

NORME  
INTERNATIONALE

**ISO**  
**7708**

Première édition  
1995-04-01

---

---

**Qualité de l'air — Définitions des fractions  
de taille des particules pour  
l'échantillonnage lié aux problèmes de  
santé**  
**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

*Air quality — Particle size fraction definitions for health-related sampling*  
ISO 7708:1995

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d94911b-c370-4619-8763-1b9b99fb960/iso-7708-1995>



Numéro de référence  
ISO 7708:1995(F)

## Sommaire

	Page
1 Domaine d'application .....	1
2 Définitions .....	1
3 Principe .....	2
4 Hypothèses et approximations .....	2
5 Convention inhalable .....	3
6 Convention thoracique .....	3
7 Conventions alvéolaires .....	3
8 Conventions extrathoracique et trachéobronchique .....	4
9 Performance des instruments .....	4

## Annexes

A Nomenclature des fractions inhalable et alvéolaire en anglais .....	5
B Approximations numériques des distributions cumulatives log-normales .....	6
C Bibliographie .....	9

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d94911b-c370-4619-8763-1b9b99fb960/iso-7708-1995>

© ISO 1995

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 7708 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 146, *Qualité de l'air*.

Cette première édition annule et remplace le Rapport technique ISO/TR 7708:1983, dont elle constitue une révision technique.

Les annexes A, B et C de la présente Norme internationale sont données uniquement à titre d'information.

## Introduction

La fraction des particules en suspension dans l'air qui est inhalée par un être humain dépend des propriétés des particules, de la vitesse et de la direction de l'air près du corps, de la fréquence respiratoire, et du mode de respiration: par le nez ou par la bouche. Les particules inhalées peuvent alors se déposer en un point des voies respiratoires, ou elles peuvent être expirées. Le site de dépôt, ou la probabilité d'expiration, dépend des propriétés des particules, des voies respiratoires, du régime respiratoire et d'autres facteurs.

Les particules liquides ou les composés solubles des particules solides peuvent être absorbés par les tissus quel que soit l'endroit où ils se déposent. Les particules peuvent provoquer des lésions près du site de dépôt si elles sont corrosives, radioactives, ou si elles sont capables d'initier un autre type de dommage. Les particules insolubles peuvent être transportées vers une autre partie des voies respiratoires ou de l'organisme, où elles peuvent être absorbées ou provoquer un effet biologique.

D'une personne à l'autre on constate une variation importante de la probabilité d'inhalation, de dépôt, de réaction au dépôt, et d'élimination des particules. Néanmoins, il est possible de définir des conventions pour l'échantillonnage sélectif en taille des particules en suspension dans l'air lorsque le but de l'échantillonnage est lié à la santé. Celles-ci sont des relations entre le diamètre aérodynamique et les fractions qui doivent être collectées ou mesurées, qui approchent les fractions pénétrant dans les régions de l'appareil respiratoire pour certaines conditions moyennes. Une mesure effectuée suivant ces conventions donnera probablement une meilleure relation entre la concentration mesurée et le risque de maladie. Pour plus d'informations quant aux facteurs affectant l'inhalation et le dépôt ainsi que leur application à des normes, se référer à Stuart et coll. [12], Phalen et coll. [9], Lippmann et coll. [5], Heyder et coll. [3], Miller et coll. [7], Rudolph et coll. [10], Vincent [13], Ogden et Birkett [8] et Soderholm [11].

# Qualité de l'air — Définitions des fractions de taille des particules pour l'échantillonnage lié aux problèmes de santé

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit des conventions d'échantillonnage pour les fractions granulométriques qui doivent être utilisées dans l'évaluation des effets éventuels sur la santé des particules en suspension dans l'air sur le lieu de travail et dans l'environnement. On définit des conventions pour les fractions inhalable, thoracique et alvéolaire; les fractions extrathoracique et trachéobronchique peuvent être calculées à partir des conventions définies (la fraction inhalable est parfois appelée fraction inspirable — les termes sont équivalents. La nomenclature de ces fractions est discutée dans l'annexe A). Les hypothèses sont données dans l'article 4. La convention choisie dépendra de la région d'action du composé intéressant dans les particules en suspension dans l'air (voir l'article 3). Les conventions sont exprimées en termes de fractions massiques, mais elles peuvent aussi être utilisées lorsque l'objectif est d'évaluer la surface totale ou le nombre de particules dans la matière recueillie. Il convient de ne pas utiliser les conventions en association avec des valeurs limites de fibres définies en d'autres termes, par exemple pour des valeurs limites de fibres définies en termes de longueur et diamètre des fibres.

## 2 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

**2.1 convention d'échantillonnage:** Spécification cible pour les instruments d'échantillonnage qui approche, pour chaque valeur du diamètre aérodynamique,

— dans le cas de la convention inhalable, le rapport de la concentration en masse de particules péné-

trant dans les voies respiratoires à la concentration en masse dans l'air correspondante avant que les particules soient affectées par la présence de la personne exposée et par l'inhalation;

— dans le cas des autres conventions, le rapport de la concentration en masse de particules pénétrant dans la région spécifiée des voies respiratoires à la concentration en masse de particules pénétrant dans les voies respiratoires (ces autres conventions peuvent aussi être exprimées comme des rapports à la masse des particules totales en suspension dans l'air).

### 2.2 diamètre aérodynamique d'une particule:

Diamètre d'une sphère de masse volumique  $1 \text{ g/cm}^3$  possédant la même vitesse terminale de chute dans l'air calme liée à la gravité que celle de la particule, dans les mêmes conditions de température, de pression et d'humidité relative (voir article 4).

NOTE 1 Pour les particules de diamètre aérodynamique inférieur à  $0,5 \mu\text{m}$ , il convient d'utiliser le diamètre de diffusion à la place du diamètre aérodynamique. Le diamètre de diffusion d'une particule est le diamètre d'une sphère possédant le même coefficient de diffusion que celui de la particule dans les mêmes conditions de température, de pression et d'humidité relative.

**2.3 fraction inhalable:** Fraction massique des particules totales en suspension dans l'air inhalée par le nez et par la bouche.

NOTE 2 La fraction inhalable dépend de la vitesse et de la direction de l'air, de la fréquence respiratoire et d'autres facteurs.

**2.4 convention inhalable:** Spécification cible pour les instruments d'échantillonnage lorsque la fraction inhalable est la fraction intéressante.

**2.5 fraction extrathoracique:** Fraction massique des particules inhalées qui ne peuvent pas pénétrer au-delà du larynx.

**2.6 convention extrathoracique:** Spécification cible pour les instruments d'échantillonnage lorsque la fraction extrathoracique est la fraction intéressante.

**2.7 fraction thoracique:** Fraction massique des particules inhalées pénétrant au-delà du larynx.

**2.8 convention thoracique:** Spécification cible pour les instruments d'échantillonnage lorsque la fraction thoracique est la fraction intéressante.

**2.9 fraction trachéobronchique:** Fraction massique des particules inhalées qui pénètrent au-delà du larynx, mais qui ne peuvent pénétrer dans les voies aériennes non ciliées.

**2.10 convention trachéobronchique:** Spécification cible pour les instruments d'échantillonnage lorsque la fraction trachéobronchique est la fraction intéressante.

**2.11 fraction alvéolaire:** Fraction massique des particules inhalées qui pénètrent dans les voies aériennes non ciliées.

**2.12 convention alvéolaire:** Spécification cible pour les instruments d'échantillonnage lorsque la fraction alvéolaire est la fraction intéressante.

**2.13 particules totales en suspension dans l'air:** Toutes les particules en suspension dans un volume donné d'air.

NOTE 3 En raison du fait que tous les appareils de mesure sont dans une certaine limite sélectifs en taille de particules, il est souvent impossible de mesurer la concentration en particules totales en suspension dans l'air.

### 3 Principe

Les conventions d'échantillonnage prennent en compte le fait que seule une fraction des particules en suspension à proximité du nez et de la bouche est inhalée. Cette fraction est appelée fraction inhalable (2.3). Les sous-fractions de cette dernière qui pénètrent au-delà du larynx ou dans les voies respiratoires non ciliées sont, dans le cas de certaines substances, d'importance significative sur le plan de la santé.

La présente Norme internationale présente des courbes conventionnelles se rapprochant de la fraction inhalée et les sous-fractions pénétrant au-delà du larynx et dans les voies respiratoires non ciliées. Ces

courbes sont appelées convention inhalable (2.4), convention thoracique (2.8) et convention alvéolaire (2.12). Les conventions extrathoracique (2.6) et trachéobronchique (2.10) peuvent s'en déduire par le calcul. Les instruments utilisés pour l'échantillonnage doivent être conformes à la convention d'échantillonnage appropriée à la région des voies respiratoires où le dépôt de la substance considérée peut conduire à un effet biologique. Par exemple, la convention inhalable serait choisie si la substance risquait de provoquer une affection où qu'elle se dépose, la convention thoracique serait choisie si la région concernée était celle des voies qui mènent aux poumons (bronches), et la convention alvéolaire si la région était celle des échanges gazeux s'étendant des bronchioles respiratoires jusqu'aux alvéoles.

Chez les enfants et chez les adultes atteints de certaines maladies respiratoires, la région trachéobronchique collecte davantage les particules de faible diamètre aérodynamique que chez les adultes sains. Ceci est pris en compte dans les conventions par l'intermédiaire d'une deuxième convention alvéolaire, centrée vers les diamètres aérodynamiques plus faibles, à laquelle correspond une convention trachéobronchique décalée vers les diamètres aérodynamiques plus faibles. Il convient d'utiliser cette convention trachéobronchique lorsque la population exposée inclut ces groupes «à haut risque», et la convention alvéolaire «à haut risque» peut être utilisée dans ces circonstances.

Les instruments peuvent être utilisés pour l'échantillonnage des fractions individuelles selon les conventions, ou pour recueillir simultanément plusieurs fractions. Par exemple, un instrument pourrait échantillonner des particules dans l'air suivant la convention inhalable, puis séparer cette matière en plusieurs parties selon les conventions thoracique, trachéobronchique et alvéolaire. En revanche, un appareil pourrait juste collecter la fraction alvéolaire. Dans ce cas, sa conception devrait permettre d'assurer que la sélection à l'entrée, due aux effets aérodynamiques et ensuite à l'intérieur même de l'appareil, soit telle que la sélection globale soit conforme aux conventions. (Les critères de performance des instruments sont résumés dans l'article 9.)

### 4 Hypothèses et approximations

Des approximations et des hypothèses sont inévitables lorsque l'on cherche à simuler par des conventions d'échantillonnage les interactions très complexes entre les variables qui gouvernent l'entrée et la pénétration des particules dans les voies respiratoires.

Les conventions ne sont nécessairement que des approximations du comportement des voies respiratoires, et il convient de noter les hypothèses suivantes.

- a) La fraction inhalable dépend du mouvement de l'air — vitesse et direction — de la fréquence respiratoire et du mode de respiration: par le nez ou par la bouche. Les valeurs se rapportant à la convention inhalable sont données pour des valeurs représentatives de la fréquence respiratoire, et sont moyennées pour toutes les directions de l'air. Cela est adapté à une personne uniformément exposée à toutes les directions de l'air, ou de manière prédominante à un courant d'air de côté ou de l'arrière, mais la convention sous-estimerait habituellement la fraction inhalable de plus grosses particules pour une personne qui ferait généralement face au courant d'air.
- b) Les fractions alvéolaire et thoracique varient d'une personne à l'autre, et avec le régime respiratoire, les conventions ne sont donc nécessairement que des approximations pour le cas moyen.
- c) Chaque convention s'approche de la fraction qui pénètre dans une région, et non la fraction qui s'y dépose. En général, les particules doivent se déposer pour avoir un effet biologique. À cet égard, les conventions conduiront à une surestimation de l'effet biologique potentiel. L'exemple le plus important est celui de la convention alvéolaire qui surestime la fraction des très fines particules qui se déposent dans les voies respiratoires non ciliées, puisqu'une fraction de ces particules est expirée sans être déposée. Dans de nombreux lieux de travail, ces très petites particules ne contribuent pas beaucoup à la masse échantillonnée.
- d) La convention thoracique s'approche de la fraction thoracique pour une respiration par la bouche, qui est plus élevée que la fraction thoracique correspondant à une respiration par le nez. La convention extrathoracique peut de ce fait sous-estimer le «pire cas» de la fraction extrathoracique, correspondant à une respiration par le nez.

## 5 Convention inhalable

La courbe cible d'échantillonnage moyennée suivant toutes les directions de l'air pour les instruments collectant la fraction inhalable doit être comme suit pour les vitesses de l'air  $u < 4$  m/s. Le pourcentage  $E_I$  de

particules en suspension dans l'air de diamètre aérodynamique  $D$  ( $\mu\text{m}$ ) à collecter est donné par l'équation

$$E_I = 50 (1 + \exp [-0,06 D]) \quad \dots (1)$$

Certaines valeurs numériques de  $E_I$  sont données dans le tableau B.2 et représentées aux figures B.1 et B.2.

NOTE 4 On ne dispose pas encore de valeurs expérimentales de la fraction inhalable pour  $D > 100 \mu\text{m}$ , et il convient donc de ne pas appliquer la convention à des particules plus grosses. Pour des vitesses de l'air  $u > 4$  m/s, l'équation (2) est suggérée à titre indicatif. Il convient de ne pas appliquer l'équation (2) pour  $D > 90 \mu\text{m}$  ou  $u > 9$  m/s, qui sont les limites des données expérimentales.

$$E_I = 50 (1 + \exp [-0,06 D]) + 10^{-3} u^{2,75} \exp [0,055 D] \quad \dots (2)$$

## 6 Convention thoracique

La courbe cible d'échantillonnage pour les instruments collectants la fraction thoracique doit être comme suit. Le pourcentage  $E_T$  de la convention inhalable à collecter pour un diamètre aérodynamique  $D$  ( $\mu\text{m}$ ) est donné par une loi de distribution log-normale cumulée avec une médiane de 11,64  $\mu\text{m}$  et un écart-type géométrique de 1,5. Une approximation numérique facilitant les calculs est donnée dans l'annexe B. Il convient de remarquer que  $E_T$  est calculé à partir de la convention inhalable. La fraction des particules totales en suspension dans l'air (2.13) correspondant à un diamètre aérodynamique  $D$  est obtenue en multipliant  $E_T$  par 0,01  $E_I$  provenant de l'équation (1). Les valeurs obtenues sont données dans les tableaux B.1 et B.2 et représentées à la figure B.1. On constatera dans les tableaux que 50 % des particules en suspension pour lesquelles  $D = 10 \mu\text{m}$  appartiennent à la fraction thoracique.

## 7 Conventions alvéolaires

### 7.1 Population cible: malades et infirmes, ou enfants

Lorsque la population que l'on désire protéger est constituée d'enfants, de malades, ou d'infirmes (groupe «à haut risque»), la courbe cible d'échantillonnage relative à la fraction alvéolaire est la suivante. Le pourcentage  $E_R$  de la convention inhalable à collecter pour un diamètre aérodynamique  $D$  ( $\mu\text{m}$ )

est donné par une loi de distribution log-normale cumulée avec un diamètre médian de  $2,5 \mu\text{m}$  et un écart-type géométrique de 1,5. Une approximation numérique facilitant les calculs est donnée dans l'annexe B. Il convient de remarquer que  $E_R$  est une fraction de la convention inhalable. La fraction des particules totales en suspension dans l'air (2.13) correspondant à un diamètre aérodynamique  $D$  est obtenue en multipliant  $E_R$  par  $0,01 E_I$  provenant de l'équation (1). Les valeurs obtenues sont données dans les tableaux B.1 et B.2 et représentées à la figure B.1.

NOTE 5 Lorsque la population est le groupe «à haut risque», la convention alvéolaire des adultes sains peut être utilisée et donnera une marge supplémentaire de sécurité. Le premier but de la convention alvéolaire «à haut risque» est d'engendrer une convention trachéobronchique «à haut risque» (voir article 8) qui donne une meilleure protection pour ce groupe.

## 7.2 Population cible: adultes sains

Le pourcentage  $E_R$  de la convention inhalable à collecter pour un diamètre aérodynamique  $D$  ( $\mu\text{m}$ ) est donné par une loi de distribution log-normale cumulée avec un diamètre médian de  $4,25 \mu\text{m}$  et un écart-type géométrique de 1,5. Une approximation numérique facilitant les calculs est donnée dans l'annexe B. Il convient de remarquer que  $E_R$  est une fraction de la convention inhalable. La fraction des particules totales en suspension dans l'air (2.13) correspondant à un diamètre aérodynamique  $D$  est obtenue en multipliant  $E_R$  par  $0,01 E_I$  provenant de l'équation (1). Les valeurs obtenues sont données dans les tableaux B.1 et B.2 et représentées à la figure B.1.

## 8 Conventions extrathoracique et trachéobronchique

La convention extrathoracique est calculée comme étant  $(E_I - E_T)$  (voir articles 5 et 6) pour chaque valeur du diamètre aérodynamique  $D$ . La convention trachéobronchique est calculée comme étant  $(E_T - E_R)$  (voir articles 6 et 7) pour chaque valeur du diamètre aérodynamique  $D$ . Les deux conventions trachéobronchiques correspondant aux deux conventions alvéolaires sont données dans les tableaux B.1 et B.2 et représentées à la figure B.2. Il convient d'utiliser la convention trachéobronchique «à haut risque» lorsque la population exposée inclut des enfants, des malades ou des infirmes.

## 9 Performance des instruments

Il peut être impossible de construire des instruments dont les caractéristiques reproduisent exactement les conventions des articles 5 à 8. Dans tout les cas, les erreurs expérimentales faites durant les essais des instruments, et l'intervention possible de facteurs autres que le diamètre aérodynamique, signifie qu'il est seulement possible d'affirmer avec une certaine probabilité que les caractéristiques d'un instrument sont comprises à l'intérieur d'un certain domaine. La comparaison des instruments et des conventions est discutée dans une autre publication ISO. Parmi d'autres possibilités, cela permet de vérifier sur des domaines limités des variables si ceci est suffisant. Par exemple, pour des instruments prévus pour l'air ambiant, il peut être satisfaisant de déterminer les performances pour un domaine de taille de particules s'étendant jusqu'à  $100 \mu\text{m}$ , et ensuite d'en limiter l'utilisation à des atmosphères dans lesquelles des particules plus grosses ne sont pas présentes.

## Annexe A (informative)

### Nomenclature des fractions inhalable et alvéolaire en anglais

Le terme «inhalable» est utilisé dans la version anglaise de la présente Norme internationale parce que c'est le terme qui décrit le plus naturellement le sens de la fraction pour laquelle il est utilisé. Il y a eu dans le passé une certaine confusion dans la terminologie. «Inhalable» était utilisé à la fin des années 70 dans les documents européens de langue anglaise avec le même sens que dans la présente Norme internationale. L'ISO/TR 7708:1983<sup>[4]</sup> et la Directive européenne amendée 88/642/CEE ont utilisé le terme «inspirable» pour cette fraction, et les termes «inspirable» et «inhalable» sont équivalents. L'Agence pour la protection de l'environnement aux USA (EPA) a utilisé pendant un temps le terme «inhalable» pour ce qui est maintenant appelé «matière particulaire thoracique» ou «PM<sub>10</sub>». L'EPA n'utilise plus le terme «inhalable», et la présente Norme internationale a donc de nouveau adopté le terme avec son sens original.

Le terme «respirable» a été utilisé en anglais depuis au moins 1952 (Hamilton et Walton<sup>[1]</sup>; Lippmann et Harris<sup>[6]</sup>) pour la fraction pénétrant dans les voies aériennes non ciliées. L'ISO/TR 7708:1983 avait adopté le terme «alveolar», en partie à cause de la similarité des termes «respirable» et «inspirable»; mais comme la présente Norme internationale utilise le terme «inhalable», cet argument n'est plus applicable, et le terme familier «respirable» a été réadopté.

En français et en allemand, il n'y a pas eu de telle confusion, mais dans un souci de clarté, on recommande les termes suivants:

Allemand	Français	Anglais
einatembar	inhalable	inhalable
alveolengängig	alvéolaire	respirable
thorakal	thoracique	thoracic

[ISO 7708:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d94911b-c370-4619-8763-1b9b99fb960/iso-7708-1995)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d94911b-c370-4619-8763-1b9b99fb960/iso-7708-1995>