, des tubes d'amenée chauffés seront nécessaires pour empêcher la condensation à l'intérieur des tubes et pour élever la température du collecteur bien au-dessus du point de rosée.

Toutes les interactions éventuelles susceptibles de modifier la qualité du prélèvement, depuis le point d'extraction jusqu'au collecteur doivent être soigneusement examinées. La forme chimique aussi bien que la nature physique des constituants transportés par l'air doivent être connues avant qu'on puisse garantir un prélèvement représentatif.

4.1.2.5 Qualité des méthodes d'échantillonnage et de l'équipement

Dans chaque cas, les méthodes d'échantillonnage et l'équipement utilisés doivent être soigneusement étudiés et contrôlés pour s'assurer qu'au cours de leur emploi ils se comporteront comme prévu. L'étanchéité, l'intégrité en général et les méthodes générales de manipulation de l'échantillon doivent être soigneusement vérifiées.

4.2 ÉTABLISSEMENT D'UN PROGRAMME GÉNÉRAL RELATIF AUX PRÉLÈVEMENTS

De nombreux facteurs entrent dans la conception d'un programme de prélèvement. Un tel programme comprend la fréquence des prélèvements, la durée des prélèvements, le débit en volume des prélèvements. Dans la plupart des cas, les valeurs choisies pour ces trois éléments et entrant dans l'établissement du programme général constituent un compromis entre des valeurs idéales et celles qui fournissent une information suffisante pour l'évaluation de la sécurité de fonctionnement, tout en étant réalisées techniquement d'une façon économique et commode.

4.2.1 Sensibilité de détection et mesurage

La sensibilité et la précision de la méthode d'analyse ou de la méthode de comptage déterminent le volume minimal d'air à prélever pour obtenir l'exactitude et la précision exigées dans les résultats.

4.2.2 Niveaux admissibles au point de prélèvement

La concentration admissible, relative aux radionucléides considérés, détermine aussi le volume minimal à prélever. Le prélèvement sera, si possible, assez important pour permettre de déterminer, de façon sûre, le dixième du niveau admissible. Dans certains cas, le prélèvement devra être suffisamment important pour permettre la mesure effective de niveaux d'activité égaux ou inférieurs aux niveaux ambiants (voir aussi 4.2.4).

4.2.3 Décroissance radioactive

La période radioactive du nucléide à mesurer est un facteur important. Pour les matières à période courte, il est possible d'avoir une durée de prélèvement faible avec un volume important et une mesure rapide. Une autre manière de procéder est de poursuivre le prélèvement jusqu'à ce que la matière radioactive collectée ait atteint son équilibre. À ce moment là, la vitesse de décroissance est égale à la vitesse d'accumulation. L'évaluation demande une méthode de détermination quantitative pendant la collection (de l'échantillon) ou immédiatement après cette collection. Pour les matières à période longue ayant une faible activité spécifique, il peut être nécessaire de faire porter le prélèvement sur des volumes importants afin d'atteindre, par des analyses radiométriques, le degré de précision indispensable.

4.2.4 Matières radioactives naturelles

La présence de matières radioactives naturelles à période courte peut masquer la présence de quantités significatives de matières à vie plus longue pour lesquelles des délais entre collection et comptage sont indispensables; ce qui peut obliger à recourir à des comptages ultérieurs répétés ou à des méthodes spéciales comme, par exemple, discrimination en énergie, comptage des pseudo-coïncidences, ou encore à des méthodes de prélèvement avec discrimination granulométrique telles que la technique de l'impacteur annulaire et celle des filtres à sélection granulométrique^{13, 14, 15, 16}, (voir 5.1.2.2).

4.2.5 Nature particulière de l'opération ou du traitement

La nature de l'opération qui donne éventuellement naissance à des matières radioactives véhiculées par l'air peut influencer sur le programme de prélèvement. Une opération ou un traitement que l'on réalise pour la première fois peut nécessiter des prélèvements plus fréquents et plus importants qu'une opération ou un traitement bien établis et éprouvés. L'éventualité d'une émission dans l'atmosphère de matières radioactives et les conséquences d'une contamination accidentelle de l'air doivent être envisagées lorsque l'on fixe la fréquence et la durée des prélèvements. Lorsque le but du prélèvement est de déterminer la quantité totale de matières radioactives mises à l'atmosphère dans l'environnement, le programme de prélèvement doit être conçu de façon à être sûr d'obtenir un prélèvement adéquat pendant les mises à l'atmosphère accidentelles. Au cours d'opérations normales, un prélèvement intermittent relativement peu fréquent peut être suffisant, mais quand on est obligé de tenir compte d'une situation anormale ou accidentelle, il peut être nécessaire de procéder à des

prélèvements continus. Les niveaux relatifs de radioactivité dans le prélèvement durant une mise à l'atmosphère accidentelle doivent être prévus à l'avance. Cette considération peut influencer sur le débit en volume du prélèvement lors de situations anormales. Dans certains cas, deux systèmes distincts de prélèvement peuvent se justifier, l'un pour obtenir un prélèvement durant les émissions inhabituelles de niveau élevé, l'autre pour une évaluation au jour le jour de l'émission. La méthode employée pour effectuer les prélèvements peut également être différente d'un cas à l'autre.

Il faut envisager les conditions inhabituelles consécutives à un incident grave de radioactivité lorsqu'on est obligé de faire un prélèvement pour déterminer les teneurs en matières radioactives de l'air dans une zone affectée par l'incident. Par exemple, après un accident de réacteur, des prélèvements représentatifs de l'atmosphère de l'enceinte devront être effectués. Les prélèvements d'échantillons dans des conditions défavorables devront être prévues et les dispositions nécessaires incluses dans le projet.

5 MÉTHODES

Les deux formes de matières radioactives véhiculées par l'air sont les particules et les gaz. Les particules peuvent être solides ou liquides, bien que presque toujours les particules soient considérées comme de très petits fragments de solides. Les méthodes de prélèvement concernant une matière radioactive véhiculée par l'air peuvent être discutées suivant qu'elles s'appliquent aux gaz ou à une matière très divisée.

5.1 PARTICULES

5.1.1 Prise de prélèvement

Les principes concernant l'extraction d'une partie représentative d'un courant confiné, comme le courant circulant dans une canalisation de grandes dimensions, ont déjà été présentés. Les tubes d'amenée conçus selon ces principes, amèneront au collecteur un prélèvement représentatif. Pour des échantillons prélevés dans une atmosphère, l'atmosphère d'une pièce par exemple, les tubes d'amenée ne sont pas indispensables.

5.1.2 Collecteurs

Divers collecteurs peuvent être utilisés pour prélever une matière extrêmement divisée véhiculée par l'air. Ils se classent en deux grandes catégories :

- 1) les collecteurs «intégraux» sans différenciation significative de granulométrie;
- 2) les collecteurs avec différenciation de granulométrie.

5.1.2.1 Collecteurs sans différenciation significative de granulométrie

L'évaluation soignée de l'importance radiologique des particules véhiculées par l'air exige la connaissance des dimensions de ces particules et de la nature chimique de la matière dont elles sont constituées. Cette information peut être obtenue indépendamment des prélèvements de routine.

La matière véhiculée ayant été caractérisée par des études spéciales, on peut ensuite collecter les particules sans différenciation de granulométrie sous réserve que la conjoncture qui a créé un risque de contamination de l'air n'ait pas subi de modification importante. À intervalles réguliers et chaque fois que l'on prévoit un changement quelconque, on devra caractériser la matière véhiculée par l'air et du point de vue physique et du point de vue chimique. Cette procédure devrait aussi être adoptée dans le cas d'incidents à cause de la probabilité d'un changement dans les caractéristiques générales du contaminant véhiculé par l'air et de niveaux plus élevés entraînant le risque d'une exposition importante.

5.1.2.1.1 FILTRES

La filtration de l'air est le moyen le plus fréquemment employé pour collecter les particules radioactives dans l'atmosphère. Les filtres sont préférés à cause de la simplicité du procédé et de l'équipement nécessaire. Des milieux filtrants, avec une large série de caractéristiques de fonctionnement, sont commercialement disponibles, si bien que l'on peut habituellement trouver, pour la plupart des programmes de prélèvement d'air, le filtre qui convient. La captation des particules sur un filtre s'accomplit par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs des mécanismes suivants : interception directe, impact, diffusion, attraction électrostatique. Bien que les propriétés des particules, les filtres et les conditions de prélèvement déterminent, parmi ces facteurs de captation, ceux qui sont susceptibles d'intervenir, pour la plupart des filtres les mécanismes prédominants à considérer sont l'impact et la diffusion. La captation par impact augmente avec la dimension et la vitesse des particules, tandis que la diffusion due au mouvement brownien est plus efficace pour de très petites particules dans l'air aux vitesses faibles.

Pour un filtre donné et une vitesse frontale donnée, il y a théoriquement une taille de particules pour laquelle la pénétration est maximale. Les particules plus grosses ou plus petites seront plus efficacement collectées. Les

efficacité de 100 % n'est pas indispensable, mais il est habituellement basées sur des essais avec des particules d'environ $0,3 \mu\text{m}$. L'aérosol de cette taille peut être, pour certains milieux et certaines conditions d'écoulement, de 2 à 5 fois plus gros que l'aérosol le plus pénétrant. Les efficacités données par les fabricants doivent être considérées comme des valeurs nominales et, dans des situations critiques, des mesures d'efficacité plus poussées peuvent être indispensables. Puisque les efficacités de captation ainsi déterminées peuvent être différentes de l'efficacité vis à vis de l'aérosol réel, il faudra faire attention aux erreurs possibles qui pourraient en découler. Une efficacité de 100 % n'est pas indispensable, mais il est nécessaire de connaître l'efficacité du filtre relativement à la dimension de particules et à la vitesse d'écoulement choisies, ou encore de savoir que son efficacité est égale ou supérieure à une certaine efficacité minimale acceptable. En général, si un filtre est donné pour avoir une «haute» efficacité, c'est-à-dire supérieure à 99 %, il est peu probable que son efficacité soit aussi sensible aux variations de la taille des particules que ne le serait l'efficacité d'un filtre ayant une efficacité nominale plus faible. Bien qu'il y ait quelques différences entre les efficacités données par des expérimentateurs différents, l'ordre de grandeur est souvent le même.

Outre le fait d'avoir des efficacités de captation différentes, les milieux filtrants présentent des différences aux points de vue résistance au passage de l'air, tenue à sec ou en présence d'humidité, état de surface, aptitude à une dissolution chimique lors des lavages. Ces procédés peuvent avoir plus ou moins d'importance et, avant de choisir un milieu filtrant, il faudra examiner attentivement l'application particulière à laquelle il est destiné. Souvent le choix d'un filtre doit représenter un compromis entre ces divers facteurs. Habituellement, un filtre est choisi parmi les filtres appartenant aux cinq catégories suivantes : cellulose, cellulose-amiante, fibre de verre, fibre synthétique, membrane filtrante. Les caractéristiques de certains milieux filtrants particuliers sont données dans le tableau 1.

TABEAU 1 — Efficacité de captation et résistance à l'écoulement de l'air du milieu filtrant choisi pour le prélèvement*

Catégorie de filtre	Référence des filtres	Efficacité de captation, % d'enfouissement $0,3 \mu\text{m}$ DOP				Résistance à l'écoulement, mmHg			
		vitesse, cm/s				vitesse, cm/s			
		10,7	26,7	53	106	35	53	71	106
Cellulose	Fournisseur A	64	72	84	98	24	36	48	72
	Fournisseur B	46	56	66	80	18	27	37	56
	Fournisseur C	62	74	86	98	23	40	48	81
Cellulose-amiante	Fournisseur D	99,18	99,28	99,52	99,75	38	57	75	112
	Fournisseur E	96,6	98,2	99,2	99,8	44	64	87	127
Fibre de verre	Fournisseur F	99,968	99,932	99,952	99,978	20	30	40	61
	Fournisseur G	99,974	99,964	99,970	99,986	19	28	38	57
Membrane	Fournisseur H (dimension de pore $0,8 \mu\text{m}$)	99,992	99,985	99,980	—	98	142	195	285
	Fournisseur G (dimension de pore $5 \mu\text{m}$)	88	88	92	95	56	84	117	190

* L.B. Lickhard *et al.*, «Characteristics of Air Filter Media Used for Monitoring Airborne Radioactivity», NRL Report 6054, March 20, 1964.

5.1.2.1.1.1 Cellulose

Les filtres en cellulose de type courant pour chimie analytique sont en pâte de cellulose purifiée. De tels filtres ont, par conséquent, une faible teneur en cendres et sont facilement décomposés par traitement chimique (acides oxydants). Ils offrent une résistance relativement faible à l'écoulement de l'air, mais cette résistance est susceptible d'augmenter au fur et à mesure qu'ils se chargent en poussière. L'efficacité de captation dépend de la vitesse d'écoulement, et ces filtres doivent être utilisés lorsque la vitesse correspond à l'efficacité requise. De grandes vitesses sont nécessaires pour une meilleure utilisation. L'enfouissement de particules radioactives à l'intérieur du milieu filtrant est important et, en conséquence, les papiers de cellulose ne conviennent pas très bien pour détecter par comptage direct les radioisotopes émetteurs alpha. Les filtres en cellulose sont solides et ne sont pas facilement endommagés au cours des manipulations. Des cinq groupes de filtres, ce sont les moins onéreux.

5.1.2.1.1.2 Cellulose-amiante

Lorsque des fibres minérales, telles que des fibres d'amiante, sont mélangées à la cellulose, le filtre obtenu présente une efficacité de captation améliorée et une résistance chimique plus grande.

La teneur en amiante étant importante, il faut avoir recours à un traitement chimique spécial pour dissoudre ces filtres. En conséquence, les filtres en cellulose-amiante sont habituellement réservés à l'exécution des programmes de surveillance continue de l'air qui ne comprennent pas de séparations radio-chimiques. Les filtres en cellulose-amiante ne sont pas facilement détériorés au cours des manipulations et sont largement utilisés pour les prélèvements dans l'air.

5.1.2.1.1.3 Filtre en fibre de verre

Les matelas filtrants composés de fines fibres de verre peuvent avoir une haute efficacité de captation et des pertes par enfouissement plus faibles que les filtres en cellulose-amiante. Une caractéristique marquante de ces filtres réside dans le fait qu'une augmentation de l'efficacité de captation n'est pas accompagnée d'une augmentation de la résistance à l'écoulement de l'air. Les filtres en fibre de verre peuvent être utilisés à des températures plus élevées que les filtres en cellulose ou en cellulose-amiante. Une fragilité relative et une faible résistance à l'acide fluorhydrique sont les principaux défauts de ce milieu. Leur grande inertie chimique est un avantage quand on est obligé d'avoir recours à la digestion, puisqu'il est possible de dissoudre le matériau collecté dans dissoudre le filtre.

On peut trouver de petites quantités de ^{40}K dans les filtres en fibre de verre. Pour de très faibles teneurs en émetteurs β , il faut tenir compte de la contribution possible de cette source.

5.1.2.1.1.4 Filtres synthétiques

On trouve différentes fibres à base organique susceptibles d'entrer dans la composition de filtres dont les propriétés particulières sont déterminées par la nature même et le

diamètre des fibres. Les fluorocarbones, le polypropylène, le nylon et d'autres matières peuvent trouver une application comme milieu filtrant.

5.1.2.1.1.5 Membranes filtrantes

Les membranes filtrantes sont des gels poreux et secs d'esters de cellulose habituellement obtenus sous forme d'acétates ou de nitrates. La structure et la taille des pores peuvent être contrôlées sur une gamme étendue, par les procédés de fabrication. On trouve dans le commerce des filtres ayant des diamètres de pores allant d'environ 10 nm à 10 μm . Ces filtres sont entièrement solubles dans de nombreux solvants organiques et peuvent être facilement décomposés par des acides oxydants. Les membranes filtrantes dont les pores ont un diamètre de pore au-dessous du micron sont celles qui, parmi les quatre surfaces filtrantes ont l'efficacité de captation la plus élevée et par suite les pertes par enfouissement minimales. En raison de leur fragilité, les membranes filtrantes nécessitent un support spécial dans le porte-filtre et doivent être manipulées avec soin lors des transferts d'échantillons. Le principal défaut de ces filtres est la résistance relativement grande qu'ils offrent à l'écoulement de l'air et, pour obtenir le volume de prélèvement requis, il peut être nécessaire d'avoir un temps de prélèvement anormalement long ou encore d'utiliser des ventilateurs d'un type ou d'une taille incompatibles avec le programme.

Les membranes filtrantes à larges pores — c'est-à-dire celles qui ont des diamètres de pores supérieurs à 1 μm — conservent la haute efficacité de captation en surface des filtres submicroniques, mais offrent une bien plus faible résistance à l'écoulement. La pénétration des particules au travers des filtres à larges pores est plus grande que celle au travers des filtres en cellulose-amiante ou en fibres de verre. Les membranes filtrantes à larges pores conviennent cependant bien au prélèvement des radionucléides émetteurs alpha, car leur faible efficacité de captation est plus que compensée par le fait que les particules retenues ne sont pas perdues par un enfouissement dans le milieu.

5.1.2.1.1.6 Filtres métalliques

Il existe des filtres qui sont des films très minces de métal poreux. Ces filtres trouveront leur emploi dans des applications spéciales; par exemple, un filtre en argent pur peut être utilisé pour piéger simultanément des particules et des molécules d'iode.

5.1.2.1.1.7 Équipement associé à un prélèvement à l'aide d'un filtre

5.1.2.1.1.7.1 Support de filtre

Les milieux filtrants doivent être placés dans un porte-filtre bien conçu.

Les caractéristiques suivantes sont à prévoir :

- 1) Grille ou plaque de fond poreuse. La surface en contact avec le filtre doit être lisse, plate, exempte de bavures et d'arêtes vives. Dans certains cas de filtres de petite surface, lorsque la résistance mécanique du milieu filtrant est adéquate, la plaque de fond peut être omise. Ce sera le cas exceptionnel plutôt que la règle générale.