

NORME ISO
INTERNATIONALE 16610-29

Première édition
2015-05-01

**Spécification géométrique des
produits (GPS) — Filtrage —**

Partie 29:
**Filtres de profil linéaires: Ondelettes
splines**

iTeh STANDARD PREVIEW
Geometrical product specifications (GPS) — Filtration —
(standards.iteh.ai) **(standards.iteh.ai)**
Part 29: Linear profile filters: Spline wavelets

ISO 16610-29:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1b8c34a9-e471-4746-abbe-d7675660840d/iso-16610-29-2015>



Numéro de référence
ISO 16610-29:2015(F)

© ISO 2015

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 16610-29:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1b8c34a9-e471-4746-abbe-d7675660840d/iso-16610-29-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1b8c34a9-e471-4746-abbe-d7675660840d/iso-16610-29-2015>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2015

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.....	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Description générale des ondelettes	3
4.1 Généralités.....	3
4.2 Utilisation élémentaire des ondelettes.....	3
4.3 Transformation en ondelettes.....	4
4.4 Ondelette spline.....	5
4.5 Modèles mathématiques imbriqués.....	5
5 Recommandations	5
5.1 Ondelette spline.....	5
6 Désignation des filtres	5
Annexe A (normative) Famille d'ondelettes splines interpolantes	6
Annexe B (informative) Exemples d'application d'ondelettes splines interpolantes cubiques	10
Annexe C (informative) Vue d'ensemble des concepts	14
Annexe D (informative) Relation avec le modèle de matrice de filtrage	15
Annexe E (informative) Relation avec le modèle de matrice GPS	16
Bibliographie	17

ISO 16610-29:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1b8c34a9-e471-4746-abbe-d7675660840d/iso-16610-29-2015>

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures suivies pour élaborer le présent document et celles visant à assurer son maintien sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Les différents critères d'approbation nécessaires aux différents types de documents ISO doivent particulièrement être notés. Le présent document a été élaboré conformément aux règles éditoriales des directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

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. Des détails portant sur tout droit de propriété intellectuelle identifiés durant l'élaboration du présent document figureront à l'Introduction et/ou à la liste de déclarations de détention de brevet soumises à l'ISO (voir www.iso.org/patents).

Pour des raisons de commodités, toute référence à un nom commercial dans le présent document est faite à titre informatif pour les utilisateurs et ne saurait constituer une promotion de celui-ci.

Pour obtenir une explication sur la signification des termes spécifiques de l'ISO et les expressions relatives à l'évaluation de la conformité, ainsi que des informations sur l'adhérence de l'ISO aux principes de l'OMC dans les Obstacles techniques au commerce (OTC), aller à l'adresse URL suivante: [Foreword - Supplementary information](#)

Le comité technique responsable de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 213, *Spécifications et vérification dimensionnelles et géométriques des produits*.

Cette première édition annule et remplace de l'ISO/TS 16610-29:2006 qui a fait l'objet d'une révision technique.

L'ISO 16610 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Spécification géométrique des produits (GPS) - Filtrage*:

- *Partie 1: Vue d'ensemble et concepts de base*
- *Partie 20: Filtres de profil linéaires: Concepts de base*
- *Partie 21: Filtres de profil linéaires: Filtres gaussiens*
- *Partie 22: Filtres de profil linéaires: Filtres splines*
- *Partie 28: Filtres de profil: Effets de bords*
- *Partie 29: Filtres de profil linéaires: Ondelettes splines*
- *Partie 30: Filtres de profil robustes: Concepts de base*
- *Partie 31: Filtres de profil robustes: Filtres de régression gaussiens*
- *Partie 32: Filtres de profil robustes: Filtres splines*
- *Partie 40: Filtres de profil morphologiques: Concepts de base*
- *Partie 41: Filtres de profil morphologiques: Filtre disque et filtre segment de droite horizontal*
- *Partie 49: Filtres de profil morphologiques: Techniques d'analyse par espace d'échelle*

- *Partie 60: Filtres surfaciques linéaires: Concepts de base*
- *Partie 61: Filtres surfaciques linéaires: Filtres Gaussien*
- *Partie 71: Filtres surfaciques robustes: Filtres de régressions gaussiens*
- *Partie 85: Filtres surfaciques morphologiques: Segmentation*

Les parties suivantes sont prévues:

- *Partie 26: Filtres de profil linéaires: Filtrage selon une grille nominale orthogonale de données planes*
- *Partie 27: Filtres de profil linéaires: Filtrage selon une grille nominale orthogonale de données cylindriques*
- *Partie 45: Filtres de profil morphologiques: Segmentation*
- *Partie 62: Filtres de surface linéaires: Filtres splines*
- *Partie 69: Filtres de surface linéaires: Ondelettes splines*
- *Partie 70: Filtres de surface robustes: Concepts de base*
- *Partie 72: Filtres de surface robustes: Filtres splines*
- *Partie 80: Filtres de surface morphologiques: Concepts de base*
- *Partie 81: Filtres de surface morphologiques: Filtres à sphères et segments horizontaux plans*
- *Partie 89: Filtres de surface (morphologiques: Techniques d'analyse par espace d'échelle*

[ISO 16610-29:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1b8c34a9-e471-4746-abbe-d7675660840d/iso-16610-29-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1b8c34a9-e471-4746-abbe-d7675660840d/iso-16610-29-2015>

Introduction

La présente partie de l'ISO 16610 est une norme traitant de la spécification géométrique des produits (GPS) et doit être considérée comme une norme GPS globale (voir l'ISO/TR 14638). Elle influence les maillons 3 et 5 dans la structure de la matrice GPS.

Le schéma directeur ISO/GPS de l'ISO 14638 donne une vue d'ensemble du système ISO/GPS, dont l'ISO 16610 fait partie. Les principes fondamentaux du système ISO/GPS donnés dans l'ISO 8015 s'appliquent au présent document ISO 16610 et les règles de décision par défaut données dans l'ISO 14253-1 s'appliquent aux spécifications faites conformément au présent document, ISO 16610, sauf indication contraire.

Pour de plus amples informations sur les relations entre la présente partie de l'ISO 16610 et la matrice GPS, voir l'[Annexe E](#).

La présente partie de l'ISO 16610 expose également la terminologie et les concepts des filtres ondelette spline.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 16610-29:2015](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1b8c34a9-e471-4746-abbe-d7675660840d/iso-16610-29-2015>

Spécification géométrique des produits (GPS) — Filtrage —

Partie 29:

Filtres de profil linéaires: Ondelettes splines

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 16610 spécifie les caractéristiques des filtres à ondelettes splines utilisés pour les profils ainsi que les concepts pertinents. Elle définit la terminologie de base pour les filtres ondelette spline compactes ainsi que leur usage.

2 Références normatives

Les documents suivants, en tout ou partie, sont référencés de façon normative dans le présent document et sont indispensables à son application. 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 16610-1, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Filtrage — Partie 1: Vue d'ensemble et concepts de base*

ISO 16610-20, *Spécification géométrique des produits (GPS) - Filtrage - Partie 20: filtres de profil linéaires: Concepts de base*

ISO 16610-22, *Spécification géométrique des produits (GPS) - Filtrage - Partie 22: filtres de profil linéaires: Filtres splines*

ISO/IEC Guide 99:2007, *Vocabulaire international de métrologie — Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans le Guide ISO/IEC 99, l'ISO 16610-1, l'ISO 16610-20, l'ISO 16610-22 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

ondelette mère

fonction à une ou plusieurs variables qui forme le bloc de construction élémentaire pour l'analyse d'ondelettes associée à une fonction scalaire

Note 1 à l'article: Une ondelette mère qui en général s'intègre en donnant une valeur nulle, est localisée dans l'espace et a une largeur de bande finie. La [Figure 1](#) est un exemple d'ondelette mère à valeur réelle.

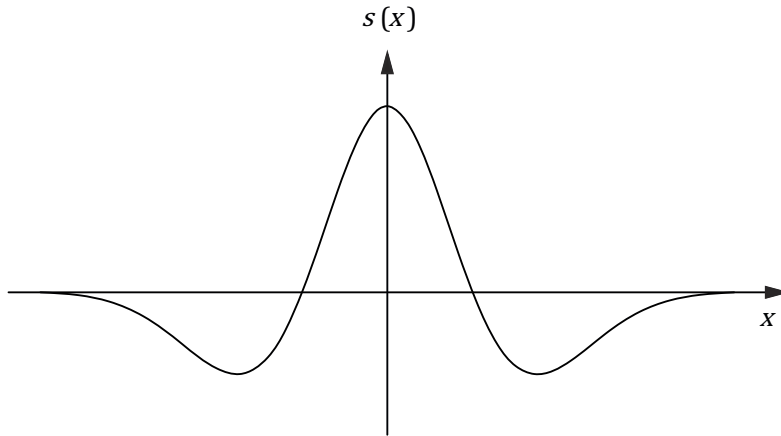


Figure 1 — Exemple d'ondelette mère à valeur réelle.

3.2
famille d'ondelettes

$g_{a,b}$
famille de fonctions obtenues à partir de l'ondelette mère (3.1) par dilatation et translation

Note 1 à l'article: Si $g(x)$ est l'ondelette mère, alors la famille d'ondelettes $g_{a,b}(x)$ est obtenue comme suit:

$$g_{a,b}(x) = a^{-0,5} \times g\left(\frac{x-b}{a}\right) \tag{1}$$

où

- a est le paramètre de dilatation: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1b8c34a9-e471-4746-abbe-d7675660840d/iso-16610-29-2015>
- b est le paramètre de translation.

3.2.1
dilatation

(ondelette) transformation qui consiste à changer l'échelle de la variable spatiale x d'un facteur a

Note 1 à l'article: Cette transformation appliquée à la fonction $g(x)$ donne $a^{-0,5}g(x/a)$ pour un nombre réel positif arbitraire a .

Note 2 à l'article: Le facteur $a^{-0,5}$ maintient l'aire sous la fonction constante.

3.2.2
translation

transformation qui consiste à décaler la position spatiale d'une fonction d'un nombre réel b

Note 1 à l'article: Cette transformation appliquée à la fonction $g(x)$ donne $g(x - b)$ pour un nombre réel arbitraire b .

3.3
transformation en ondelettes discrètes

décomposition unique d'un profil en une combinaison linéaire d'une famille d'ondelettes (3.2) où les paramètres de translation (3.2.2) sont des nombres entiers, et les paramètres de dilatation (3.2.1) sont des puissances d'un entier positif donné supérieur à 1

Note 1 à l'article: Les paramètres de dilatation sont en général des puissances de 2.

Note 2 à l'article: Tout au long de la présente partie de l'ISO 16610, la transformation en ondelette discrètes sera appelée transformation en ondelette.

3.4**analyse multirésolution**

décomposition d'un profil en portions à différentes échelles au moyen d'un banc de filtres

Note 1 à l'article: Les portions à différentes échelles sont aussi appelées résolutions. (voir l'ISO 16610-20).

Note 2 à l'article: Voir la [Figure 2](#).

Note 3 à l'article: Par définition, comme aucune perte d'information ne se produit, il est possible de reconstruire le profil d'origine à partir de la structure en échelle de multirésolution.

3.4.1**composante passe-bas**

composante obtenue après la convolution avec un filtre de lissage (passe-bas) et une décimation

3.4.2**composante passe-haut**

composante obtenue après la convolution avec un filtre différentiel (passe-haut) et une décimation

Note 1 à l'article: La fonction de pondération du filtre différentiel est définie par l'ondelette issue d'une famille particulière d'ondelettes ayant un paramètre particulier de dilatation et sans paramètre de translation

3.4.3**structure en échelle de multirésolution**

structure constituée de l'ensemble des ordres des composantes différentielles et de la composante de lissage ayant l'ordre le plus élevé

3.4.4**fonction d'échelle**

fonction qui définit la fonction de pondération du filtre de lissage utilisé pour obtenir la composante de lissage

Note 1 à l'article: Afin d'éviter la perte d'information dans la structure en échelle de multirésolution, l'ondelette et la fonction de changement d'échelle doivent être appariés.

3.4.5**décimation**

(ondelette) action qui échantillonne chaque k ème point dans un profil échantillonné, où k est un entier positif

Note 1 à l'article: Généralement, k est égal à 2

3.5**ondelette spline**

famille d'ondelettes ([3.2](#)) dont les fonctions d'échelles de reconstruction correspondantes ([3.4.4](#)) sont des splines

4 Description générale des ondelettes**4.1 Généralités**

Une ondelette spline déclaré conforme à cette partie de l'ISO 16610 doit satisfaire aux équations indiquées dans l'[Annexe A](#).

Note Des exemples d'application d'ondelettes splines interpolantes cubiques sont donnés dans l'[Annexe B](#). Une vue d'ensemble des concepts pour les filtres d'ondelettes spline est donnée dans l'[Annexe C](#) et la relation avec le modèle de matrice de filtrage est donnée dans l'[Annexe D](#).

4.2 Utilisation élémentaire des ondelettes

Une analyse par ondelettes consiste à décomposer un profil en une combinaison linéaire d'ondelettes $g_{a,b}(x)$, générées à partir d'une seule ondelette mère.^[5] Ceci est similaire à l'analyse de Fourier, qui décompose un profil en une combinaison linéaire d'ondes sinusoïdales, mais contrairement à l'analyse

de Fourier, les ondelettes peuvent identifier la position et l'échelle d'un élément dans un profil. En conséquence, elles peuvent décomposer des profils où la structure à petite échelle dans une partie du profil n'a aucun rapport avec la structure d'une autre partie, tels que les changements localisés (comme par exemple les rayures). Les ondelettes sont également idéales pour les profils non-stationnaires. Essentiellement, les ondelettes décomposent un profil en blocs de construction ayant une forme constante mais des échelles différentes.

4.3 Transformation en ondelettes

La transformation en ondelettes discrètes d'un profil $s(t)$ donné à des intervalles fixes $x_i = i\Delta x$, (où Δx est l'intervalle d'échantillonnage et $i = \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$) avec l'ondelette mère $g(x)$ est donnée par:

$$S(i\Delta x, a) = \Delta x \sum_j s[(i-j)\Delta x] g_{a, j\Delta x}(j\Delta x) \tag{2}$$

Le paramètre de dilatation a est également limité à des valeurs discrètes. Des valeurs consécutives de a ont en général un rapport fixe, par exemple $a_i/a_{i+1} = \text{constant}$

Note Cette constante est en général égale à 2.

Si l'ondelette $g(x)$ a une étendue spatiale finie, le nombre de points d'échantillonnage de $t(x)$ à échelle a augmente linéairement avec a de telle sorte que les calculs de S avec un algorithme basé sur l'équation précédente sont en général impossibles. L'efficacité des algorithmes de calcul d'ondelettes dépend de diverses propriétés de l'ondelette mère. L'algorithme examiné dans le cas précédent est celui pour une analyse multirésolution (voir l'ISO 16610-20), qui est valide pour les ondelettes «biorthogonales», qui incluent les ondelettes splines.

La forme de multirésolution de la transformation en ondelettes consiste à construire une échelle d'approximations lisses du profil (voir la Figure 2). Le premier échelon est le profil d'origine. Chaque échelon de l'échelle est constitué d'un banc de filtres (voir l'ISO 16610-20), où, le profil S^i est divisé en deux composantes:

- une version lisse du profil S^{i+1} qui devient l'échelon suivant;
- une composante qui est la «différence» entre les deux échelons d^{i+1} .

L'action du filtre (de lissage) passe-bas H_0 et le filtre passe-haut H_1 dans le banc de filtres réduit le nombre de points du profil de moitié.

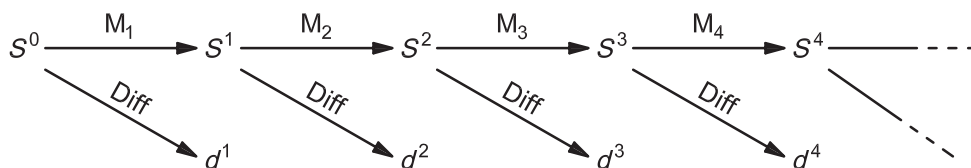


Figure 2 — Exemple d'une séparation multirésolution par transformation en ondelette

Le profil d'origine peut être reconstruit à partir de $(d^1, d^2, d^3, \dots, d^n, S^n)$ en inversant la structure en échelle et en utilisant une seconde paire de filtres H'_0 et H'_1 . Les ondelettes ne fournissent pas une seule méthode (comme la transformée de Fourier), mais une multitude de transformées dépendant d'une ondelette mère, qui détermine les quatre filtres, $H_0, H_1, H^*_0,$ et H^*_1 . Des exemples de transformations de profils en ondelette par analyse multirésolution sont indiqués dans l'Annexe B.

NOTE Il existe d'autres formes de décomposition du profil à l'aide des bancs de filtres. Ceci est juste un exemple.

4.4 Ondelette spline

Les ondelettes symétriques incluent les ondelettes splines. Les ondelettes splines sont des familles d'ondelettes dont les fonctions d'échelles correspondantes sont des splines.

NOTE 1 L'algorithme de calcul des ondelettes de seconde génération est une méthode efficace pour déterminer les transformations en ondelettes.

NOTE 2 Tous les ondelettes avec un nombre fini de coefficients de filtrage peuvent être représentées par des ondelettes de seconde génération.

4.5 Modèles mathématiques imbriqués

La structure en échelle de multirésolution se prête naturellement à une série de modèles mathématiques imbriqués du profil, avec l'*i*ème modèle, soit le modèle m^i étant reconstruit à partir de $(d^i, d^{i+1}, \dots, d^n, S^n)$, comme illustré à la [Figure 2](#). L'ordre du modèle est équivalent à une valeur de coupure: plus l'ordre du modèle est élevé, plus la représentation est lisse. Ainsi, m^{i+1} est une version du profil plus lisse que m^i .

Une grandeur similaire à la «largeur de bande de transmission» peut être reconstruite à partir des modèles mathématiques imbriqués en calculant la différence de hauteur entre deux profils spécifiés, par exemple:

$$m^{i,j} = m^i - m^j \quad (3)$$

où $i < j$.

Ainsi, dans cet exemple en particulier, l'ordre i est équivalent à la valeur de coupure λ_s et l'ordre j est équivalent à la valeur de coupure λ_c . La relation exacte entre l'ordre du modèle et la valeur de coupure dépend de l'ondelette mère spécifique choisie.

5 Recommandations

ISO 16610-29:2015

standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1b8c34a9-e471-4746-abbe-d7675660840d/iso-16610-29-2015

5.1 Ondelette spline

Sauf indication contraire, une ondelette spline cubique interpolante doit être utilisée (voir l'[Annexe A](#)).

6 Désignation des filtres

Les filtres splines conformes à la présente partie de l'ISO 16610 sont désignés

FPLW

Voir également l'ISO 16610-1:2015, Article 5.