
**Émissions de sources fixes —
Détermination de la concentration en
masse de PM₁₀/PM_{2,5} dans les effluents
gazeux — Mesurage à des hautes
concentrations à l'aide des impacteurs
virtuels**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Stationary source emissions — Determination of PM₁₀/PM_{2,5} mass
concentration in flue gas — Measurement at higher concentrations by
use of virtual impactors*

ISO 13271:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c38645bf-6ff-f43fc-a7e0-5f07704004c7/iso-13271-2012>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 13271:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c38645bf-6ff-f43fc-a7e0-5f07704004c7/iso-13271-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c38645bf-6ff-f43fc-a7e0-5f07704004c7/iso-13271-2012>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

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'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles et termes abrégés	4
4.1 Symboles	4
4.2 Termes abrégés	6
5 Principe	6
5.1 Généralités	6
5.2 Théorie de l'impacteur virtuel	6
6 Spécification de l'impacteur virtuel à deux étages	8
6.1 Généralités	8
6.2 Courbes de séparation	9
6.3 Vérification des courbes de séparation	10
6.4 Conditions de fonctionnement	10
7 Dispositif de prélèvement	13
7.1 Configuration du mesurage	13
7.2 Équipement et matériaux de travail	14
8 Préparation, mode opératoire de mesurage et post-traitement	16
8.1 Généralités	16
8.2 Prétraitement	16
8.3 Mode opératoire de mesurage	17
8.4 Mode opératoire de pesage	19
8.5 Traitement de post-échantillonnage des parties pesées	19
9 Calcul des résultats	20
10 Caractéristiques de performance	20
10.1 Charge de l'impacteur virtuel	20
10.2 Limite de détection	20
10.3 Incertitude de mesure	20
10.4 Pertes de particules	21
11 Rapport d'essai	21
Annexe A (informative) Estimation des propriétés physiques pour le calcul du débit volumique de l'échantillon	22
Annexe B (informative) Erreurs dues aux écarts par rapport à l'échantillonnage isocinétique	26
Annexe C (informative) Exemple d'impacteur virtuel à deux étages	28
Annexe D (informative) Influence des variations de température et de composition des effluents gazeux sur le nombre de Reynolds	32
Annexe E (informative) Buse d'entrée	35
Annexe F (informative) Liste des équipements	36
Annexe G (normative) Détermination d'un point de prélèvement représentatif	38
Annexe H (informative) Production d'aérosols normalisés pour l'étalonnage de l'impacteur virtuel	40
Bibliographie	41

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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 13271 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 146, *Qualité de l'air*, sous-comité SC 1, *Émissions de sources fixes*.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 13271:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c38645bf-6ff-f43fc-a7e0-5f07704004c7/iso-13271-2012>

Introduction

Pour quantifier la quantité de particules PM₁₀ et PM_{2,5} dans les émissions de sources fixes ou pour identifier les sources de contribution de PM₁₀ et PM_{2,5} dans l'air ambiant, il est nécessaire de mesurer la matière particulaire fine dans les effluents gazeux de sources industrielles.

La présente Norme internationale décrit une méthode de mesurage pour la détermination des concentrations massiques en émissions PM₁₀ et PM_{2,5}, qui utilise les mêmes courbes de séparation que celles spécifiées dans l'ISO 7708 pour PM₁₀ et PM_{2,5} dans l'air ambiant. La méthode repose sur le principe de séparation des effluents gazeux à l'aide d'impacteurs virtuels à deux étages. Elle est applicable à des concentrations en poussière supérieures aux concentrations utilisées pour les impacteurs en cascade équipés de plaques d'impaction.

La méthode de mesurage permet de déterminer simultanément les concentrations en émissions PM₁₀ et PM_{2,5}. La méthode est conçue pour réaliser des mesurages dans le conduit de PM₁₀ et PM_{2,5}, pour les émissions de sources fixes, coexistant avec d'éventuels gaz réactifs et/ou de la vapeur d'eau présente à forte teneur.

La contribution des émissions de sources fixes aux concentrations en PM₁₀ et PM_{2,5} dans l'air ambiant est classée en deux catégories: primaire et secondaire. Les émissions qui se trouvent sous la forme de matières particulaires dans le gaz de combustion et qui sont directement émises dans l'air peuvent être considérées comme «primaires». Les particules secondaires regroupent les émissions qui se forment dans l'air ambiant en raison de réactions chimiques atmosphériques. La technique de mesurage décrite dans la présente Norme internationale ne mesure pas la contribution des émissions de gaz de combustion à la formation de matières particulaires secondaires dans l'air ambiant.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 13271:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c38645bf-6ff4-43fc-a7e0-5f07704004c7/iso-13271-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c38645bf-6ff4-43fc-a7e0-5f07704004c7/iso-13271-2012>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 13271:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c38645bf-6ff4-43fc-a7e0-5f07704004c7/iso-13271-2012>

Émissions de sources fixes — Détermination de la concentration en masse de PM₁₀/PM_{2,5} dans les effluents gazeux — Mesurage à des hautes concentrations à l'aide des impacteurs virtuels

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode normalisée de référence pour la détermination des concentrations massiques en PM₁₀ et PM_{2,5} issues de sources fixes d'émissions à l'aide d'impacteurs virtuels à deux étages. La méthode de mesurage convient particulièrement aux mesurages dans le conduit des concentrations massiques particulières dans les effluents gazeux. La méthode peut également être utilisée pour les effluents gazeux contenant des composés hautement réactifs (par exemple soufre, chlore, acide nitrique), à haute température ou en présence d'une forte humidité.

La présente Norme internationale est applicable à des concentrations en poussière élevées. Les particules grossières sont séparées dans les buses par des phénomènes négligeables de rebond et d'entraînement des particules grossières collectées. Pour la même raison, les artefacts dus à des concentrations élevées en gaz ou en émissions sont relativement limités.

La présente Norme internationale n'est pas applicable pour la détermination de la concentration massique en poussière totale.

IFU STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

2 Références normatives

ISO 13271:2012

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 12141, *Émissions de sources fixes — Détermination d'une faible concentration en masse de matières particulaires (poussières) — Méthode gravimétrique manuelle*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

diamètre aérodynamique

diamètre d'une sphère de masse volumique 1 g/cm³ possédant la même vitesse terminale de chute dans l'air calme liée à la pesanteur que celle de la particule, dans les mêmes conditions de température, de pression et d'humidité relative

NOTE Adapté de l'ISO 7708:1995^[1], 2.2.

3.2

filtre secondaire

filtre plan utilisé pour collecter la fraction de particules PM_{2,5}

[ISO 23210:2009^[7], 3.2.3]

3.3

filtre de collecte

filtre plan utilisé pour collecter les particules grossières

3.4
facteur de Cunningham

facteur de correction tenant compte du changement d'interaction entre les particules et la phase gazeuse

[ISO 23210:2009^[7], 3.1.7]

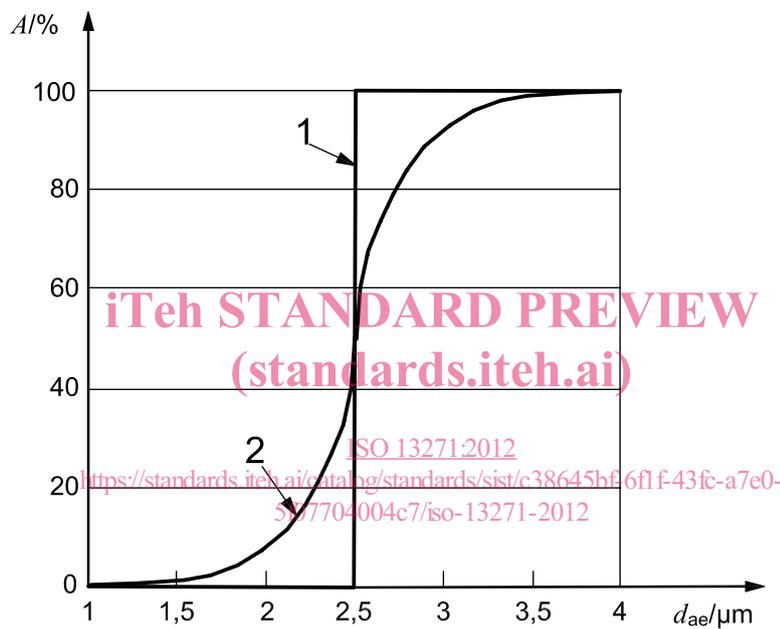
NOTE Voir A.2.

3.5
diamètre de coupure

diamètre aérodynamique pour lequel l'efficacité de séparation de l'étage de l'impacteur est de 50 %

[ISO 23210:2009^[7], 3.1.2]

NOTE La séparation des particules à l'aide d'impacteurs réels n'est pas idéale et donne des courbes de séparation similaires à celles présentées dans l'exemple de la Figure 1.



Légende

A	efficacité de séparation	1	idéale
d_{ae}	diamètre aérodynamique	2	réelle

Figure 1 — Efficacité de séparation A d'un impacteur en fonction du diamètre aérodynamique d_{ae}
(adapté de l'ISO 23210:2009^[7], Figure 2)

3.6
porte-filtre

porte-substrat conçu pour retenir un filtre et pour lequel seul le dépôt sur le filtre est analysé (pesé)

[ISO 15767:2009^[4], 2.4]

3.7
plan de mesurage

plan d'échantillonnage
plan perpendiculaire à l'axe du conduit à la position d'échantillonnage

[ISO 23210:2009^[7], 3.3.3]

3.8**section de mesurage**

zone du conduit d'effluents gazeux comprenant le ou les plan(s) de mesurage ainsi que l'aire des sections droites des orifices d'entrée et de sortie

[ISO 23210:2009^[7], 3.3.2]

3.9**site de mesurage****site d'échantillonnage**

emplacement situé sur le conduit d'effluents gazeux dans la zone du ou des plan(s) de mesurage comprenant des structures et des équipements techniques

NOTE Le site de mesurage est composé par exemple de plates-formes de travail, d'orifices de mesurage et d'une alimentation en énergie.

[ISO 23210:2009^[7], 3.3.1]

3.10**PM_{2,5}**

particules traversant une entrée sélective en taille de particules, avec une efficacité de coupure de 50 % pour un diamètre aérodynamique de 2,5 µm

NOTE PM_{2,5} correspond à la «convention alvéolaire à haut risque» telle qu'elle est définie dans l'ISO 7708:1995^[1], 7.1.

[ISO 23210:2009^[7], 3.1.4]

3.11**PM₁₀**

particules traversant une entrée sélective en taille de particules, avec une efficacité de coupure de 50 % pour un diamètre aérodynamique de 10 µm

NOTE PM₁₀ correspond à la «convention thoracique» telle qu'elle est définie dans l'ISO 7708:1995^[1], Article 6.

[ISO 23210:2009^[7], 3.1.3]

3.12**nombre de Reynolds**

Re

$$Re = \frac{\rho v l}{\eta}$$

où

ρ est la masse volumique;

v est la vitesse du gaz dans la buse d'accélération des particules;

l est la longueur;

η est la viscosité dynamique.

NOTE 1 Adapté de l'ISO 80000-11:2008^[8], 11-4.1.

NOTE 2 Paramètre «sans dimension» (paramètre de dimension 1) décrivant le régime d'écoulement.

3.13
nombre de Stokes

St

$$St = \frac{\rho_{0,P} d_{ae}^2 C_m v}{9\eta D_0}$$

où

- $\rho_{0,P}$ est la masse volumique des particules (1 g/cm³);
- d_{ae} est le diamètre aérodynamique (m);
- C_m est le facteur de Cunningham;
- v est la vitesse du gaz dans la buse d'accélération des particules (m/s);
- η est la viscosité dynamique du gaz (Pa s);
- D_0 est le diamètre de la buse d'accélération des particules (m).

NOTE 1 Adapté de l'ISO 23210:2009^[7], B.2.

NOTE 2 Paramètre «sans dimension» (paramètre de dimension 1) relatif à l'appareillage décrivant une mesure du mouvement d'inertie d'une particule dans un effluent gazeux à proximité d'un obstacle.

3.14
buse d'accélération des particules

buse d'accélération utilisée pour accélérer le gaz chargé en particules avant que la séparation n'ait lieu dans la buse de collecte des particules

3.15
buse de collecte des particules

buse de collecte utilisée pour séparer les particules grossières



4 Symboles et termes abrégés

4.1 Symboles

- A efficacité de séparation
- C_m facteur de Cunningham
- D_0 diamètre de la buse d'accélération des particules
- D_1 diamètre de la buse de collecte des particules
- d_{ae} diamètre aérodynamique
- d_{entry} diamètre interne de la buse d'entrée
- d_{50} diamètre de coupure
- i nombre élémentaire de la série, $i = 1, 2, 3, \dots, m$, ou indice d'identification de la fraction particulaire ($i = 2,5 \mu\text{m}, 10 \mu\text{m}$)
- j nombre élémentaire de la série, $j = 1, 2, 3, \dots, n$
- l_0 longueur de buse de l'impacteur
- m_{BF} masse des particules sur le filtre secondaire
- m_{CF2} masse des particules sur le filtre de collecte du deuxième étage de séparation

N	nombre de buses de l'impacteur
n	nombre de paires de mesurages
p_{amb}	pression ambiante sur le site de mesurage
p_n	pression normale
p_{st}	différence entre la pression statique dans la section transversale de mesurage et la pression atmosphérique sur le site de mesurage
q_V	débit volumique dans les conditions de fonctionnement
q_{Vn}	débit volumique dans des conditions normales et pour du gaz sec
q_{V0}	débits volumiques par buse dans les conditions de fonctionnement pour le débit total
q_{V1}	débits volumiques par buse dans les conditions de fonctionnement pour l'écoulement mineur
q_{V2}	débits volumiques par buse dans les conditions de fonctionnement pour l'écoulement majeur
Re	nombre de Reynolds
St_{50}	nombre de Stokes en fonction du diamètre de coupure d_{50}
s	distance entre l'extrémité de la buse d'accélération des particules et le sommet de la buse de collecte des particules
T	température du gaz
T_n	température normale
$u(\gamma)$	incertitude-type des paires de mesurages
v	vitesse du gaz dans la buse d'accélération des particules
v_{fg}	vitesse des effluents gazeux
V_n	volume d'échantillon dans des conditions normales et pour du gaz sec
$\gamma_{n,H_2O,v}$	concentration massique en vapeur d'eau dans des conditions normales et avec du gaz sec
$\chi(PM_{2,5})$	concentration en $PM_{2,5}$
$\chi(PM_{10})$	concentration en PM_{10}
$\gamma_{1,i}$	i ème valeur de concentration du premier système de mesurage
$\gamma_{2,i}$	i ème valeur de concentration du deuxième système de mesurage
η	viscosité dynamique du gaz
$\rho_{n,H_2O,v}$	masse volumique de la vapeur d'eau dans des conditions normales
$\rho_{0,P}$	masse volumique des particules (1 g/cm^3)
ξ	rapport de l'écoulement mineur à l'étage de l'impacteur

4.2 Termes abrégés

BF	filtre secondaire
CF1	filtre de collecte du premier étage de séparation
CF2	filtre de collecte du deuxième étage de séparation

5 Principe

5.1 Généralités

Pour le mesurage des particules, les trois caractéristiques physiques pertinentes suivantes peuvent être distinguées:

- la concentration massique (par exemple poussière totale, PM₁₀, PM_{2,5}) et la distribution des fractions massiques;
- la concentration en nombre des particules et la granulométrie en nombre des particules;
- la morphologie des particules (par exemple forme, couleur, propriétés optiques).

Les concentrations massiques en PM₁₀ et PM_{2,5} sont déterminées par la ségrégation des fractions granulométriques des particules en suspension dans un gaz basée sur la différence d'inertie des particules.

La présente Norme internationale spécifie une méthode de mesurage pour la détermination de concentrations massiques élevées en PM₁₀ et PM_{2,5} à l'aide d'impacteurs virtuels à deux étages d'après le principe de la séparation des effluents gazeux sans plaques d'impaction et avec des phénomènes négligeables de rebond et d'entraînement des particules grossières collectées.

5.2 Théorie de l'impacteur virtuel

ISO 13271:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c38645bf-6ff1-43fc-a7e0-3107164004c7/iso-13271-2012>

La séparation de fraction granulométrique à l'aide d'un étage d'impacteur virtuel repose sur l'inertie des particules accélérées et ralenties dans un effluent gazeux. La Figure 2 illustre le principe de fonctionnement d'un étage de séparation et les principaux paramètres de performance.

L'étage de séparation est constitué, dans sa configuration de base, de buses d'accélération et de collecte des particules à orientation coaxiale dont les diamètres sont désignés par D_0 et D_1 , respectivement (voir la Figure 2). Le gaz chargé en particules entre dans les buses et est accéléré en fonction de D_0 et du débit total, et une partie de l'effluent est dirigée vers les buses de collecte des particules. Le débit dans les buses de collecte des particules, appelé écoulement mineur, est égal à environ 10 % du débit total. La fraction majeure ou l'écoulement majeur est redirigé et évite les buses de collecte des particules. Par conséquent, les particules supérieures à un certain diamètre aérodynamique (diamètre de coupure) sont entraînées dans l'écoulement mineur reçu par les buses de collecte des particules et sont collectées sur un filtre. Les particules fines inférieures à ce diamètre de coupure restent dans l'écoulement majeur et sont dirigées dans l'étage de séparation suivant.

La performance d'un étage de séparation est caractérisée par une courbe d'efficacité de séparation. En raison des spécificités de ce processus de séparation, il y a toujours des résidus de particules dont le diamètre est supérieur au diamètre de coupure de l'écoulement mineur et des résidus de particules dont le diamètre est inférieur au diamètre de coupure de l'écoulement majeur.

Un étage de séparation est spécifié par un diamètre de coupure, d_{50} . Pour les particules ayant ce diamètre aérodynamique, l'efficacité de séparation de l'étage de l'impacteur est de 50 %. La Formule (1) est utilisée pour calculer le diamètre de coupure d_{50} :

$$d_{50} = \sqrt{\frac{9\pi S t_{50} \eta D_0^3}{4\rho_{0,p} C_m g_{V0}}} \quad (1)$$

où

- St_{50} est le nombre de Stokes par rapport au diamètre de coupure d_{50} , en unités relatives à l'appareillage;
- η est la viscosité dynamique du gaz;
- q_{V0} est le débit volumique total par buse dans les conditions de fonctionnement;
- D_0 est le diamètre de la buse d'accélération des particules;
- $\rho_{0,P}$ est la masse volumique des particules (1 g/cm^3) (le diamètre de coupure inertiel est donné en termes de diamètre aérodynamique);
- C_m est le facteur de Cunningham.

Les conditions suivantes concernent la conception et l'application de la Formule (1):

- a) pour la conception des étages de séparation, la valeur de St_{50} doit être choisie (Référence [10]) de façon que
- $$0,4 \leq St_{50} \leq 0,5$$
- b) le rapport de la distance entre l'extrémité de la buse d'accélération des particules et le sommet de la buse de collecte des particules, s , au diamètre de la buse d'accélération des particules, D_0 , doit être
- $$0,8 < s/D_0 < 2$$
- c) le rapport de la longueur de la buse d'accélération des particules, l_0 , au diamètre de la buse d'accélération des particules, D_0 , doit être
- $$l_0/D_0 < 2,5$$
- d) le rapport du diamètre de la buse de collecte des particules, D_1 , au diamètre de la buse d'accélération des particules, D_0 , doit être
- $$D_1/D_0 \approx 1,33$$
- e) le nombre de Reynolds Re de l'effluent gazeux dans la buse d'accélération des particules doit se situer dans la région de l'écoulement laminaire
- $$100 < Re < 3\,000$$