
**Représentation de données obtenues par
analyse granulométrique —**

Partie 4:

Caractérisation d'un processus de triage

*Representation of results of particle size analysis —
Part 4: Characterization of a classification process*
(standards.iteh.ai)

ISO 9276-4:2001

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a79b82e-09e7-4eea-9dae-1022862e2a6d/iso-9276-4-2001>



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 9276-4:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a79b82e-09e7-4eea-9dae-1022862e2a6d/iso-9276-4-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a79b82e-09e7-4eea-9dae-1022862e2a6d/iso-9276-4-2001>

© ISO 2001

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.ch
Web www.iso.ch

Imprimé en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application.....	1
2 Symboles et termes abrégés.....	2
2.1 Symboles pour les termes spécifiques.....	2
2.2 Indices.....	3
3 Caractérisation d'un processus de triage reposant sur des courbes de distribution exemptes d'erreurs et des bilans de masses.....	3
3.1 Courbes de distribution différentielle représentant un processus de triage.....	3
3.2 Bilans des masses et des nombres de particules.....	4
3.3 Définitions du diamètre de coupure, x_e.....	5
3.4 Rendement de séparation, T, courbe de rendement de séparation (courbe de Tromp), $T(x)$.....	7
3.5 Mesures de la résolution de coupure.....	8
4 Influence des erreurs systématiques sur la détermination de la courbe de rendement de séparation.....	10
4.1 Généralités.....	10
4.2 Erreur systématique due à un processus de partage dans le séparateur.....	10
4.3 Dispersion incomplète du matériau de charge.....	11
4.4 Influence de la comminution de la charge dans le séparateur.....	11
Annexe A (informative) Influence des erreurs stochastiques sur l'évaluation des courbes de rendement de séparation.....	13
Bibliographie.....	18

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 3.

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 de la présente partie de l'ISO 9276 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.

La Norme internationale ISO 9276-4 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 24, *Tamis, tamisage et autres méthodes de séparation granulométrique*, sous-comité SC 4, *Granulométrie par procédés autres que tamisage*.

L'ISO 9276 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Représentation de données obtenues par analyse granulométrique*:

- <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a79b82e-09e7-4eea-9dae-1022862e2a6d/iso-9276-4-2001>
(standards.iteh.ai)
- *Partie 1: Représentation graphique*
 - *Partie 2: Calculs des tailles/diamètres moyens des particules et des moments à partir de distributions granulométriques*
 - *Partie 3: Ajustement d'une courbe cumulative expérimentale à un modèle de référence*
 - *Partie 4: Caractérisation d'un processus de triage*
 - *Partie 5: Validation des calculs liés aux analyses granulométriques utilisant une représentation de distribution granulométrique log-normale (conversion dimensionnelle)*

L'annexe A de la présente partie de l'ISO 9276 est donnée uniquement à titre d'information.

Introduction

Les processus de triage utilisés pour l'analyse granulométrique, comme les impacteurs, les tamis, etc., décomposent la masse de la charge ou du matériau de charge, m_s , ou le nombre de particules correspondant, n_s , dont la distribution granulométrique est décrite par sa distribution différentielle, $q_{r,s}(x)$, en une fraction fine de masse, m_f , ou de nombre, n_f , et de distribution différentielle, $q_{r,f}(x)$, et en une fraction grossière de masse, m_c , ou de nombre, n_c , et de distribution différentielle, $q_{r,c}(x)$. Le type de grandeur choisi pour l'analyse est désigné par l'indice, r , et la charge ou le matériau de charge et les fractions fine et grossière sont respectivement indiqués par les indices complémentaires suivants: s, f et c. Voir Figure 1.

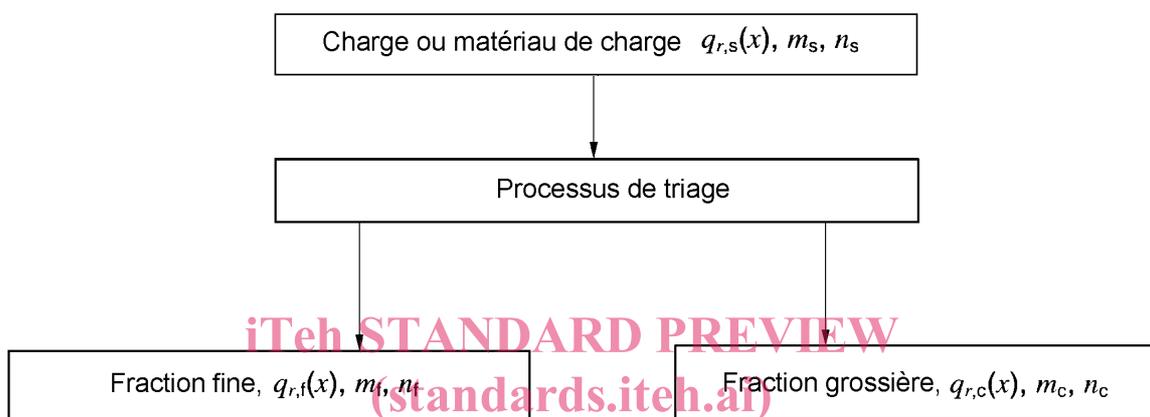


Figure 1 — Fractions et distributions obtenues par un processus de triage en une étape

Pour caractériser des processus aboutissant à plusieurs fractions grossières, par exemple les impacteurs à cascade, s, f et c peuvent être remplacés par les chiffres 0, 1 et 2. Dans ce cas, le chiffre 3 par exemple indique une deuxième fraction grossière contenant des particules plus grosses que la fraction 2.

On prendra pour hypothèse que la taille, x , d'une particule est décrite par le diamètre d'une sphère. Selon le problème rencontré, la taille, x , peut néanmoins aussi représenter le diamètre équivalent d'une autre forme quelconque.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 9276-4:2001

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a79b82e-09e7-4eea-9dae-1022862e2a6d/iso-9276-4-2001>

Représentation de données obtenues par analyse granulométrique —

Partie 4: Caractérisation d'un processus de triage

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 9276 a pour principal objet de fournir la base de calcul mathématique pour la caractérisation du processus de triage. La présente partie de l'ISO 9276 ne se limite pas à une application à l'analyse granulométrique, car le même mode opératoire peut être utilisé pour la caractérisation d'un processus de triage technique (par exemple triage par courant gazeux ou triage par centrifugation) ou d'un processus de séparation (par exemple cyclone gazeux ou hydrocyclone).

À l'article 3, la caractérisation du processus de triage se fonde sur l'hypothèse que les courbes de distribution différentielle décrivant le matériau de charge et les fractions, ainsi que le bilan global des masses, sont exemptes d'erreurs. À l'article 4 est décrite l'influence des erreurs systématiques sur le rendement du processus de triage. L'effet des erreurs stochastiques sur la caractérisation d'un processus de triage est décrit à l'annexe A.

2 Symboles et termes abrégés

2.1 Symboles pour les termes spécifiques

Voir Tableau 1.

Tableau 1 — Symboles pour les termes spécifiques

Symbole	Terme
A	Paramètres dérivés des courbes de distribution cumulative
E	Erreur de bilan des masses, distributions cumulatives
I	Imperfection
$K(x)$	Distribution cumulative corrigée
m	Masse
n	Nombre total de classes granulométriques, nombre de particules
$q_r(x)$	Courbe de distribution différentielle
$Q_r(x)$	Courbe de distribution cumulative
$\Delta Q_{r,i}$	Différence entre deux valeurs de distribution cumulative, quantité relative de la $i^{\text{ème}}$ classe granulométrique, Δx_i
s^2	Variance
t	Coefficient de Student
T	Rendement de séparation
T_o	Triage global ou rendement de séparation
$T(x)$	Courbe de rendement de séparation
x	Diamètre de la particule, diamètre d'une sphère
x_a	Diamètre de coupure analytique
x_e	Diamètre de coupure équiprobable, valeur médiane d'une dimension particulière sur une courbe de rendement de séparation
x_i	Limite supérieure de la $i^{\text{ème}}$ classe granulométrique
x_{i-1}	Limite inférieure de la $i^{\text{ème}}$ classe granulométrique
Δx_i	Étendue de la $i^{\text{ème}}$ classe granulométrique
x_{\max}	Taille au-dessus de laquelle il n'y a pas de particules dans une distribution granulométrique donnée
x_{\min}	Taille au-dessous de laquelle il n'y a pas de particules dans une distribution granulométrique donnée
α	Angle de pente, somme pondérée des variances
ε	Erreur de bilan des masses, distribution différentielle
$\eta_{r,i} = Q_{r,s,i} - Q_{r,c,i}$	Variable
κ	Résolution des paramètres de coupure obtenus pour les tailles granulométriques caractéristiques
v	Quantité relative
$\xi_{r,i} = Q_{r,f,i} - Q_{r,c,i}$	Variable
τ	Quantité de particules ne participant pas au processus de triage
ϕ	Variable

2.2 Indices

Voir Tableau 2.

Tableau 2 — Indices

Symbole	Signification
c	Fraction grossière (deuxième indice après r)
f	Fraction fine (deuxième indice après r)
i	Numéro de classe granulométrique avec limite supérieure: x_i
r	Type de grandeur d'une distribution différentielle ^a (description générale)
s	Charge ou matériau de charge (deuxième indice après r)
0	Remplace s dans le cas où il y a plus d'une fraction grossière
1	Remplace f dans le cas où il y a plus d'une fraction grossière
2	Remplace c dans le cas où il y a plus d'une fraction grossière

^a Par exemple $r = 3$ si type de grandeur = volume ou masse.

iTeh STANDARD PREVIEW

3 Caractérisation d'un processus de triage reposant sur des courbes de distribution exemptes d'erreurs et des bilans de masses

3.1 Courbes de distribution différentielle représentant un processus de triage

Dans un processus de triage, une charge ou un matériau de charge donné (indice s) est séparé au minimum en deux parties, appelées fraction fine (indice f) et fraction grossière (indice c). S'il était possible d'obtenir un triage *idéal*, la fraction fine contiendrait, comme le montre la Figure 2, des particules inférieures ou égales à une certaine classe, x_e , appelée diamètre de coupure, et la fraction grossière contiendrait toutes les particules supérieures à cette classe.

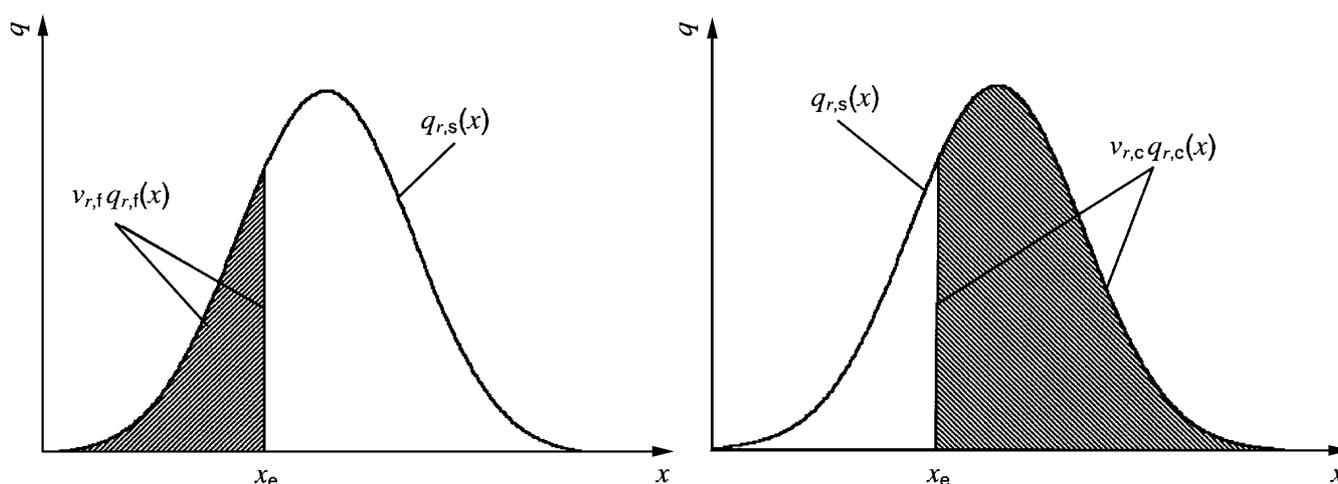


Figure 2 — Distributions différentielles pondérées du matériau de charge $q_{r,s}(x)$ et des fractions fine et grossière d'un processus de triage *idéal*

Les aires hachurées situées sous la courbe des distributions différentielles pondérées du produit fin et du produit grossier représentent la masse relative, $v_{3,f}$, ou le nombre de particules, $v_{0,f}$, de la fraction fine, $v_{r,f}$, et de la fraction grossière, $v_{r,c}$, dont la somme est égale à 100 % ou à 1.

Toutefois, *dans la réalité*, sur une étendue granulométrique telle que $x_{\min,c} < x < x_{\max,f}$, des particules de même taille, x , sont présentes à la fois dans la fraction fine et dans la fraction grossière. Les courbes de distribution différentielle des fractions fine et grossière se chevauchent et se coupent dans cette étendue granulométrique. Le point d'intersection, tel qu'il est représenté à la Figure 3, correspond à un diamètre de coupure, appelé diamètre de coupure équiprobable, x_e (voir 3.3.2).

Les particules de taille inférieure au diamètre de coupure, x_e , dans la fraction grossière, ou de taille supérieure à x_e dans la fraction fine, ont été mal triées.

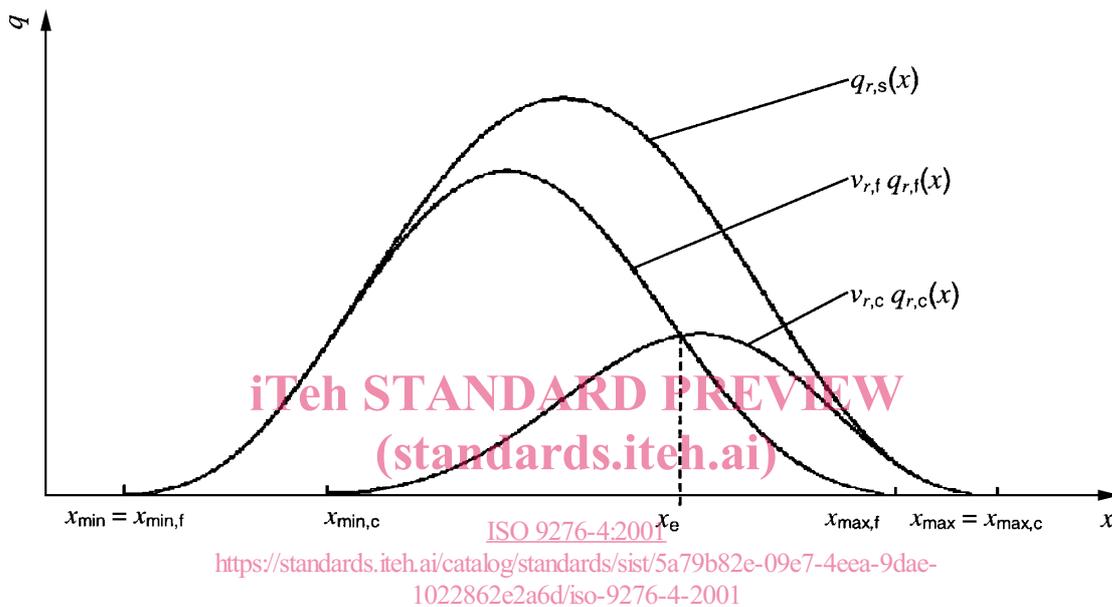


Figure 3 — Distributions différentielles pondérées du matériau de charge, $q_{r,s}(x)$, de la fraction fine, $v_{r,f} q_{r,f}(x)$, et de la fraction grossière, $v_{r,c} q_{r,c}(x)$, d'un processus de triage réel

3.2 Bilans des masses et des nombres de particules

3.2.1 Bilan des masses et des nombres de particules dans la classe granulométrique de x_{\min} à x_{\max}

Le processus de triage divise la masse, m_s , ou le nombre de particules correspondant, n_s , du matériau de charge en une masse, m_f , ou un nombre de particules, n_f , de matériau fin et en une masse, m_c , ou un nombre de particules correspondant, n_c , de matériau grossier. On obtient alors:

$$m_s = m_f + m_c \quad \text{ou} \quad n_s = n_f + n_c \quad (1)$$

et

$$1 = \frac{m_f}{m_s} + \frac{m_c}{m_s} \quad \text{ou} \quad 1 = \frac{n_f}{n_s} + \frac{n_c}{n_s} \quad (2)$$

$$1 = v_{3,f} + v_{3,c} \quad \text{ou} \quad 1 = v_{0,f} + v_{0,c} \quad (3)$$

$v_{r,f}$ représente la quantité relative de la fraction fine, et $v_{r,c}$ la quantité relative de la fraction grossière.

Sur les Figures 2 et 3, $v_{r,f}$ et $v_{r,c}$ sont représentés par les aires situées sous les courbes de distribution différentielle pondérée des fractions fine, $v_{r,f} q_{r,f}(x)$, et grossière, $v_{r,c} q_{r,c}(x)$. L'aire située sous la courbe de distribution différentielle du matériau de charge, $q_{r,s}(x)$, est égale à 1.

3.2.2 Bilan des masses et des nombres de particules dans la classe granulométrique de x à $x + dx$

Le processus de triage affecte les particules d'une certaine taille, x , présentes dans le matériau de charge soit dans la fraction fine, soit dans la fraction grossière. La quantité de particules du matériau de charge, $dQ_{r,s}(x)$, est par conséquent divisée en deux fractions: $v_{r,f} dQ_{r,f}(x)$ et $v_{r,c} dQ_{r,c}(x)$.

$$dQ_{r,s}(x) = v_{r,f} dQ_{r,f}(x) + v_{r,c} dQ_{r,c}(x) \quad (4)$$

En remplaçant $dQ_r(x)$ par l'équation 5

$$dQ_r(x) = q_r(x)dx \quad (5)$$

on obtient:

$$q_{r,s}(x) = v_{r,f} q_{r,f}(x) + v_{r,c} q_{r,c}(x) \quad (6)$$

L'équation 6 doit être utilisée pour tracer l'ensemble des courbes de distribution différentielle de la Figure 3. Il convient de noter que, sur la Figure 3, seules trois des variables de l'équation 6 peuvent être choisies de manière arbitraire. Si, par exemple, deux distributions différentielles et la quantité relative de matériau fin ou grossier, $q_{r,s}(x)$, $q_{r,f}(x)$ et $v_{r,f}$ sont données, alors $q_{r,c}(x)$ et $v_{r,c}$ sont fixes.

3.2.3 Bilan des masses et des nombres de particules dans l'étendue granulométrique de x_{\min} à x

Le calcul de l'intégrale de l'équation 6 entre x_{\min} et x donne:

$$Q_{r,s}(x) = v_{r,f} Q_{r,f}(x) + v_{r,c} Q_{r,c}(x) \quad (7)$$

3.2.4 Évaluation indirecte de $v_{r,f}$ et de $v_{r,c}$

Dans de nombreux cas d'application pratique, $v_{r,f}$ et $v_{r,c}$ ne peuvent pas être calculés à partir des masses ou débits massiques appropriés, car ces données ne sont pas disponibles, difficiles à mesurer, etc. Cependant, si des échantillons représentatifs du matériau de charge, de la fraction fine et de la fraction grossière ont été mesurés, les équations 3 et 6 ou 7 peuvent être utilisées pour le calcul de $v_{r,f}$ ou de $v_{r,c}$. On obtient en introduisant l'équation 3 dans les équations 6 et 7 et en les résolvant par rapport à $v_{r,f}$ l'équation suivante:

$$v_{r,f} = 1 - v_{r,c} = \frac{Q_{r,s}(x) - Q_{r,c}(x)}{Q_{r,f}(x) - Q_{r,c}(x)} = \frac{q_{r,s}(x) - q_{r,c}(x)}{q_{r,f}(x) - q_{r,c}(x)} \quad (8)$$

Si les distributions cumulatives $Q_{r,s}(x)$, $Q_{r,f}(x)$ et $Q_{r,c}(x)$ sont exemptes d'erreurs, c'est-à-dire si le bilan des masses selon les équations 6 et 7 ne laisse pas de reste, $v_{r,f}$ ou $v_{r,c}$ seront constants et indépendants de la taille x .

3.3 Définitions du diamètre de coupure, x_e

3.3.1 Généralités

En principe, toute valeur de x comprise entre $x_{\min c}$ et $x_{\max f}$, c'est-à-dire dans la classe granulométrique dans laquelle les distributions différentielles des fractions fine et grossière se chevauchent, peut être utilisée comme diamètre de coupure.

Deux définitions suivantes sont généralement utilisées, comme indiqué en 3.3.2 et 3.3.3.