

NORME ISO  
INTERNATIONALE 16610-60

Première édition  
2015-10-01

---

---

**Spécification géométrique des  
produits (GPS) — Filtrage —  
Partie 60:  
Filtres surfaciques linéaires —  
Concepts de base**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Geometrical product specification (GPS) — Filtration —  
Part 60: Linear areal filters — Basic concepts*  
**(standards.itih.ai)**

ISO 16610-60:2015

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/sist/81c27889-9cbb-4c48-bd88-26e7cd275f4c/iso-16610-60-2015>



Numéro de référence  
ISO 16610-60:2015(F)

© ISO 2015

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

ISO 16610-60:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/81c27889-9cbb-4c48-bd88-26e7cd275f4c/iso-16610-60-2015>



**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
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Concepts de base</b> .....	<b>3</b>
4.1 Généralités.....	3
4.2 Fonctions de pondération séparables.....	4
4.3 Représentation discrète des données.....	4
4.4 Représentation discrète du filtre surfacique linéaire.....	4
4.5 Représentation discrète de la fonction de pondération.....	5
<b>5</b> <b>Filtres surfaciques linéaires</b> .....	<b>8</b>
5.1 Équations des filtres.....	8
5.2 Convolution discrète.....	9
5.3 Fonction de transfert.....	10
5.4 Bancs de filtres séparables.....	12
<b>Annexe A</b> (informative) <b>Vue d'ensemble des concepts</b> .....	<b>14</b>
<b>Annexe B</b> (informative) <b>Relation avec le modèle de matrice de filtrage</b> .....	<b>15</b>
<b>Annexe C</b> (informative) <b>Relation avec le modèle de matrice GPS</b> .....	<b>16</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>17</b>

ISO 16610-60:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/81c27889-9cbb-4c48-bd88-26e7cd275f4c/iso-16610-60-2015>

## 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 utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [Avant-propos — Informations supplémentaires](http://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/61c27889-9cbb-4c48-bd88-26e7cd275f4c/iso-16610-60-2015).

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

ISO 16610 comprend les parties suivantes, ayant pour 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: Ondeslettes 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 16610-60:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/81c27889-9cbb-4c48-bd88-26e7cd275f4c/iso-16610-60-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/81c27889-9cbb-4c48-bd88-26e7cd275f4c/iso-16610-60-2015>

## Introduction

La présente partie de l'ISO 16610 est une norme de spécification géométrique des produits (GPS) et doit être considérée comme une norme GPS générale (voir l'ISO 14638). Elle influence les maillons C et F de toutes les chaînes de normes.

Le modèle de matrice ISO/GPS de l'ISO 14638 donne une vue d'ensemble du système ISO/GPS, dont la présente partie de l'ISO 16610 fait partie. Les principes fondamentaux du système ISO/GPS donnés dans l'ISO 8015 s'appliquent à la présente partie de l'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 la relation entre la présente partie de l'ISO 16610 et le modèle de matrice GPS, voir l'[Annexe C](#).

La présente partie de l'ISO 16610 développe les concepts de base des filtres surfaciques linéaires, qui comprennent les filtres gaussiens, les filtres splines et les filtres ondelettes.

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

[ISO 16610-60:2015](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/81c27889-9cbb-4c48-bd88-26e7cd275f4c/iso-16610-60-2015>

# Spécification géométrique des produits (GPS) — Filtrage —

## Partie 60:

### Filtres surfaciques linéaires — Concepts de base

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 16610 définit les concepts de base des filtres surfaciques linéaires.

#### 2 Références normatives

Les documents suivants, en tout ou partie, sont référencés de manière 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 16610-21:2011, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Filtrage — Partie 21: Filtres de profil linéaires: Filtres gaussiens*

Guide ISO/IEC 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 l'ISO 16610-1, l'ISO 16610-20, l'ISO 16610-21, le Guide ISO/IEC 99 ainsi que les suivants s'appliquent.

##### 3.1

##### **filtre surfacique linéaire**

filtre surfacique qui sépare les surfaces en composantes à longueur d'onde longue et composantes à longueur d'onde courte, et qui est également une fonction linéaire

Note 1 à l'article: Si  $F$  est une fonction et que  $X$  et  $Y$  sont des surfaces, alors  $F$  est une fonction linéaire; cela implique  $F(aX + bY) = aF(X) + bF(Y)$ .

Note 2 à l'article: Un filtre surfacique linéaire concerne les surfaces appartenant à un système de coordonnées spécifié, par exemple plan et cylindrique.

Note 3 à l'article: Comme exemple de filtre surfacique linéaire, on peut citer les filtres gaussiens, splines, ondelettes splines et ondelettes complexes.

##### 3.1.1

##### **filtre plan linéaire**

*filtre surfacique linéaire* (3.1) qui sépare les surfaces planes en composantes à longueur d'onde longue et composantes à longueur d'onde courte, et qui s'applique à des surfaces planes nominales

Note 1 à l'article: Une surface plane est ouverte dans toutes les directions.

### 3.1.2

#### **filtre cylindrique linéaire**

*filtre surfacique linéaire* (3.1) qui sépare les surfaces cylindriques en composantes à longueur d'onde longue et composantes à longueur d'onde courte, et qui s'applique à des surfaces cylindriques nominales

Note 1 à l'article: Une surface cylindrique est ouverte dans la direction axiale et fermée dans la direction circonférentielle.

### 3.2

#### **filtre surfacique à phase correcte**

*filtre surfacique linéaire* (3.1) qui ne crée pas de déphasages qui conduisent à des distorsions dissymétriques de la surface

Note 1 à l'article: Les filtres à phase correcte sont un type particulier de filtre linéaire à phase, car tout filtre linéaire à phase peut être transformé (en décalant simplement sa fonction de pondération) en filtre à phase nulle, qui est un filtre à phase correcte.

### 3.3

#### **surface moyenne**

composante à longueur d'onde longue déterminée à partir de la surface par application d'un filtre surfacique

### 3.4

#### **fonction de pondération**

fonction utilisée pour le calcul de la surface moyenne, qui indique, pour chaque point, le poids des autres points de la surface situés au voisinage de celui-ci

### 3.5

#### **équation de filtre**

équation mathématique servant à décrire le filtre

Note 1 à l'article: Les équations de filtres ne définissent pas nécessairement un algorithme permettant de réaliser le filtre sous une forme numérique.

[SOURCE: ISO 16610-1:2015, 3.10]

### 3.6

#### **caractéristique de transmission d'un filtre surfacique**

caractéristique qui indique la proportion suivant laquelle l'amplitude d'une surface sinusoïdale est atténuée en fonction de ses longueurs d'onde

Note 1 à l'article: La caractéristique de transmission est la transformée de Fourier de la fonction de pondération.

### 3.7

#### **longueur d'onde de coupure (indice d'imbrication)**

longueur d'onde d'une surface sinusoïdale dont 50 % de l'amplitude est transmise par le *filtre surfacique linéaire* (3.1)

Note 1 à l'article: Les filtres surfaciques linéaires sont identifiés par le type de filtre et la longueur d'onde de coupure.

Note 2 à l'article: La valeur de coupure du filtre surfacique linéaire est un exemple d'indice d'imbrication.

Note 3 à l'article: La valeur de coupure est fixée à 50 % par convention.

### 3.8

#### **banc de filtres**

série de filtres passe-haut et passe-bas classés dans une structure spécifiée

[SOURCE: ISO 16610-20:2015, 3.6]

### 3.9

#### analyse multirésolution

décomposition d'une surface en portions à différentes échelles au moyen d'un *banc de filtres* (3.8)

Note 1 à l'article: Les portions à différentes échelles sont aussi appelées résolutions.

[SOURCE: ISO 16610-20:2015, 3.7]

## 4 Concepts de base

### 4.1 Généralités

Un filtre déclaré conforme à la présente partie de l'ISO 16610 doit présenter les caractéristiques décrites en 4.1, 4.2, 4.3 et 4.4.

NOTE Une vue d'ensemble des concepts pour les filtres surfaciques linéaires est donnée dans l'Annexe A. Les relations avec le modèle de matrice de filtrage sont données dans l'Annexe B.

Le filtre surfacique linéaire le plus général est défini par la Formule (1):

$$w(x, y) = \iint K(x, y; \mu, \nu) z(\mu, \nu) d\mu d\nu \quad (1)$$

où

$z(\mu, \nu)$  est la surface non filtrée;

$w(x, y)$  est la surface filtrée;

$K(x, y; \mu, \nu)$  est le noyau du filtre, qui est invariant spatial et symétrique réel.

Si  $K(x, y; \mu, \nu) = K(x - \mu, y - \nu)$ , le filtrage est une convolution,

$$w(x, y) = \iint K(x - \mu, y - \nu) z(\mu, \nu) d\mu d\nu \quad (2)$$

et le noyau est également appelé la fonction de pondération du filtre.

Toutefois, les valeurs de données extraites sont toujours discrètes. Par conséquent, les filtres décrits ici le sont également. Si la fonction de pondération n'est pas discrète, la nature discrète des données extraites doit être prise en considération (voir 4.3).

NOTE Une autre approche consiste à utiliser un programme d'interpolation unique sur les données discrètes extraites pour créer un signal continu (avec des degrés finis de liberté) et de l'utiliser comme entrée pour les opérations de filtrage ultérieures.

## 4.2 Fonctions de pondération séparables

Si la fonction de pondération est séparable, c'est-à-dire qu'elle peut être écrite comme un produit tensoriel des fonctions de pondération du filtre de profil:

$$K(x, y) = u(x)v(y) \tag{3}$$

la convolution est également un produit tensoriel:

$$w(x, y) = \int u(x - \mu) \left[ \int v(y - \nu) z(\mu, \nu) d\nu \right] d\mu \tag{4}$$

c'est-à-dire que la convolution est séparable, elle aussi. La convolution peut donc être calculée en deux étapes, en utilisant des filtres de profil à la place des filtres surfaciques:

$$g(x, y) = \int v(y - \nu) z(x, \nu) d\nu \tag{5}$$

et

$$w(x, y) = \int u(x - \mu) g(\mu, y) d\mu \tag{6}$$

## 4.3 Représentation discrète des données

Une surface échantillonnée peut être représentée par une matrice  $n \times m$  de hauteurs,  $Z$ . La longueur  $n$  des vecteurs de ligne et la longueur  $m$  des vecteurs de colonne sont égales au nombre de points de données dans les directions  $x$  et  $y$ , respectivement. L'échantillonnage est supposé uniforme dans les directions  $x$  et  $y$ , c'est-à-dire que l'intervalle d'échantillonnage  $\Delta$  est constant dans les directions  $x$  et  $y$ . L'élément matriciel de la ligne  $i$  et de la colonne  $j$  est donc donné par  $z_{ij} = z(x_i, y_j)$ , avec  $x_i = i\Delta$  ( $i = 1 \dots n$ ) et  $y_j = j\Delta$  ( $j = 1 \dots m$ ).

## 4.4 Représentation discrète du filtre surfacique linéaire

La représentation discrète d'un filtre surfacique linéaire est une matrice  $H$ , qui est le produit tensoriel de deux matrices  $U$  et  $V$ , à condition que le filtre ait un noyau séparable, c'est-à-dire que les relations:

$$H = U \otimes V \quad h_{irjs} = u_{ir} v_{js} \tag{7}$$

soient vraies. Les matrices  $U$  et  $V$  sont toutes deux des matrices carrées dont la dimension est égale au nombre de points de données à filtrer le long de la direction concernée, c'est-à-dire que si les données d'entrée sont données par la matrice  $n \times m$ ,  $U$  est une matrice  $n \times n$  et  $V$  est une matrice  $m \times m$ .

Trois types de filtres surfaciques sont possibles en fonction de la périodicité du filtre dans les deux directions. Si le filtre surfacique est périodique dans les deux directions, il est appelé «filtre surfacique périodique»; s'il est non périodique dans les deux directions, il est appelé «filtre surfacique non périodique» et s'il n'est périodique que dans une direction, il est appelé «filtre surfacique semi-périodique».

NOTE Les filtres surfaciques non périodiques sont utilisés pour les surfaces ouvertes, par exemple les surfaces planes; les filtres surfaciques périodiques sont utilisés pour les surfaces fermées, par exemple les surfaces toroïdales nominales, et les filtres surfaciques semi-périodiques sont utilisés pour les surfaces semi-fermées, par exemple les surfaces cylindriques.

