
**Air des lieux de travail — Caractérisation
des aérosols ultrafins/nanoaérosols —
Détermination de la distribution
granulométrique et de la concentration en
nombre à l'aide de systèmes d'analyse
différentielle de mobilité électrique**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

*Workplace atmospheres — Characterization of ultrafine aerosols/
nanoaerosols — Determination of the size distribution and number
concentration using differential electrical mobility analysing systems*

ISO 28439:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a62a60aa-15d8-4ad2-bfa8-b7c215dde177/iso-28439-2011>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 28439:2011](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a62a60aa-15d8-4ad2-bfa8-b7c215dde177/iso-28439-2011)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a62a60aa-15d8-4ad2-bfa8-b7c215dde177/iso-28439-2011>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2011

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	2
4.1 Symboles	2
4.2 Termes abrégés	3
5 Principe	3
6 Matériel	4
6.1 Généralités	4
6.2 Ligne d'échantillonnage	4
6.3 Sélecteur granulométrique	5
6.4 Conditionneur de charge de particules	5
6.5 DEMC	5
6.6 Détecteur de particules d'aérosol	5
7 Stratégie de mesurage	6
8 Procédure de mesurage	7
8.1 Préparation	7
8.2 Échantillonnage	7
9 Présentation et évaluation des données	7
10 Vérification des performances du DMAS	8
10.1 Vérification de la classification des particules	8
10.2 Vérification de l'efficacité du comptage des particules en nombre	9
11 Problèmes et erreurs	9
11.1 Efficacité du comptage des CPC (CNC)	9
11.2 Particules à charges multiples	9
11.3 Pertes d'échantillonnage	9
11.4 Incertitudes	11
11.5 Surcharge	12
11.6 Échantillonnage de fibres	12
11.7 Humidité	12
11.8 Entretien	12
Annexe A (informative) Méthodes permettant de déterminer l'exposition	13
Annexe B (informative) Liste des fabricants (non exhaustive)	14
Bibliographie	15

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 28439 a été élaborée par le comité technique CEN/TC 137, *Évaluation de l'exposition aux agents chimiques et biologiques sur le lieu de travail*, du Comité européen de normalisation (CEN) en collaboration avec le comité technique ISO/TC 146, *Qualité de l'air*, sous-comité SC 2, *Atmosphères des lieux de travail*, conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

[ISO 28439:2011](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a62a60aa-15d8-4ad2-bf88-b7c215dde177/iso-28439-2011)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a62a60aa-15d8-4ad2-bf88-b7c215dde177/iso-28439-2011>

Introduction

Dans le cadre de l'hygiène au travail, les concentrations d'aérosols ont généralement été mesurées en termes de concentrations massiques. Dans le cas de certains aérosols ultrafins et de nanoaérosols, d'autres métriques d'exposition, telles que la concentration en nombre et en surface, sont susceptibles de devenir importantes pour prévoir les effets sur la santé, en fonction des propriétés chimiques et physiques. La présente Norme internationale offre une méthode permettant de déterminer la concentration en nombre et la distribution granulométrique d'aérosols ultrafins et de nanoaérosols sur les lieux de travail en utilisant des systèmes d'analyse différentielle de mobilité (DMAS). Elle peut être utilisée par des chercheurs et hygiénistes du travail pour mesurer la concentration sur certains lieux de travail. Les systèmes ne sont généralement pas adaptés pour des mesures d'exposition individuelle.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 28439:2011](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a62a60aa-15d8-4ad2-bfa8-b7c215dde177/iso-28439-2011)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a62a60aa-15d8-4ad2-bfa8-b7c215dde177/iso-28439-2011>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 28439:2011](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a62a60aa-15d8-4ad2-bfa8-b7c215dde177/iso-28439-2011>

Air des lieux de travail — Caractérisation des aérosols ultrafins/nanoaérosols — Détermination de la distribution granulométrique et de la concentration en nombre à l'aide de systèmes d'analyse différentielle de mobilité électrique

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale fournit des lignes directrices permettant de déterminer la concentration en nombre et la distribution granulométrique d'aérosols ultrafins et de nanoaérosols au moyen de spectromètres de mobilité électrique (également appelés analyseurs différentiels de mobilité). Seule la fraction de particules de l'aérosol est considérée. Pour des aérosols ultrafins et des nanoaérosols, des métriques d'exposition telles que la concentration en nombre et en surface sont très importantes.

La présente Norme internationale fournit également des lignes directrices pour la détermination de l'exposition aux aérosols ultrafins et aux nanoaérosols sur le lieu de travail.

En particulier, le système d'analyse différentielle de mobilité (DMAS), désormais disponible auprès de plusieurs distributeurs, est présenté. Les principes de fonctionnement, les problèmes d'échantillonnage dans l'environnement du lieu de travail, l'étalonnage, l'entretien du matériel, l'incertitude de mesure, et le rapport des résultats de mesurage sont couverts.

ISO 28439:2011

Des problèmes potentiels et des limitations sont décrits, qui nécessitent d'être abordés quand des valeurs limites sont fixées et que des mesurages de conformité sont effectués.

2 Références normatives

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/TR 27628, *Air des lieux de travail — Particules ultrafines, nanoparticules et aérosols nanostructurés — Caractérisation et évaluation de l'exposition par inhalation*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO/TR 27628 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

mobilité électrique critique

Z_{crit}

mobilité électrique de particules qui, dans l'analyseur différentiel de mobilité électrique, sont transférées depuis le flux d'air échantillonné vers le flux de l'aérosol monodispersé sortant

NOTE En raison de la finition du DEMC, le flux de sortie n'est pas strictement monodispersé, mais correspond à une plage de mobilités électriques pour chaque tension.

3.2
équilibre des charges de particules
 condition de charge des particules d'un aérosol qui est stable après une exposition à des ions positifs et négatifs pendant un laps de temps suffisamment long

NOTE 1 Des ions bipolaires sont produits par une source radioactive ou par un chargeur à effet couronne.

NOTE 2 La charge électrique de chaque particule d'un aérosol à l'équilibre des charges n'est pas neutre.

NOTE 3 Adapté de l'ISO 15900:2009^[1], 2.11.

3.3
diamètre de mobilité électrique des particules (équivalent)
 diamètre équivalent d'une sphère ayant la même mobilité électrique que la particule considérée

4 Symboles et termes abrégés

4.1 Symboles

<i>B</i>	mobilité mécanique d'une particule	s/kg
<i>C</i>	facteur de correction de Cunningham	1
<i>C_N</i>	concentration en nombre de l'aérosol	1/m ³
<i>d</i>	diamètre de la particule	nm
<i>d_p</i>	diamètre équivalent de mobilité électrique de la particule	m
<i>\bar{d}_p</i>	diamètre équivalent moyen de mobilité électrique de la particule	m
<i>D</i>	coefficient de diffusion de la particule	m ² /s
<i>e</i>	charge élémentaire	1,602 177 × 10 ⁻¹⁹ C
<i>q₁</i>	débit d'air de l'échantillon du DEMC	m ³ /s
<i>q₂</i>	débit d'air propre filtré du DEMC	m ³ /s
<i>q₃</i>	débit d'air en excès du DEMC	m ³ /s
<i>q₄</i>	débit d'air sortant du détecteur de particules du DEMC	m ³ /s
<i>k</i>	constante de Boltzmann	1,38 × 10 ⁻²³ N·m/K
<i>L</i>	longueur de la ligne d'échantillonnage	m
<i>n</i>	nombre de charges	1
<i>p</i>	pénétration dans la ligne d'échantillonnage	1
<i>t</i>	délai (de coagulation)	s
<i>t_{scan}</i>	durée de balayage	s
<i>T</i>	température absolue à laquelle le DEMC fonctionne	K
<i>V_v</i>	volume du réservoir tampon pour le débit d'air échantillonné	m ³
<i>Z</i>	mobilité électrique d'une particule chargée en suspension dans l'air	m ² /V·s
<i>Z_{crit}</i>	mobilité électrique critique d'une particule chargée en suspension dans l'air	m ² /V·s
<i>η</i>	viscosité des gaz	Pa·s
<i>μ</i>	paramètre de pertes par diffusion	1

iTeh STANDARD PREVIEW
 (standards.iteh.ai)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a62a60aa-15d8-4ad2-bfa8-b7c215dde177/iso-28439-2011>

4.2 Termes abrégés

CNC compteur de noyaux de condensation

CPC compteur de particules de condensation

DEMC spectromètre différentiel de mobilité électrique

DMAS système d'analyse différentielle de mobilité

NOTE Un DMAS est également appelé DMPS (analyseur différentiel de mobilité) ou SMPS (analyseur de mobilité à balayage).

HEPA filtre à très haute efficacité

5 Principe

Sur un lieu de travail, l'aérosol est échantillonné à un emplacement représentatif de l'atmosphère à laquelle le travailleur peut être exposé. Les particules ayant une granulométrie supérieure à 1 µm environ sont précipitées et les particules de moins de 1 µm environ sont transportées dans l'instrument. Après le conditionnement de la charge, les particules de l'aérosol sont séparées dans le champ électrique du DEMC (voir Références [6] et [7]) en fonction de leur mobilité électrique, donnée par l'Équation (1).

$$\left. \begin{aligned} Z &= n e B \\ B &= \frac{C}{3\pi\eta d_p} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

où

Z est la mobilité électrique, en mètres carrés par volt seconde, d'une particule d'aérosol chargée;

n est le nombre de charges électriques;

e est la charge élémentaire, $1,602\,177 \times 10^{-19}$ C;

B est la mobilité mécanique d'une particule, en secondes par kilogramme;

C est le facteur de correction de Cunningham;

η est la viscosité des gaz, en pascals secondes;

d_p est le diamètre équivalent de mobilité électrique des particules, en mètres.

La mobilité électrique critique des particules, Z_{crit} , est directement liée aux dimensions géométriques du DEMC. Le diamètre équivalent de mobilité électrique des particules, d_p , peut être déterminé à partir d'équations fournies par le fabricant de l'instrument.

Les particules d'une certaine taille ou comprises dans un certain intervalle de tailles sont comptées dans un compteur de noyaux de condensation (CNC) [encore dénommé compteur de particules de condensation, (CPC)] ou un électromètre, permettant de déterminer la concentration en nombre des particules de chaque taille ou intervalle de tailles. On obtient une distribution granulométrique en nombre en balayant ou en changeant la tension du DEMC par paliers. La plage de tailles entre 3 nm et 1 000 nm en termes de diamètre de mobilité électrique peut être partiellement couverte par différents instruments (voir Référence [8]). Le DEMC présente l'avantage suivant: le diamètre de mobilité électrique est presque équivalent au diamètre de surface projetée des particules (défini comme le diamètre équivalent d'une sphère ayant la même surface projetée que les particules considérées) ayant des géométries compactes. La concentration en nombre totale est obtenue par addition ou intégration de tous les canaux de taille.

Si la composition des particules échantillonnées ne peut être obtenue, la distribution de la surface et de la concentration en volume peut, dans certains cas, être estimée par des calculs fournis par le fabricant ou la littérature, par exemple si les particules sont considérées comme sphériques.

6 Matériel

6.1 Généralités

Un DMAS comprend différentes sections d'instruments (voir Figure 1):

- a) sélecteur granulométrique;
- b) chargeur de particules ou conditionneur de charge de particule;
- c) spectromètre différentiel de mobilité électrique (DEMC), avec contrôle du flux et de haute tension;
- d) détecteur de particules;
- e) contrôleur du système avec acquisition et analyse des données (généralement un micrologiciel incorporé ou un logiciel dédié sur un ordinateur personnel).

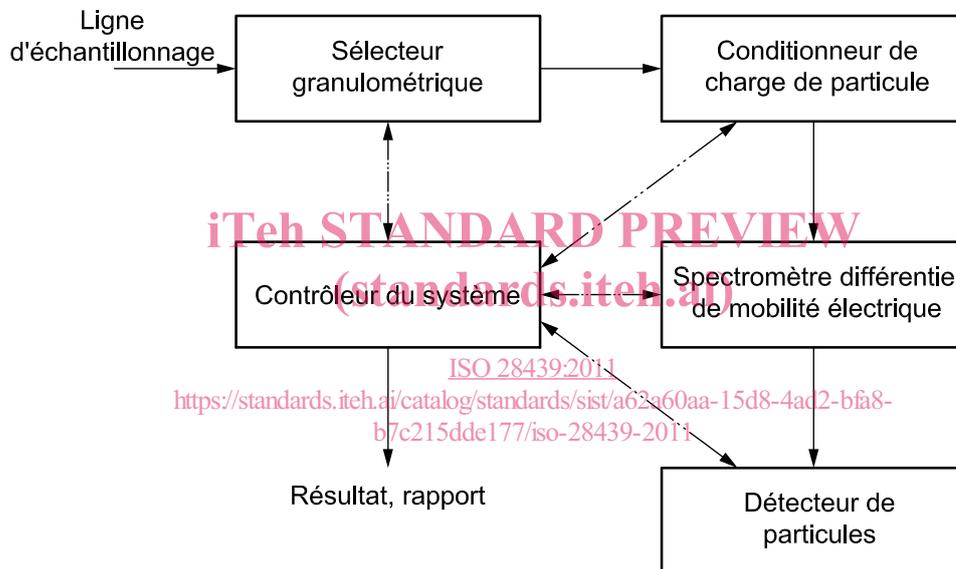


Figure 1 — Parties principales d'un DMAS

6.2 Ligne d'échantillonnage

L'aérosol est souvent échantillonné à l'aide d'un tube souple afin d'accéder à la zone respiratoire d'un travailleur. Le tube doit être constitué d'un matériau conducteur. Il convient de minimiser les pertes par diffusion des particules en utilisant des tubes d'une longueur réduite. Par exemple, l'application de tubes en caoutchouc souples en matériau conducteur d'une longueur ne dépassant pas quelques mètres et présentant un diamètre interne compris entre 4 mm et 6 mm garantit un court temps de séjour au sein du tube (voir 11.3.2). Le débit dans la ligne d'échantillonnage doit être laminaire.

Lors de l'échantillonnage d'aérosols extrêmement instables tels que des fumées de soudage, il est recommandé d'utiliser en plus un réservoir tampon pour établir une moyenne de la concentration au cours du balayage. Le réservoir tampon doit être conducteur et raccordé à la terre. Le temps de séjour moyen dans le réservoir tampon doit être fonction du temps de balayage. Le volume du récipient peut être choisi selon le débit d'échantillon conformément à la Condition (2) afin d'obtenir une concentration relativement stable au cours du balayage.

$$\frac{V_v}{q_1 t_{\text{scan}}} \geq 5 \tag{2}$$

où

V_v est le volume, en mètres cubes, du réservoir tampon pour le débit d'air de l'échantillon;

q_1 est le débit d'air de l'échantillon du DEMC, en mètres cubes par seconde;

t_{scan} est le temps de balayage, en secondes.

EXEMPLE Pour un débit d'air échantillonné de 0,3 l/min ($0,5 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$) et un temps de balayage de 2 min (120 s), un réservoir de 3 l ($3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$) est approprié.

Des volumes de tampon inférieurs sont à privilégier si l'aérosol s'agglomère par coagulation (forte concentration de particules primaires), voir 11.3.3.

NOTE L'état des connaissances au moment de la publication ne permet de donner aucune recommandation concernant un volume supérieur.

6.3 Sélecteur granulométrique

Un sélecteur granulométrique est nécessaire de façon à précipiter les particules dont la taille est supérieure à l'étendue de mesure souhaitée. Ce résultat peut être obtenu, par exemple, à l'aide d'un impacteur ou d'un cyclone adapté. Le sélecteur granulométrique doit être nettoyé et, si nécessaire, graissé régulièrement.

6.4 Conditionneur de charge de particules

L'aérosol est chargé de charges électriques libres par collisions avec des ions gazeux et des électrons. Les charges électriques libres sont généralement produites par une source radioactive dans le flux d'air, isolée par une mince enceinte. On utilise des sources telles que ^{85}Kr , ^{210}Po ou ^{241}Am . La totalité de l'aérosol atteint un équilibre de charge d'une distribution connue (voir Référence [9]).

NOTE La mise en charge de particules non-sphériques diffère de celle de particules sphériques. Donc la distribution de charges électriques en fonction de la taille de particule employée dans l'inversion de la mobilité électrique critique dans un intervalle de taille de particule est strictement valable seulement pour des particules sphériques.

6.5 DEMC

L'aérosol conditionné atteint la section de classification suivant la mobilité électrique. Un DEMC classique comprend une électrode interne et une électrode externe maintenues à une différence de potentiel électrique généralement comprise entre 20 V et 10 000 V (voir Figure 2).

Les particules sont transportées au sein d'un flux laminaire le long d'une région annulaire ou d'un tube gainé par un débit d'air propre (filtré). Le mouvement des particules chargées dépend de leurs différentes mobilités, ce qui fait qu'elles atteignent l'électrode en diverses positions. Les particules contenues dans une plage de mobilité électrique étroite centrée sur la mobilité électrique critique sont échantillonnées par le biais d'une fente située à l'extrémité de la région annulaire, puis transportées dans le détecteur de particules.

6.6 Détecteur de particules d'aérosol

L'aérosol séparé ayant la mobilité électrique critique spécifiée est conduit vers un compteur qui détermine le nombre de particules par unité de volume. Le compteur le plus couramment utilisé est le CPC (CNC). Dans cet appareil, l'aérosol est mis en contact avec de la vapeur sursaturée (alcool ou eau) qui se condense sur les particules. Les particules croissent rapidement jusqu'à devenir de grosses gouttelettes, mesurant généralement plusieurs micromètres de diamètre. Elles peuvent alors être détectées à l'aide de méthodes optiques. L'électromètre est un autre détecteur permettant de déterminer le courant électrique net fourni par les particules échantillonnées.

Il est impossible de pratiquer d'autres analyses des particules après leur passage dans le détecteur. Des échantillonneurs supplémentaires utilisés en parallèle du DMAS peuvent servir à collecter des échantillons permettant d'autres analyses, par exemple un précipitateur thermique ou électrostatique.