

NORME ISO
INTERNATIONALE 16610-22

Première édition
2015-07-01

**Spécification géométrique des
produits (GPS) — Filtrage —
Partie 22:
Filtres de profil linéaires: Filtres
splines**

iTeh STANDARD PREVIEW
*Geometrical product specifications (GPS) — Filtration —
Part 22: Linear profile filters: Spline filters*
(standards.itih.ai)

ISO 16610-22:2015

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/sist/856caf9f-fd2e-4052-8cf3-d254b25ba5e7/iso-16610-22-2015>



Numéro de référence
ISO 16610-22:2015(F)

© ISO 2015

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 16610-22:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/856caf9f-fd2e-4052-8cf3-d254b25ba5e7/iso-16610-22-2015>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2015, Publié en Suisse

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
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Filtres de profil spline	2
4.1 Généralités.....	2
4.2 Fonction de pondération.....	2
4.3 Équations de filtre.....	2
4.3.1 Généralités.....	2
4.3.2 Équation pour un filtre de profil spline non périodique.....	3
4.3.3 Équation pour un filtre de profil spline périodique.....	4
4.4 Caractéristiques de transmission.....	4
4.4.1 Généralités.....	4
4.4.2 Caractéristique de transmission de la composante du profil à longueur d'onde longue.....	5
4.4.3 Caractéristique de transmission de la composante du profil à longueur d'onde courte.....	5
5 Recommandations	6
5.1 Indice d'imbrication (valeurs de coupure).....	6
5.2 Paramètre de tension (β).....	6
5.3 Implémentation.....	7
6 Désignation des filtres	7
Annexe A (informative) Influence de l'intervalle d'échantillonnage	8
Annexe B (informative) Comparaison entre les filtres de profil spline et gaussien	9
Annexe C (informative) Exemples explicatifs	10
Annexe D (informative) Vue d'ensemble des concepts	14
Annexe E (informative) Relation avec le modèle de matrice de filtrage	15
Annexe F (informative) Relation avec le modèle de matrice GPS	16
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 (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 de l'ISO 16610-22 annule et remplace l'ISO/TS 16610-22:2006, 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 Gaussiens*
- *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 surfaciques linéaires: Filtres splines*
- *Partie 69: Filtres surfaciques linéaires: Ondelettes splines*
- *Partie 70: Filtres surfaciques robustes: Concepts de base*
- *Partie 72: Filtres surfaciques robustes: Filtres splines*
- *Partie 80: Filtres surfaciques morphologiques: Concepts de base*
- *Partie 81: Filtres surfaciques morphologiques: Filtres à sphères et segments horizontaux plans*
- *Partie 89: Filtres surfaciques morphologiques: Techniques d'analyse par espace d'échelle*

[ISO 16610-22:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/856caf9f-fd2e-4052-8cf3-d254b25ba5e7/iso-16610-22-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/856caf9f-fd2e-4052-8cf3-d254b25ba5e7/iso-16610-22-2015>

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 générale (voir l'ISO/TR 14638). Elle influence les caractéristiques et mesure des maillons 3 et 5 de normes dans la structure de la matrice GPS.

Le schéma directeur ISO/GPS de l'ISO/TR 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 à la présente partie de l'ISO 16610, sauf indication contraire.

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

La présente partie de l'ISO 16610 développe la terminologie et les concepts des filtres splines.

Par rapport à un filtre à phase correcte classique, le filtre spline présente l'avantage, pour un profil ouvert, de pouvoir toujours utiliser les bornes du profil mesuré.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 16610-22:2015](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/856caf9f-fd2e-4052-8cf3-d254b25ba5e7/iso-16610-22-2015>

Spécification géométrique des produits (GPS) — Filtrage —

Partie 22:

Filtres de profil linéaires: Filtres splines

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 16610 définit les filtres splines pour le filtrage des profils. Elle précise en particulier la méthode qui permet de séparer les composantes d'un profil à longueurs d'onde courte et longue.

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 16610-1:2015, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Filtrage — Partie 1: Vue d'ensemble et concepts*

ISO 16610-20:2015, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Filtrage — Partie 20: Filtres de profil linéaires: Concepts de base*

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

Guide ISO/IEC 98-3:2008, *Incertitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions données dans le Guide ISO/IEC 99:2007 (VIM), l'ISO 16610-1, et l'ISO 16610-20, ainsi que les suivantes s'appliquent.

3.1

spline

combinaison linéaire de polynômes adaptés raccordés entre eux de manière lisse

Note 1 à l'article: Le degré de la spline est égal à celui du polynôme de plus haut degré utilisé (par exemple, une spline cubique est constituée de polynômes cubiques).

3.2

spline cardinale

fonction de base de l'espace des splines (3.1) à support infini

3.3

spline naturelle

spline (3.1) ayant la forme d'une ligne droite au-delà des points limites

3.4 filtre de profil spline

filtre de profil linéaire basé sur des splines (3.1)

Note 1 à l'article: Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 16610, le résultat du filtrage passe-bas est une spline.

4 Filtres de profil spline

4.1 Généralités

Un filtre de profil spline revendiquant la conformité à la présente partie de l'ISO 16610, doit satisfaire aux équations de filtres indiquées en 4.3.2, pour les profils ouverts et en 4.3.3, pour les profils fermés.

NOTE Une comparaison avec les filtres gaussiens est donnée à l'Annexe B, et des exemples illustratifs sont donnés à l'Annexe C. Une vue d'ensemble des concepts de filtres splines est donnée à l'Annexe D, et la relation avec la matrice de filtrage est donnée à l'Annexe E.

4.2 Fonction de pondération

La fonction de pondération d'un filtre de profil spline ne peut pas être exprimée par une simple formule fermée. Par conséquent, on utilise des équations de filtre à la place des fonctions de pondération pour décrire les filtres de profil splines. Cependant, si nécessaire, il est toujours possible de calculer numériquement la fonction de pondération pour un filtre de profil spline. Si l'intervalle d'échantillonnage Δx est suffisamment faible et le filtre de profil spline est basé en splines cubiques cardinales, la fonction de pondération s(x), avec une valeur par défaut de β = 0, peut être approchée par la fonction continue

$$s(x) = \frac{\pi}{\lambda_c} \sin \left(\sqrt{2} \frac{\pi}{\lambda_c} \left| x + \frac{\pi}{4} \right| \right) \exp \left(-\sqrt{2} \frac{\pi}{\lambda_c} \left| x \right| \right) \tag{1}$$

NOTE Il s'agit de la fonction de pondération du filtre de profil spline idéal, basé sur des splines cubiques cardinales. La Figure 1 est une représentation graphique de cette fonction.

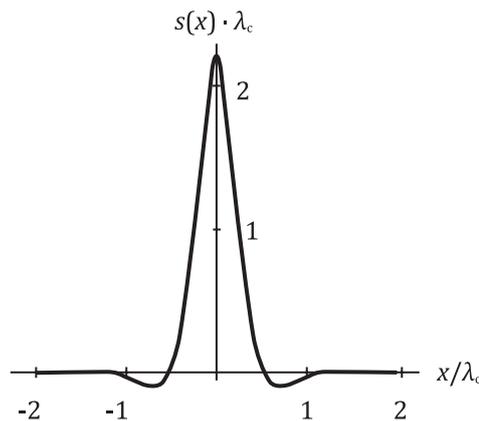


Figure 1 — Fonction de pondération du filtre de profil spline idéal, basé sur des splines cubiques cardinales

4.3 Équations de filtre

4.3.1 Généralités

Les équations de filtre suivantes pour des filtres splines sont basées sur des splines cubiques cardinales (pour plus de détails voir Référence [4]).

4.3.3 Équation pour un filtre de profil spline périodique

Il convient d'utiliser les filtres de profil splines périodiques pour filtrer les profils fermés. L'équation de ce type de filtre est:

$$[\mathbf{1} + \beta\alpha^2\tilde{\mathbf{P}} + (1 - \beta)\alpha^4\tilde{\mathbf{Q}}]\tilde{\mathbf{w}} = \tilde{\mathbf{z}} \tag{5}$$

où $\mathbf{1}$ est la matrice d'identité et

$$\tilde{\mathbf{P}} = \begin{pmatrix} 2 & -1 & & & -1 \\ -1 & 2 & -1 & & \\ & -1 & 2 & -1 & \\ & & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots \\ & & & -1 & 2 & -1 \\ -1 & & & & -1 & 2 \end{pmatrix} \quad \tilde{\mathbf{Q}} = \begin{pmatrix} 6 & -4 & 1 & & & 1 & -4 \\ -4 & 6 & -4 & 1 & & & 1 \\ 1 & -4 & 6 & -4 & 1 & & \\ & & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \\ & & & 1 & -4 & 6 & -4 & 1 \\ 1 & & & & 1 & -4 & 6 & -4 \\ -4 & 1 & & & & 1 & -4 & 6 \end{pmatrix} \tag{6}$$

avec n lignes, n colonnes et les paramètres

$$\alpha = \frac{1}{2\sin\frac{\pi\Delta x}{\lambda_c}} \text{ et } 0 \leq \beta \leq 1 \tag{7}$$

où

- n est le nombre de valeurs de données extraites du profil;
- $\tilde{\mathbf{z}}$ est le vecteur de la dimension n des valeurs du profil avant filtrage;
- $\tilde{\mathbf{w}}$ est le vecteur de dimension n des valeurs de ce profil dans le profil filtré;
- λ_c est la longueur d'onde de coupure du filtre de profil;

Δx est l'intervalle d'échantillonnage.

NOTE 1 Le vecteur $\tilde{\mathbf{w}}$ donne les valeurs de profil de la composante à longueur d'onde longue. La composante à longueur d'onde courte $\tilde{\mathbf{r}}$ peut être obtenue par le vecteur de différence $\tilde{\mathbf{r}} = \tilde{\mathbf{z}} - \tilde{\mathbf{w}}$, c'est-à-dire en soustrayant les valeurs de la composante à longueur d'onde longue obtenues par le processus de filtrage, des valeurs de données extraites du profil.

NOTE 2 β est appelé «paramètre de tension» et contrôle le degré d'ajustement de la courbe spline par rapport aux points de données (voir Référence [6]).

NOTE 3 Des algorithmes de résolution des équations matricielles sont indiqués dans la Référence [13].

4.4 Caractéristiques de transmission

4.4.1 Généralités

Les paragraphes suivants indiquent les caractéristiques de transmission pour des filtres splines basés sur des splines cubiques cardinales. Pour de plus amples informations, voir la Référence [3] Pour l'influence de l'intervalle d'échantillonnage, voir l'Annexe A.

4.4.2 Caractéristique de transmission de la composante du profil à longueur d'onde longue

La caractéristique du filtre (voir [Figure 2](#)) est déterminée à partir des équations de filtre du filtre de profil spline au moyen de la transformée de Fourier. La caractéristique du filtre pour la composante à longueur d'onde longue est approximée (pour un Δx très petit) par la formule suivante:

$$\frac{a_1}{a_0} = \left[1 + \beta \alpha^2 \sin^2 \frac{\pi \Delta x}{\lambda} + 16(1 - \beta) \alpha^4 \sin^4 \frac{\pi \Delta x}{\lambda} \right]^{-1} \quad (8)$$

où

a_0 est l'amplitude du profil sinusoïdal avant filtrage;

a_1 est l'amplitude de ce profil sinusoïdal dans la composante à longueur d'onde longue;

λ est la longueur d'onde du profil sinusoïdal ($\lambda \geq 2\Delta x$);

Δx est l'intervalle d'échantillonnage.

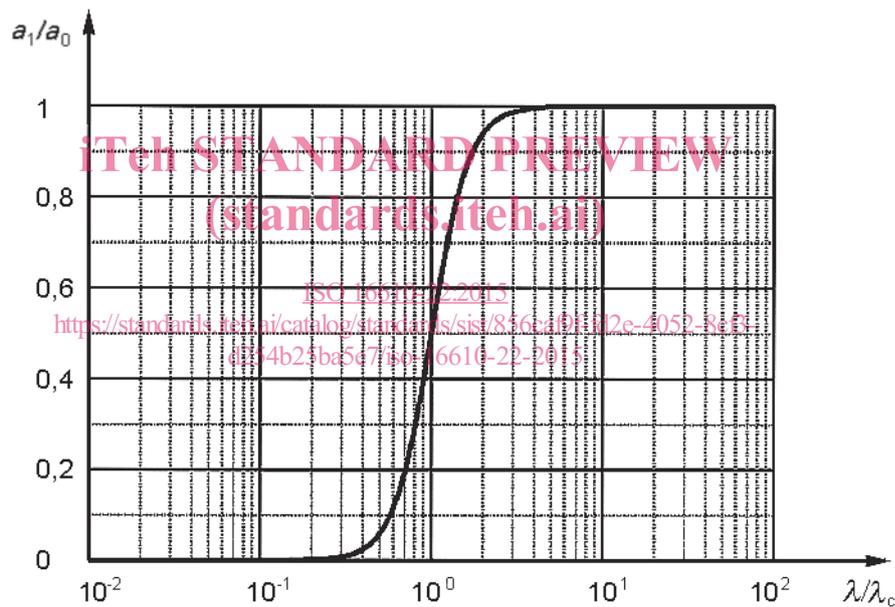


Figure 2 — Caractéristique de transmission de la composante du profil à longueur d'onde longue ($\beta = 0$; $\Delta x = \lambda_c / 200$)

4.4.3 Caractéristique de transmission de la composante du profil à longueur d'onde courte

La caractéristique de transmission de la composante du profil à longueur d'onde courte est complémentaire à celle de la composante du profil à longueur d'onde longue. La composante à longueur d'onde courte est la différence entre le profil de la surface et la composante à longueur d'onde longue.