
**Analyse par microfaisceaux —
Analyse par microsonde électronique
(microsonde de Castaing) —
Vocabulaire**

*Microbeam analysis — Electron probe microanalysis (EPMA) —
Vocabulary*

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

[ISO 23833:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5bbc47dc-660b-4b24-9e3d-acd4777439a3/iso-23833-2013)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5bbc47dc-660b-4b24-9e3d-
acd4777439a3/iso-23833-2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5bbc47dc-660b-4b24-9e3d-acd4777439a3/iso-23833-2013)



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 23833:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5bbc47dc-660b-4b24-9e3d-acd4777439a3/iso-23833-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5bbc47dc-660b-4b24-9e3d-acd4777439a3/iso-23833-2013>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2013

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au 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 Abréviations | 1 |
| 3 Définitions de termes généraux utilisés dans l'analyse par microsonde de Castaing | 1 |
| 4 Définition de termes utilisés pour décrire l'instrumentation EPMA | 7 |
| 5 Définition de termes utilisés en EPMA | 18 |
| Bibliographie..... | 28 |

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 23833:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5bbc47dc-660b-4b24-9e3d-acd4777439a3/iso-23833-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5bbc47dc-660b-4b24-9e3d-acd4777439a3/iso-23833-2013>

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 23833 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 202, *Analyse par microfaisceaux*, sous-comité SC 1, *Terminologie*.

La Société européenne d'analyse par microfaisceaux (EMAS) a contribué à la préparation de ce document.

Cette deuxième édition de l'ISO 23833 annule et remplace la première édition (ISO 23833:2006), dont elle constitue une révision mineure.

La présente Norme internationale est liée par référence croisée à la norme relative au vocabulaire de l'analyse chimique des surfaces préparée par l'ISO/TC 201 (ISO 18115-1:2010).

Introduction

L'analyse de rayons X par microsonde électronique ou microsonde de Castaing (EPMA) est une technique moderne utilisée pour déterminer sur le plan qualitatif et mesurer sur le plan quantitatif la composition élémentaire de matériaux solides, y compris des alliages métalliques, céramiques, verres, minéraux, polymères, poudres etc., sur une échelle spatiale d'environ un micromètre latéralement et en profondeur. L'EPMA est basée sur le mécanisme physique de l'émission de rayons X stimulée par des électrons et de la spectrométrie X.

Étant l'un des principaux sous-domaines de l'analyse par microfaisceaux, la technique EPMA est largement appliquée dans différents secteurs de l'économie (hautes technologies, industries de base, métallurgie et géologie, biologie et médecine, protection de l'environnement, commerce, etc.) et elle présente un vaste environnement commercial pour la normalisation.

La normalisation de la terminologie dans un domaine technique donné est l'une des conditions de base préalables au développement de normes sur d'autres aspects de ce domaine.

La présente Norme internationale répond à la nécessité de disposer d'un vocabulaire EPMA contenant des définitions cohérentes de termes qui sont utilisés dans la pratique de l'analyse par microsonde électronique, par les communautés scientifiques et techniques internationales qui emploient cette technique.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 23833:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5bbc47dc-660b-4b24-9e3d-acd4777439a3/iso-23833-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5bbc47dc-660b-4b24-9e3d-acd4777439a3/iso-23833-2013>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 23833:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5bbc47dc-660b-4b24-9e3d-acd4777439a3/iso-23833-2013>

Analyse par microfaisceaux — Analyse par microsonde électronique (microsonde de Castaing) — Vocabulaire

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit des termes employés dans la pratique de l'analyse par microsonde électronique (microsonde de Castaing). Elle couvre à la fois des concepts généraux et des concepts spécifiques, classés selon le rang hiérarchique qu'ils occupent dans un ordre systématique.

La présente Norme internationale est applicable à tous les documents de normalisation relatifs à la pratique de l'EPMA. En outre, certaines parties de la présente Norme internationale sont applicables aux documents relatifs à la pratique de techniques apparentées (MEB, AEM, EDX, etc.) pour la définition des termes communs à ces techniques.

2 Abréviations

| | |
|------|--|
| BSE | électron rétrodiffusé |
| MRC | matériau de référence certifié |
| EDS | spectromètre à sélection d'énergie |
| EDX | spectrométrie X à sélection d'énergie |
| EPMA | analyse par microsonde de Castaing ou microsonde de Castaing |
| eV | électronvolt |
| keV | kiloélectronvolt |
| MR | matériau de référence |
| SE | électron secondaire |
| MEB | microscope électronique à balayage |
| WDS | spectromètre à dispersion de longueur d'onde |
| WDX | spectrométrie X à dispersion de longueur d'onde |

3 Définitions de termes généraux utilisés dans l'analyse par microsonde de Castaing

3.1 analyse par microsonde de Castaing EPMA

technique d'analyse élémentaire à résolution spatiale, basée sur la spectrométrie X par excitation d'électrons, utilisant une sonde électronique focalisée et un volume d'interaction des électrons ayant des dimensions micrométriques à submicrométriques

3.1.1

EPMA qualitative

mode opératoire de l'EPMA entraînant l'identification des éléments présents dans le volume d'interaction provoqué par l'excitation d'électrons, par une méthode systématique de reconnaissance et d'affectation des pics de spectres de rayons X à des éléments spécifiques

3.1.2

EPMA quantitative

mode opératoire entraînant l'affectation de valeurs numériques pour représenter les concentrations de constituants élémentaires qui avaient été identifiées précédemment dans le volume d'interaction provoqué par l'excitation d'électrons lors de la phase d'analyse qualitative de l'EPMA

Note 1 à l'article: L'analyse quantitative peut être réalisée en comparant les intensités inconnues de pics X aux intensités de pics X mesurées dans les mêmes conditions sur un ou des matériaux de référence, ou bien en calculant la concentration à partir des premiers principes (également connue sous le nom d'analyse sans témoin).

3.2

microsonde de Castaing

instrument permettant de réaliser une microanalyse de rayons X émis par excitation d'électrons

Note 1 à l'article: Cet instrument est généralement équipé de plus d'un seul spectromètre de longueur d'onde et d'un microscope optique pour positionner les échantillons avec fidélité.

3.3

diffusion d'électrons

écart de trajectoire et/ou d'énergie cinétique subi par les électrons d'un faisceau énergétique incident suite à une interaction avec un atome ou électron de l'échantillon

3.3.1

angle de diffusion

angle entre la direction de la particule ou du photon incident et la direction que prend la particule ou le photon après la diffusion

[ISO 18115-1:2010]

3.3.2

rétrodiffusion

échappement d'électrons du faisceau en dehors de l'échantillon, suite à des événements de diffusion suffisants pour faire en sorte que les trajectoires croisent la surface d'entrée de l'échantillon

3.3.2.1

coefficient de rétrodiffusion

η
fraction d'électrons du faisceau qui sont rétrodiffusés, définie par l'équation suivante:

$$\eta = n(BS)/n(B)$$

où $n(B)$ est le nombre d'électrons incidents et $n(BS)$ le nombre d'électrons rétrodiffusés

3.3.2.2

électron rétrodiffusé

électron éjecté de la surface d'entrée de l'échantillon par un processus de rétrodiffusion

3.3.2.3

distribution angulaire d'électrons rétrodiffusés

distribution d'électrons rétrodiffusés en tant que fonction de l'angle relatif à la normale de la surface

3.3.2.4

distribution en profondeur d'électrons rétrodiffusés

distribution d'électrons rétrodiffusés en tant que fonction de la profondeur maximale atteinte dans l'échantillon avant qu'ils ne reviennent à la surface d'entrée pour quitter l'échantillon

3.3.3**approximation de la perte d'énergie continue**

description mathématique de la perte d'énergie par la propagation rapide d'électrons dans la matière, selon laquelle tous les processus inélastiques discrets sont donnés approximativement sous la forme d'un processus unique de perte d'énergie continue

Note 1 à l'article: Appelée aussi approximation du ralentissement continu (CSDA).

3.3.4**diffusion élastique**

interaction d'un électron énergétique issu du faisceau incident et d'un atome de l'échantillon, pendant laquelle l'énergie de l'électron reste principalement inchangée mais sa trajectoire est modifiée selon un angle compris entre 0 et π rad (180°), avec une moyenne d'environ 0,1 rad

3.3.5**diffusion inélastique**

interaction d'un électron énergétique issu du faisceau incident et d'un atome ou électron de l'échantillon, pendant laquelle l'énergie cinétique est perdue pour l'échantillon par divers mécanismes (génération d'électrons secondaires, bremsstrahlung, ionisation de la couche interne, excitation du plasmon et du photon)

Note 1 à l'article: Pour la diffusion inélastique, la trajectoire des électrons est modifiée selon un angle faible, généralement inférieur à 0,01 rad.

3.3.6**section efficace de diffusion**

nombre d'événements de diffusion par unité de surface
description mathématique de la probabilité d'un événement de diffusion (élastique ou inélastique)

Note 1 à l'article: Voir *section efficace d'ionisation* (3.4.4).

Note 2 à l'article: La section efficace de diffusion est généralement exprimée simplement comme une surface, en cm^2 . Le nombre d'événements de diffusion par unité de surface est exprimé par le nombre d'événements/(atomes/ cm^2).

3.3.7**effet de diffusion**

phénomène physique mesurable tel que la rétrodiffusion d'électrons ou la perte de génération de rayons X, résultant de la modification de la trajectoire et/ou de l'énergie cinétique d'un électron du faisceau énergétique incident, par des processus de diffusion dans l'échantillon

3.3.8**électron secondaire**

électron d'un échantillon, émis suite à la diffusion inélastique de l'électron primaire du faisceau par des électrons de valence faiblement liés de l'échantillon

Note 1 à l'article: Les électrons secondaires ont par convention une énergie inférieure à 50 eV.

3.4**rayon X**

photon de rayonnement électromagnétique créé par l'ionisation de la couche interne ou par décélération d'un électron énergétique dans le champ coulombien d'un atome

3.4.1**rayon X caractéristique**

photon de rayonnement électromagnétique créé par la relaxation d'un état atomique excité créé par l'ionisation de la couche interne suite à la diffusion inélastique d'un électron ou d'un ion énergétique, ou par absorption d'un photon X

3.4.2

rayon X continu

photon de rayonnement électromagnétique créé par décélération (mécanisme de diffusion inélastique) d'un électron énergétique dans le champ coulombien d'un atome

3.4.3

rendement de fluorescence

ω

fraction d'événements d'ionisation de la couche interne qui provoquent l'émission de rayons X caractéristiques pendant la désexcitation qui suit

Note 1 à l'article: Le rendement de fluorescence est indépendant de la méthode d'ionisation.

3.4.4

section efficace d'ionisation

nombre d'événements d'ionisation par unité de surface

description mathématique de la probabilité d'ioniser un atome en rejetant un électron atomique d'une couche particulière d'électrons liés dans le vide non lié ou continuum

Note 1 à l'article: Voir *section efficace de diffusion* (3.3.6).

Note 2 à l'article: La section efficace d'ionisation est généralement exprimée simplement comme une surface, en cm^2 ou en barns (10^{-24}cm^2). La probabilité d'événements d'ionisation est exprimée par le nombre d'événements/ (atomes/ cm^2).

Note 3 à l'article: La section efficace d'ionisation est généralement désignée par Q , qui est défini par l'expression mathématique suivante: $dn = Q(N\rho/A)dx$ où dn est le nombre d'événements d'ionisation qui se produisent à chaque incrément dx du trajet des électrons et $N\rho/A$ est le nombre d'atomes par unité de volume.

3.4.5

énergie d'ionisation

énergie d'excitation critique

énergie de seuil

énergie minimale requise pour ioniser un électron atomique, c'est-à-dire pour retirer un électron lié d'une couche (par exemple K, L, etc.) afin d'obtenir (au minimum) le continuum d'états énergétiques dans un solide

Note 1 à l'article: Les unités d'énergie d'ionisation sont l'électronvolt (eV) ou le kiloélectronvolt (keV).

3.4.6

valeur J

énergie d'ionisation moyenne, un paramètre critique dans les descriptions mathématiques de l'approximation de la perte d'énergie continue

3.4.7

loi de ralentissement

dE/ds

taux de perte d'énergie d'un électron primaire (à partir de tous les processus de diffusion inélastique) par rapport à la distance parcourue dans l'échantillon

Note 1 à l'article: La loi de ralentissement est exprimée comme étant la perte d'énergie par rapport à l'unité de distance (par exemple eV/nm).

3.4.8

effet de fluorescence X

fluorescence secondaire

absorption photoélectrique d'un rayon X (caractéristique ou bremsstrahlung) par un atome, donnant un état atomique excité qui se désexcitera avec une transition d'électron d'une couche à une autre et l'émission ultérieure d'un électron Auger ou d'un rayon X caractéristique de l'atome absorbant

3.4.9**génération de rayons X**

génération de rayons X dans l'échantillon sous l'effet du bombardement d'un faisceau incident (électrons, ions ou photons)

Note 1 à l'article: Les rayons X peuvent être générés par l'ionisation de couches atomiques internes (rayons X caractéristiques) ou par le processus de «rayonnement de freinage» (bremsstrahlung) (rayonnement du continuum ou rayonnement blanc).

3.5**absorption de rayons X**

atténuation de l'intensité de rayons X traversant la matière, due principalement à l'absorption photoélectrique pour les énergies X adaptées à l'EPMA

3.5.1**saut d'absorption**

énergie d'ionisation pour une couche ou sous-couche particulière d'une espèce d'atome

Note 1 à l'article: Les sauts d'absorption sont détectés dans des spectres comme des discontinuités du fond continu de rayons X (bremsstrahlung) dues à un changement net du coefficient d'absorption massique de rayons X à la discontinuité.

3.5.2**facteur d'absorption**

$f(\lambda)$

rapport entre l'intensité de rayons X émise et l'intensité générée vers le détecteur de rayons X

3.5.3**fonction de distribution en profondeur**

$\phi(\rho z)$

fonction décrivant la distribution de rayons X générés en fonction de la profondeur en dessous de la surface de l'échantillon

Note 1 à l'article: ρz est exprimé en unités de masse multipliées par l'épaisseur (profondeur).

3.5.4**discontinuité d'absorption**

<EPMA, TXRF> rapport du coefficient d'absorption des rayons X à une énergie située juste avant un saut d'absorption à celui obtenu à une énergie située juste après ce saut

Note 1 à l'article: Les spectres d'absorption des rayons X peuvent avoir des formes complexes pour les énergies de rayons X proches des seuils de photo-ionisation et un saut correctement défini n'est pas toujours observé au niveau du seuil.

[ISO 18115-1:2010]

3.5.5**coefficient d'absorption massique**

μ_1/ρ

paramètre matériel lié à la perte d'intensité des rayons X due uniquement à l'absorption photoélectrique pendant le passage dans la matière, où μ_1 est le coefficient d'absorption linéaire et ρ est la masse volumique du matériau

Note 1 à l'article: Les dimensions sont exprimées en unité de surface par unité de masse (exemple: cm²/g). Il est parfois fait référence à la section efficace d'absorption massique.

3.5.6

coefficient d'atténuation massique

μ/ρ

paramètre matériel lié à la perte d'intensité des rayons X due à l'ensemble des processus d'absorption et de diffusion pendant le passage dans la matière, déterminé par l'équation suivante:

$$I/I_0 = \exp[-(\mu/\rho)\rho s]$$

où I_0 est l'intensité des rayons X incidents, I est l'intensité restante après traversée sur une distance s du matériau, μ est le coefficient d'absorption linéaire, ρ est la masse volumique du matériau, s est l'épaisseur du trajet parcouru en cm

Note 1 à l'article: Les dimensions sont exprimées en unité de surface par unité de masse (exemple: cm^2/g). Il est parfois fait référence à la section efficace d'absorption massique.

3.5.7

profondeur massique

ρz

description d'une dimension comme produit de la distance linéaire (cm) et de la masse volumique (g/cm^3)

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en grammes par centimètres carrés.

3.5.8

angle d'émergence des rayons X

ψ

angle formé par la surface de l'échantillon et l'axe central du spectromètre X

3.6

spectre de rayons X

courbe de l'intensité de photons X en tant que fonction de l'énergie ou de la longueur d'onde

Note 1 à l'article: Le plus souvent, c'est le nombre de photons par unité de temps qui est représenté, mais d'autres mesures de l'intensité sont possibles.

3.6.1

spectre de rayons X caractéristiques

pics ou raies X associés à une espèce d'atome en particulier et générés par l'ionisation de la couche interne (causée par un photon, un ion ou un électron énergétique), suivie de transitions électroniques entre couches et de l'émission d'énergie excédentaire sous forme d'un photon

3.6.1.1

famille de raies X

ensemble systématique de rayons X caractéristiques produits en tant que résultat de tous les trajets possibles d'ionisation d'une couche/sous-couche particulière et des transitions électroniques entre les couches qui se produisent par la suite

3.6.1.2

raie K

une des émissions de raies caractéristiques provenant de l'ionisation de la couche K

3.6.1.3

spectre K

série de rayons X caractéristiques provenant de l'ionisation de la couche K d'un atome

3.6.1.4

raie L

une des émissions de raies caractéristiques provenant de l'ionisation de la couche L

3.6.1.5

spectre L

série de rayons X caractéristiques provenant de l'ionisation des couches L d'un atome