

---

---

**Conséquences des changements survenus  
dans les normes ISO relatives au comptage  
des particules — Contrôle de la  
contamination et essais de filtres**

*Impact of changes in ISO fluid power particle counting — Contamination  
control and filter test standards*

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 16386:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/789ea1a6-82c4-48c7-ac39-27e4723d4f91/iso-tr-16386-1999>



**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/TR 16386:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/789ea1a6-82c4-48c7-ac39-27e4723d491/iso-tr-16386-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/789ea1a6-82c4-48c7-ac39-27e4723d491/iso-tr-16386-1999>

© ISO 1999

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 22 734 10 79  
E-mail [copyright@iso.ch](mailto:copyright@iso.ch)  
Web [www.iso.ch](http://www.iso.ch)

Imprimé en Suisse

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comité 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 3.

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.

Exceptionnellement, lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique par exemple), il peut décider, à la majorité simple de ses membres, de publier un Rapport technique. Les Rapports techniques sont de nature purement informative et ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent rapport technique 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/TR 16386 a été élaboré par le comité technique ISO/TC 131, *Transmissions hydrauliques et pneumatiques*, sous-comité SC 6, *Contrôle de la contamination des fluides hydrauliques*.

Le présent rapport technique a été élaboré sous la forme d'un document informatif destiné à renseigner les utilisateurs sur le fond et les implications d'un certain nombre de normes, nouvelles et révisées, relatives au contrôle de la pollution, à savoir l'ISO 11171, l'ISO 11943, l'ISO 16889 et l'ISO 4406:1999.

## Introduction

L'adoption de quatre normes relatives au contrôle de la pollution révisées et mises à jour, à savoir l'ISO 11171, l'ISO 11943, l'ISO 16889 et l'ISO 4406:1999, a entraîné des modifications significatives concernant la manière de rendre compte des niveaux de pollution solide et des performances d'un filtre. Avec l'ISO 11171, la méthode d'étalonnage des compteurs de particules avec une Fine Poudre d'Essai (ACFTD) utilisée depuis le début des années 1970 a été remplacée par une nouvelle méthode d'étalonnage des compteurs de particules traçable du "National Institute of Standards and Technology" (NIST). Par conséquent, les tailles des polluants précédemment égales à 2 µm, 5 µm, 10 µm et 15 µm deviendront approximativement 4,6 µm(c); 6,4 µm(c); 9,8 µm(c) et 13,6 µm(c) respectivement, où (c) se réfère à l'étalonnage conformément à l'ISO 11171. L'ISO 11943 est une nouvelle norme relative à l'étalonnage des compteurs de particules en ligne, essentiellement utilisée pour évaluer les performances d'un filtre. Avec l'essai de filtres en circuit fermé de l'ISO 16889 qui remplace la méthode d'origine ISO 4572, la Poudre d'Essai ISO Moyenne (ISO MTD) remplace l'ACFTD comme poudre d'essai et on utilise la nouvelle méthode d'étalonnage des compteurs de particules traçable. Dans l'ISO 4406:1999, la nouvelle méthode d'étalonnage est utilisée et une nouvelle classe de taille, à savoir 4 µm(c), a été ajoutée au code de pollution solide pour les comptages de particules effectués avec un compteur automatique de particules. Ces améliorations du comptage de particules et de l'essai de filtres ont un effet significatif sur les activités du contrôle de la pollution. Toutefois, il est important de noter qu'il n'y a eu aucun changement des niveaux de pollution réels, des performances des filtres ou de leur efficacité à garantir la fiabilité des composants. Ce rapport indique quelles sont les modifications, pourquoi elles ont été faites, comment elles vont affecter les niveaux de pollution et les seuils de filtration des filtres et dans quelle mesure elles vont profiter à l'industrie.

ITEH STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 16386:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/789ea1a6-82c4-48c7-ac39-27e4723d491/iso-tr-16386-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/789ea1a6-82c4-48c7-ac39-27e4723d491/iso-tr-16386-1999>

# Conséquences des changements survenus dans les normes ISO relatives au comptage des particules — Contrôle de la contamination et essais de filtres

## 1 Domaine d'application

Les compteurs optiques automatiques de particules en suspension dans les liquides (CAP) sont utilisés pour contrôler les niveaux de pollution dans l'huile hydraulique, pour établir les spécifications du niveau de propreté d'un composant ou d'un système et pour déterminer l'efficacité et le seuil de filtration d'un filtre. Avec le remplacement de l'ISO 4402 par l'ISO 11171 (étalonnage des compteurs de particules), le remplacement de l'ISO 4572 par l'ISO 16889 (essai d'un filtre en circuit fermé) et la nouvelle ISO 11943 (étalonnage des compteurs de particules en ligne), il est prévu que la qualité et la fiabilité du comptage de particules et des données d'essai de filtres soient améliorées, devenant ainsi plus utiles pour l'industrie. Toutefois, la redéfinition des tailles des particules qui en résulte et l'utilisation d'une nouvelle poudre d'essai affectent la manière dont les niveaux de pollution et les performances des filtres sont présentés et interprétés. L'impact de ces modifications est examiné dans le présent Rapport technique.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
(standards.iteh.ai)

## 2 Historique

### 2.1 Qu'est ce que l'ACFTD ?

[ISO/TR 16386:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/789ea1a6-82c4-48c7-ac39-27e4723d4f91/iso-tr-16386-1999)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/789ea1a6-82c4-48c7-ac39-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/789ea1a6-82c4-48c7-ac39-27e4723d4f91/iso-tr-16386-1999)

[27e4723d4f91/iso-tr-16386-1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/789ea1a6-82c4-48c7-ac39-27e4723d4f91/iso-tr-16386-1999)

L'ACFTD était à l'origine réalisée par lot par la AC Spark Plug Division de General Motors Corporation. L'ACFTD était fabriquée par broyage dans un broyeur à boulet de sable ramassé dans une certaine région de l'Arizona puis en le classifiant en une distribution granulométrique cohérente allant approximativement de 0 à 100 µm. La distribution granulométrique volumétrique moyenne de chaque lot d'ACFTD, telle qu'elle était déterminée par la technique de l'analyseur à rouleaux ou de la diffraction laser, était fournie avec les échantillons achetés. En 1992, la production d'ACFTD a été interrompue.

Étant donné la relative cohérence de sa distribution granulométrique, l'ACFTD a été utilisée pour étalonner les CAP dans l'ISO 4402 et pour évaluer les performances des filtres dans l'ISO 4572 pour les applications hydrauliques et autres. En raison de sa forme irrégulière et de sa nature siliceuse, on pensait que l'ACFTD était représentative des polluants présents dans les systèmes hydrauliques types. La distribution granulométrique chiffrée en nombre de l'ACFTD donnée dans l'ISO 4402 est basée sur les travaux de microscopie optique effectués à la fin des années 1960. À ce moment là, il n'existait aucune analyse statistique des écarts entre lots d'ACFTD. Plus tard, il a été découvert qu'il existait des différences entre la distribution granulométrique publiée et les distributions granulométriques réelles de lots consécutifs d'ACFTD. Ces différences sont une source importante de variabilité des résultats de comptages de particules.

### 2.2 Étalonnage des compteurs de particules à l'ACFTD

Bien que souvent considéré comme un état de fait, le comptage de particules est le point clef des programmes de contrôle de la pollution. Les compteurs automatiques de particules sont utilisés pour contrôler les niveaux de pollution de l'huile des équipements en fonctionnement, pour établir les spécifications des niveaux de propreté d'un composant ou d'un assemblage, et pour offrir une base à la détermination des rapports bêta des filtres, de leur efficacité et de leurs seuils de filtration.

L'étalonnage consiste à établir la relation entre le réglage de la tension seuil du CAP et la granulométrie. À cet effet, on compare les concentrations de particules observées à des réglages seuils connus à la distribution granulométrique publiée de l'ACFTD. La précision de l'étalonnage dépend de la précision de la distribution granulométrique publiée.

En l'absence d'un polluant mieux contrôlé, l'ACFTD a été utilisée pour l'étalonnage des CAP pour les transmissions hydrauliques et de nombreuses autres applications. La distribution granulométrique de l'ACFTD utilisée pour l'étalonnage dans l'ISO 4402, est basée sur la dimension de corde la plus longue des particules mesurée par microscopie optique à la fin des années 1960. À cette époque, la microscopie était la méthode la plus couramment utilisée pour obtenir des comptages des particules. Le but du protocole d'étalonnage des CAP était de garantir que les comptages de particules obtenus avec un CAP soient les plus proches possible des comptages obtenus par microscopie optique.

La précision de la distribution granulométrique de l'ACFTD ainsi que l'étalonnage correspondant des CAP ont été remis en question dès la fin des années 70. Puisque les premiers travaux de microscopie ont été menés sur des lots spécifiques d'ACFTD, les effets de la variabilité d'un lot à un autre sur la distribution granulométrique et l'étalonnage des CAP n'ont pas été pris en considération. En dépit de tout cela, l'ISO 4402:1991 a exigé des laboratoires qu'ils réalisent leurs étalonnages conformément à la distribution granulométrique originale publiée, même si le lot d'ACFTD spécifique utilisé risquait d'en différer.

### 2.3 L'essai du filtre en circuit fermé d'origine

Simultanément à l'élaboration de la méthode ACFTD d'étalonnage des compteurs de particules, on a développé l'essai de filtres en circuit fermé pour mesurer leurs performances, essentiellement leur efficacité et leur capacité de rétention. En 1981, l'essai de filtres en circuit fermé a été adopté comme Norme internationale, l'ISO 4572:1981, et est toujours très largement utilisé. Les caractéristiques de l'ACFTD qui l'ont rendue utile pour l'étalonnage des CAP l'ont également rendue idéale pour les essais de filtres. Dans le cadre d'un essai en circuit fermé, on fait recirculer l'huile par le filtre d'essai tout en ajoutant en continu une boue liquide d'ACFTD dans un réservoir situé en amont du filtre. Les comptages des particules sont effectués à la fois en aval et en amont du filtre, tout au long de l'essai. Ces comptages sont utilisés pour calculer l'efficacité de capture des particules en fonction de leur taille. Les résultats, exprimés par le rapport de filtration ou le rapport bêta, dépendent évidemment de l'étalonnage du CAP mais également de la distribution granulométrique de la poudre d'essai. La capacité de rétention du filtre en essai est notée comme étant la quantité d'ACFTD nécessaire pour que le filtre atteigne sa pression différentielle terminale. La distribution granulométrique et la morphologie de la poudre d'essai ont également un impact significatif sur la capacité de rétention du filtre.

## 3 Nouvelles poudres d'essai

En 1992, le besoin de réviser les normes relatives à l'étalonnage des compteurs de particules et aux essais de filtres a pris un caractère d'urgence lorsque la Division AC Rochester (anciennement AC Spark Plug) Division de General Motors Corporation a interrompu sa production d'ACFTD. La réaction de l'ISO/TC 22 a alors été d'adopter l'ISO 12103-1, une norme relative à la poudre d'essai de filtres spécifiant les caractéristiques physiques, chimiques et de distribution granulométrique de quatre poudres d'essai à base de silice. Les nouvelles poudres d'essai sont fabriquées en utilisant un broyeur à projection spirale en courant gazeux, et non un broyeur à boulets comme pour l'ACFTD. De ce fait, leur distribution granulométrique et la forme des particules individuelles sont différentes de celles de l'ACFTD. L'ISO 12103-1 spécifie également la méthode de la conductivité électrique au lieu des méthodes d'analyseur à rouleaux ou de diffraction laser utilisées en contrôle de production de l'ACFTD, pour déterminer la distribution granulométrique des nouvelles poudres. Ainsi, grâce à l'ISO 12103-1, les nouvelles poudres d'essai sont mieux contrôlées et la variabilité d'un lot à un autre est inférieure à celle de l'ancienne ACFTD.

L'une des poudres décrites dans l'ISO 12103-1, la Poudre d'Essai ISO Moyenne (qualité A3), a été choisie par l'ISO/TC 131/SC 6 pour remplacer l'ACFTD dans le cadre de l'étalonnage des compteurs de particules et des essais de filtres en circuit fermé. L'ISO MTD est physiquement et chimiquement identique à l'ACFTD, mais elle contient moins de particules inférieures à 5 µm et elle est plus facile à disperser dans l'huile. La forte concentration des fines particules dans l'ACFTD peut entraîner des erreurs de coïncidence lors du comptage des particules. Ainsi, l'utilisation de l'ISO MTD réduit cette source d'erreur tout en conservant les caractéristiques souhaitées de l'ACFTD.

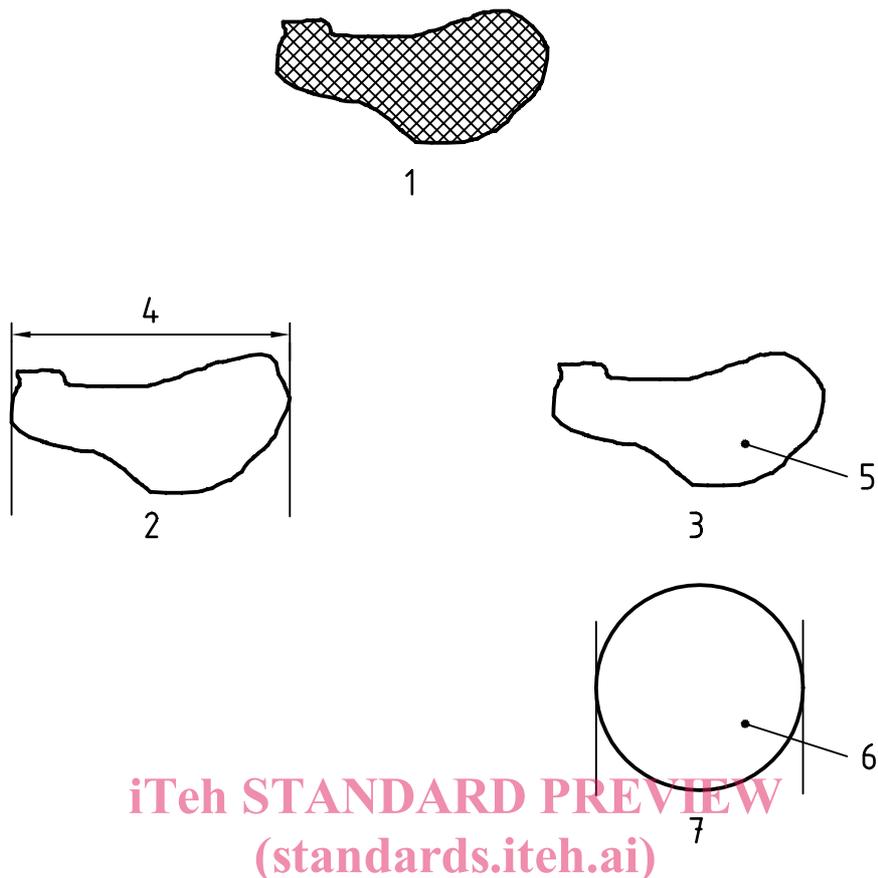
#### 4 Nouvelle procédure d'étalonnage des CAP

Étant donné les inquiétudes concernant la précision de la distribution granulométrique de l'ACFTD, la National Fluid Power Association (États-Unis), a lancé, en 1980, un projet visant à développer une méthode d'étalonnage qui soit traçable des CAP. La première tentative d'obtention d'une traçabilité a permis d'élaborer une nouvelle méthode, la norme américaine ANSI/(NFPA) T2.9.6R1 (1990), qui utilise des particules de latex monodimensionnelles mises en suspension dans de l'huile minérale MIL-H-5606 et dont les tailles sont traçables par le NIST. L'utilisation de cette méthode a toutefois été déconseillée car peu après son introduction, il a été constaté qu'une très faible concordance était obtenue entre les différents types de CAP étalonnés avec du latex. Les CAP fabriqués par différents constructeurs et les CAP utilisant différentes sources lumineuses (telles que des diodes laser ou une lumière blanche) ou différents principes de mesurage (dispersion de la lumière ou extinction de la lumière) ont donné des résultats de comptages des particules différents lorsque l'analyse était réalisée avec de l'ACFTD ou des échantillons similaires. Ceci étant dû aux différences des propriétés optiques du latex et de la silice. Il en a donc été conclu que le polluant d'étalonnage des CAP devait être similaire en termes optiques aux polluants généralement utilisés dans le cadre des essais de filtres.

Afin d'élaborer une méthode d'étalonnage des compteurs de particules qui soit traçable, le NIST a été chargé en 1993 de certifier la distribution granulométrique des suspensions de l'ISO MTD. Les suspensions certifiées, c'est-à-dire le matériau de référence normalisé MRN NIST 2806, consistent en des suspensions à 2,8 mg/L d'ISO MTD dans le fluide hydraulique MIL-H-5606. Les techniques de microscopie électronique à balayage et d'analyses statistiques ont été utilisées pour mesurer les diamètres équivalents des surfaces projetées des particules d'ISO MTD et pour déterminer la distribution granulométrique du MRN. Le diamètre équivalent de la surface projetée est utilisé comme base de la détermination de la taille de particule car elle approche avec plus de précision la dimension réellement mesurée par les compteurs automatiques de particules que la dimension de corde la plus longue utilisée pour définir la distribution granulométrique de l'ACFTD. Un capteur de particules mesure le changement d'intensité de la lumière provoqué par la présence d'une particule dans sa zone de détection. Dans un sens, un capteur à absorption de lumière mesure la taille de l'ombre portée par une particule. La différence entre la dimension de la corde la plus longue et le diamètre équivalent de la surface projetée est illustrée à la Figure 1.

Comme illustré à la Figure 2 pour l'ISO MTD, les distributions granulométriques obtenues en utilisant l'étalonnage NIST diffèrent considérablement de celles obtenues en utilisant un CAP étalonné avec l'ACFTD. Les résultats présentés sur la figure sont ceux d'une distribution granulométrique de 2,8 mg/L d'ISO MTD analysés par le NIST et par des compteurs étalonnés avec l'ACFTD, obtenus lors d'essais circulaires réalisés sous le contrôle de l'ISO TC 131/SC 8/WG 9. Deux caractéristiques intéressantes apparaissent sur la figure. Pour les tailles inférieures à 10 µm, un nombre beaucoup plus important de particules a été observé avec un étalonnage NIST qu'avec un étalonnage ACFTD. Les nombres supérieures de particules sont le résultat d'une meilleure sensibilité de la microscopie électronique comparée à la microscopie optique. Pour les tailles supérieures à 10 µm, un nombre moins élevé de particules a été observé avec l'étalonnage NIST. Ceci est essentiellement dû au fait que le NIST a relevé le diamètre équivalent de la surface projetée des particules, lequel est inférieur à la dimension de la corde la plus longue utilisée pour générer la distribution granulométrique publiée de l'ACFTD (voir la Figure 1).

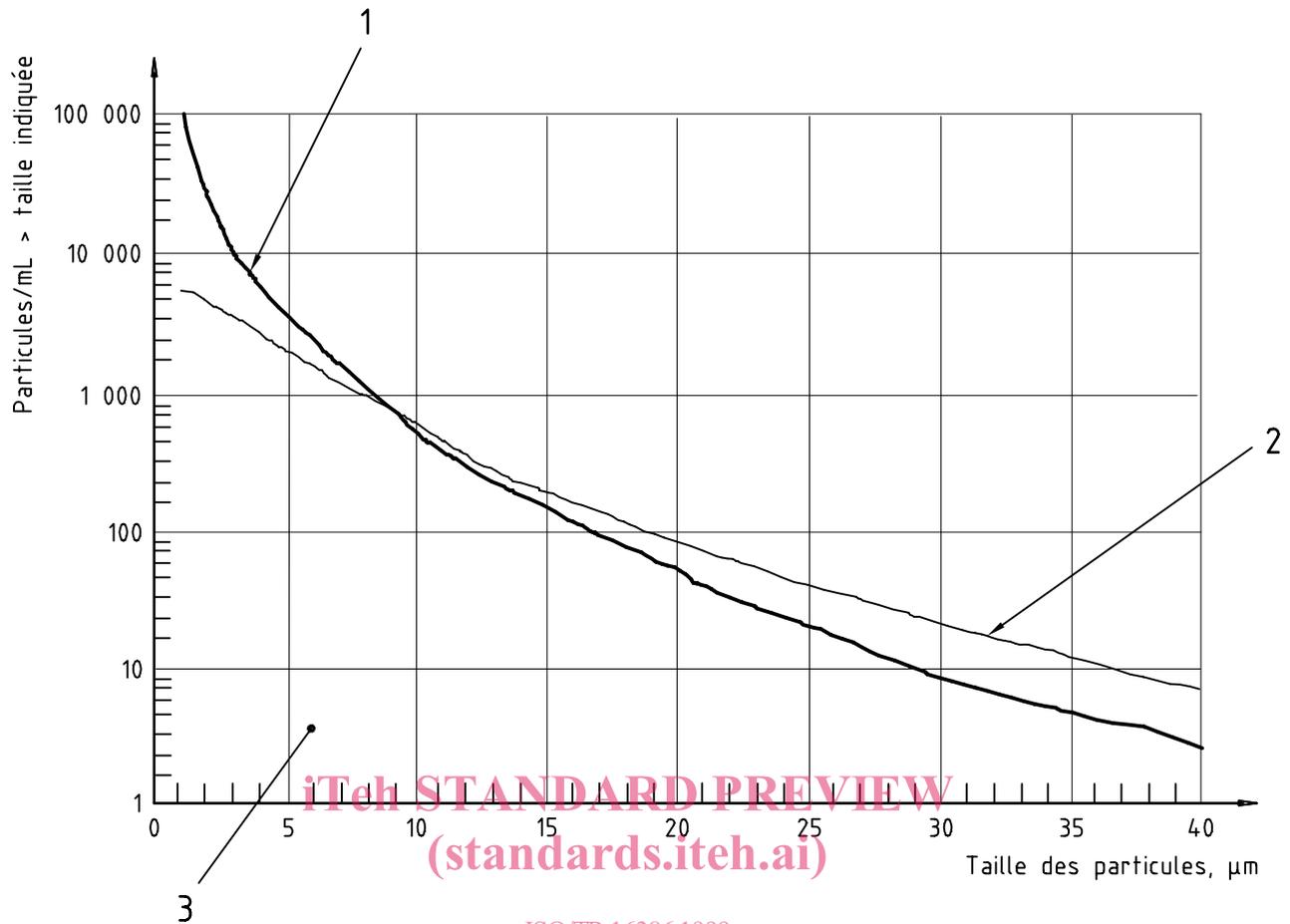
Les révisions apportées à l'ISO 4402 (étalonnage des compteurs de particules) et à l'ISO 4572 (essai de filtres en circuit fermé), et l'ISO 11943 (étalonnage des compteurs de particules en ligne) utilisent toutes l'ISO MTD et offrent une traçabilité avec le MRN 2806 du NIST. Il est prévu qu'il en résulte une amélioration de la qualité et de la fiabilité du comptage de particules et des données d'essai de filtres. Une série d'essais circulaires internationaux a été réalisée en 1995 pour évaluer ces révisions et les résultats sont abordés très largement dans les annexes informatives de chacune des normes ISO considérées.



**Légende**

- 1 Taille réelle
- 2 Comme décrite par l'ISO 4402 (distribution granulométrique de l'ACFTD)
- 3 Comme décrite par le NIST (distribution granulométrique du NIST), diamètre équivalent de la surface projetée
- 4 Dimension de la corde la plus longue  $d = 13 \mu\text{m}$
- 5 Surface =  $78,5 \mu\text{m}^2$
- 6 Surface =  $78,5 \mu\text{m}^2$
- 7 Diamètre équivalent de la surface  $d = 10 \mu\text{m}$

**Figure 1 — Taille de la particule ( $d$ ) telle que définie en utilisant la dimension de la corde la plus longue et le diamètre équivalent de la surface projetée**



ISO/TR 16386:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/789ea1a6-82c4-48c7-ac39-27e4723d4f91/iso-tr-16386-1999>

**Légende**

- 1 Étalonnage NIST
- 2 Étalonnage ACFTD
- 3 2,8 mg/L de Poudre d'Essai ISO Moyenne

**Figure 2 — Comparaison de la distribution granulométrique de la Poudre d'Essai ISO Moyenne telle que mesurée avec l'ACFTD (ISO 4402) et avec la nouvelle méthode d'étalonnage traçable du NIST (ISO 11171)**

## 5 Pourquoi ces modifications étaient-elles nécessaires ?

L'ISO et les autres organismes de normalisation sont chargés d'élaborer des normes industrielles, techniquement fiables, permettant d'effectuer des comparaisons valables entre des données provenant de sources différentes. Ces normes permettent de comparer des résultats obtenus par différents fabricants ou laboratoires qui réalisent des essais conformément à la même norme industrielle. Pour cette raison, l'ISO encourage l'utilisation de matériaux de référence certifiés pour l'étalonnage. Par le passé, l'ACFTD, un matériau de référence non certifié, a été utilisé à la fois pour les essais de filtres en circuit fermé et pour l'étalonnage des CAP. Même si la méthode faisant appel à l'ACFTD a longtemps été utilisée pour établir un étalonnage commun entre les laboratoires, elle présente des défauts qui affectent la précision des résultats et la concordance entre les laboratoires. De plus, le fait que l'ACFTD ne soit plus disponible dans le commerce constitue un problème encore plus important.

Du point de vue de l'étalonnage des CAP, la méthode avec l'ACFTD présente plusieurs points faibles inhérents, dont le plus important est peut-être que la distribution granulométrique de l'ACFTD n'est ni certifiée ni traçable. La précision de l'étalonnage dépend de la précision de la distribution granulométrique de référence. Depuis un certain temps, on sait que les techniques de microscopie électronique moderne et de comptage par mesure de conductivité électrique donnent des distributions granulométriques différentes de celles de l'ACFTD (ISO 4402) obtenues par microscopie optique, en particulier pour les particules inférieures à environ 10 µm. La distribution granulométrique publiée de l'ACFTD est basée sur des analyses effectuées à la fin des années 1960 sur des lots