

---

---

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

Partie 49:

**Filtres de profil morphologiques:  
Techniques d'analyse par espace  
d'échelle**

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

*Geometrical product specifications (GPS) — Filtration —*

*Part 49: Morphological profile filters: Scale space techniques*

*ISO/TS 16610-49:2006*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/47ce3f99-a178-48b9-b447-7670ff95e212/iso-ts-16610-49-2006>



**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/TS 16610-49:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/47ce3f99-a178-48b9-b447-7670ff95e212/iso-ts-16610-49-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/47ce3f99-a178-48b9-b447-7670ff95e212/iso-ts-16610-49-2006>

© ISO 2006

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.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## 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>Généralités sur l'espace d'échelle</b> .....	<b>2</b>
<b>4.1</b> <b>Généralités</b> .....	<b>2</b>
<b>4.2</b> <b>Granulométrie et antigranulométrie</b> .....	<b>3</b>
<b>4.3</b> <b>Filtres symétriques alternés</b> .....	<b>3</b>
<b>4.4</b> <b>Modèles mathématiques imbriqués</b> .....	<b>4</b>
<b>5</b> <b>Recommandations</b> .....	<b>5</b>
<b>5.1</b> <b>Élément structurant de type disque circulaire</b> .....	<b>5</b>
<b>5.2</b> <b>Élément structurant de type segment horizontal</b> .....	<b>5</b>
<b>5.3</b> <b>Espace par défaut</b> .....	<b>5</b>
<b>6</b> <b>Désignation des filtres</b> .....	<b>5</b>
<b>Annexe A</b> (informative) <b>Illustrations d'exemples d'espace d'échelle</b> .....	<b>6</b>
<b>Annexe B</b> (informative) <b>Vue d'ensemble des concepts</b> .....	<b>14</b>
<b>Annexe C</b> (informative) <b>Relations avec la matrice de filtrage</b> .....	<b>15</b>
<b>Annexe D</b> (informative) <b>Relations avec la matrice GPS</b> .....	<b>16</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>17</b>

## 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.

Dans d'autres circonstances, en particulier lorsqu'il existe une demande urgente du marché, un comité technique peut décider de publier d'autres types de documents normatifs:

- une Spécification publiquement disponible ISO (ISO/PAS) représente un accord entre les experts dans un groupe de travail ISO et est acceptée pour publication si elle est approuvée par plus de 50 % des membres votants du comité dont relève le groupe de travail;
- une Spécification technique ISO (ISO/TS) représente un accord entre les membres d'un comité technique et est acceptée pour publication si elle est approuvée par 2/3 des membres votants du comité.

Une ISO/PAS ou ISO/TS fait l'objet d'un examen après trois ans afin de décider si elle est confirmée pour trois nouvelles années, révisée pour devenir une Norme internationale, ou annulée. Lorsqu'une ISO/PAS ou ISO/TS a été confirmée, elle fait l'objet d'un nouvel examen après trois ans qui décidera soit de sa transformation en Norme internationale soit de son annulation.

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/TS 16610-49 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 213, *Spécifications et vérification dimensionnelles et géométriques des produits*.

L'ISO/TS 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 22: Filtres de profil linéaires: Filtres splines*
- *Partie 29: Filtres de profil linéaires: Ondelettes splines*
- *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*

Les parties suivantes sont en cours d'élaboration:

- *Partie 21: Filtres de profil linéaires: Filtres gaussiens*
- *Partie 26: Filtres de profil linéaires: Filtrage selon une grille nominalement orthogonale de données planes*
- *Partie 27: Filtres de profil linéaires: Filtrage selon une grille nominalement orthogonale de données cylindriques*
- *Partie 30: Filtres de profil robustes: Concepts de base*
- *Partie 42: Filtres de profil morphologiques: Filtres des motifs*
- *Partie 60: Filtres de surface linéaires: Concepts de base*
- *Partie 61: Filtres de surface linéaires: Filtres gaussiens*
- *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 71: Filtres de surface robustes: Filtres de régression gaussiens*
- *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 82: Filtres de surface morphologiques: Filtres des motifs*
- *Partie 89: Filtres de surface morphologiques: Techniques d'échelle d'analyse*

## Introduction

La présente partie de l'ISO/TS 16610, qui traite de la spécification géométrique des produits (GPS), est considérée comme une Spécification technique GPS globale (voir l'ISO/TR 14638). Elle influence les maillons 3 et 5 de toutes les chaînes de normes.

Pour de plus amples informations sur les relations entre la présente partie de l'ISO/TS 16610 et la matrice GPS, voir l'Annexe D.

La présente partie de l'ISO/TS 16610 précise la terminologie et les concepts s'appliquant aux techniques d'analyse par espace d'échelle basées sur les filtres morphologiques.

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

[ISO/TS 16610-49:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/47ce3f99-a178-48b9-b447-7670ff95e212/iso-ts-16610-49-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/47ce3f99-a178-48b9-b447-7670ff95e212/iso-ts-16610-49-2006>

# Spécification géométrique des produits (GPS) — Filtrage —

## Partie 49:

# Filtres de profil morphologiques: Techniques d'analyse par espace d'échelle

## 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO/TS 16610 spécifie les techniques d'analyse par espace d'échelle basées sur les filtres morphologiques, ainsi que la terminologie élémentaire et les applications associées.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. 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/TS 16610-1:2006, *Spécification Géométrique des Produits (GPS) — Filtrage — Partie 1: Vue d'ensemble et terminologie de base*

ISO/TS 16610-40:2006, *Spécification Géométrique des Produits (GPS) — Filtrage — Partie 40: Filtres de profil morphologiques: Concepts de base*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/47ce3f99-a178-48b9-b447-7670f95e212/iso-ts-16610-49-2006>

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO/TS 16610-1 et l'ISO/TS 16610-40 ainsi que les suivants s'appliquent.

### 3.1

#### granulométrie

famille d'**ouvertures** (3.1.1) classées par indice, qui satisfait au **critère de tamisage** (3.3)

#### 3.1.1

##### ouverture

⟨filtres morphologiques⟩ opération morphologique obtenue en appliquant l'érosion puis la dilatation

NOTE Une ouverture est à la fois un filtre morphologique et l'un des deux assemblages par blocs pour d'autres filtres morphologiques.

[ISO/TS 16610-40:2006]

### 3.2

#### antigranulométrie

famille de **fermetures** (3.2.1) classées par indice, qui satisfait au **critère de tamisage** (3.3)

[ISO/TS 16610-1:2006]

#### 3.2.1

##### fermeture

⟨filtres morphologiques⟩ opération morphologique obtenue en appliquant la dilatation puis l'érosion

NOTE Une fermeture est à la fois un filtre morphologique et l'un des deux assemblages par blocs pour d'autres filtres morphologiques.

[ISO/TS 16610-40:2006]

**3.3 critère de tamisage**  
critère définissant le cas où l'application successive de deux placages primaires (PM) sur une portion de surface (SP) revient exactement à appliquer l'un de ces deux placages à la portion de surface, à savoir le placage primaire ayant l'indice d'imbrication (NI) le plus élevé

NOTE Le critère de tamisage est défini par l'équation mathématique:

$$PM[PM(SP | NI_1) | NI_2] = PM(SP | NI) \text{ avec } NI = \max(NI_1, NI_2) \quad (1)$$

où

SP est la portion de surface.

**3.4 échelle**  
paramètre d'indexation dans une **granulométrie** (3.1) ou une **antigranulométrie** (3.2)

NOTE 1 La granulométrie et l'antigranulométrie sont souvent combinées pour créer une échelle réelle continue où l'échelle positive utilise la granulométrie et l'échelle négative utilise l'antigranulométrie avec des valeurs négatives.

NOTE 2 L'échelle est un indice d'imbrication.

**3.5 espace d'échelle**  
**granulométrie** (3.1) ou **antigranulométrie** (3.2) ayant la **propriété de monotonie** (3.5.1)

**3.5.1 propriété de monotonie**  
propriété selon laquelle une fois qu'un objet est présent dans un signal (profil/surface) à une certaine **échelle** (3.4), il doit persister dans tout l'**espace d'échelle** (3.5) jusqu'à l'échelle zéro

**3.6 filtre symétrique alterné**  
filtre morphologique conforme au **critère de tamisage** (3.3), capable d'éliminer les pics et les creux au-dessous d'une **échelle** (3.4) donnée

## 4 Généralités sur l'espace d'échelle

### 4.1 Généralités

Une technique d'analyse par espace d'échelle revendiquant la conformité à la présente partie de l'ISO/TS 16610 doit présenter les caractéristiques décrites en 4.2, 4.3, 4.4, 5.1, 5.2 et 5.3.

L'espace d'échelle est une technique qui permet de décomposer un signal (profil/surface) en objets de différentes échelles. Une caractéristique de l'espace d'échelle est la propriété selon laquelle un objet, une fois présent à une certaine échelle dans un signal, doit persister dans tout l'espace jusqu'à l'échelle zéro. Cette caractéristique est souvent appelée «propriété de monotonie» car le nombre d'objets doit nécessairement être une fonction d'échelle décroissante monotone.

Pour définir un espace d'échelle, il est nécessaire de définir préalablement la taille des objets présents dans un signal (profil/surface). Le concept de granulométrie et d'antigranulométrie est une approche mathématique générique pour définir la taille des objets dans un signal (profil/surface).

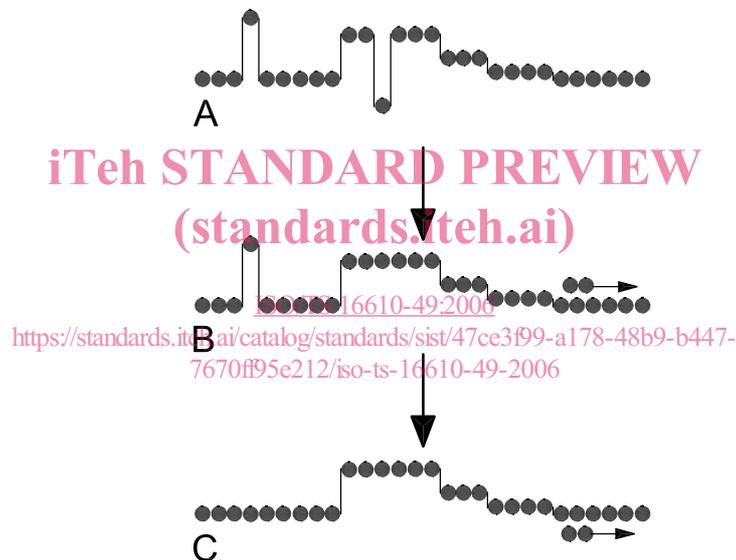
NOTE Des exemples d'espace d'échelle sont donnés à l'Annexe A. Une vue d'ensemble des techniques d'analyse par espace d'échelle à base de filtres de profil morphologiques est donnée à l'Annexe B. Les relations avec la matrice de filtrage sont données à l'Annexe C.

## 4.2 Granulométrie et antigranulométrie

Le tamisage est une technique de calibrage courante qui consiste à classer physiquement de petites particules solides en fonction d'une série de tamis à ouverture de maille décroissante. Pour classer une population de grains de différentes tailles, on laisse tout d'abord ces grains suivre leur chemin à travers les tamis (transformation). Le contenu de chaque tamis est ensuite compté ou pesé afin d'établir un histogramme de la granulométrie de la population de particules initiale.

Matheron<sup>[4]</sup> fut le premier à définir le concept de taille sous une forme mathématique. Il démontra qu'une famille d'ouvertures morphologiques, qui satisfait au critère de tamisage, indexée par un nombre positif appelé «échelle», pouvait servir à définir le concept de taille et de granulométrie, de manière analogue au tamisage physique d'une population de particules décrit ci-dessus.

La granulométrie étant basée sur une famille de filtres d'ouvertures, elle mesure la largeur des pics sur le signal/image. L'application d'un filtre d'ouverture représentant une échelle spécifique éliminera les pics dont la largeur est inférieure à cette échelle (voir Figure 1). Le concept dual d'antigranulométrie basé sur une famille de filtres de fermeture mesure la largeur des creux sur le signal/image. L'application d'un filtre de fermeture représentant une échelle spécifique éliminera les creux dont la largeur est inférieure à cette échelle (voir Figure 1).



### Légende

- A profil d'origine
- B après fermeture avec une ligne horizontale
- C après ouverture avec une ligne horizontale

NOTE La méthode illustrée à la Figure 1 élimine les éléments dont la largeur est inférieure à la taille de l'élément structurant (c'est-à-dire la taille 2).

Figure 1 — Fermeture et ouverture avec un élément structurant ligne horizontale de taille 2

## 4.3 Filtres symétriques alternés

Un filtre d'ouverture représentant une échelle particulière dans une granulométrie supprimera les pics dont la largeur est inférieure à cette échelle, tandis qu'un filtre de fermeture à la même échelle dans une antigranulométrie éliminera les creux dont la largeur est inférieure à cette échelle. Les filtres symétriques alternés permettent d'éliminer à la fois les pics et les creux dont la largeur est inférieure à cette échelle donnée.

Pour éliminer à la fois les pics et les creux simultanément, il est nécessaire de combiner respectivement les ouvertures et les fermetures d'une granulométrie et d'une antigranulométrie. On peut montrer qu'il n'existe que quatre possibilités pour composer une ouverture,  $O_j( )$ , et une fermeture,  $C_j( )$ , à une échelle donnée,  $j$ :

- a)  $m_j = O_j [C_j ( )]$ ;
- b)  $n_j = C_j [O_j ( )]$ ;
- c)  $r_j = C_j \{O_j [C_j ( )]\}$ ;
- d)  $s_j = O_j \{C_j [O_j ( )]\}$ .

On peut définir les quatre filtres symétriques alternés suivants pour une échelle donnée  $i$ :

- Tamis M:  $M_i = m_1 m_2 m_3 \dots m_{i-1} m_i m_{i-1} \dots m_3 m_2 m_1$
- Tamis N:  $N_i = n_1 n_2 n_3 \dots n_{i-1} n_i n_{i-1} \dots n_3 n_2 n_1$
- Tamis R:  $R_i = r_1 r_2 r_3 \dots r_{i-1} r_i r_{i-1} \dots r_3 r_2 r_1$
- Tamis S:  $S_i = s_1 s_2 s_3 \dots s_{i-1} s_i s_{i-1} \dots s_3 s_2 s_1$

où la numérotation croissante des indices indique une échelle croissante (c'est-à-dire que si  $u < v$  alors l'échelle de  $m_u$  est inférieure à celle de  $m_v$ ).

On peut montrer<sup>[5][6]</sup> que ces filtres symétriques alternés sont des filtres morphologiques qui satisfont au critère de tamisage et élimineront les pics et les creux dont la largeur est inférieure à l'échelle  $i$ .

Les filtres symétriques alternés permettent de construire une structure échelonnée pour des représentations d'espace d'échelle d'ordre supérieur du signal/de l'image d'origine (voir Figure 2). Le premier échelon est le signal d'origine (profil/surface). À chaque échelon de l'échelle, le signal  $S^i$  est filtré par un filtre symétrique alterné d'ordre  $i + 1$ , soit  $M_{i+1}$ , afin d'obtenir la représentation de l'espace d'échelle d'ordre immédiatement supérieur du signal/image  $S^{i+1}$  qui devient l'échelon suivant, ainsi qu'une composante qui correspond à la différence entre les deux échelons  $d^{i+1}$ . Le signal d'origine peut être reconstruit à partir de  $(d^1, d^2, d^3, \dots, d^n, S^n)$  en inversant la structure échelonnée.

#### 4.4 Modèles mathématiques imbriqués

La structure échelonnée se prête naturellement à une série de modèles mathématiques imbriqués de la surface, le  $i^{\text{ème}}$  modèle, soit le modèle $^i$ , étant reconstruit à partir de  $(d^i, d^{i+1}, \dots, d^n, S^n)$ . L'échelle du modèle est équivalente à une valeur de coupure  $\lambda_s$ .

Une «largeur de bande de transmission» peut être définie à l'aide des modèles mathématiques imbriqués, en calculant la différence de hauteur entre deux modèles spécifiés: modèle $^{i,j} = \text{modèle}^i - \text{modèle}^j$  avec  $i < j$ . Ainsi, dans cet exemple particulier, l'échelle  $i$  équivaut à la valeur de coupure  $\lambda_s$  et l'échelle  $j$  à la valeur de coupure  $\lambda_c$ .

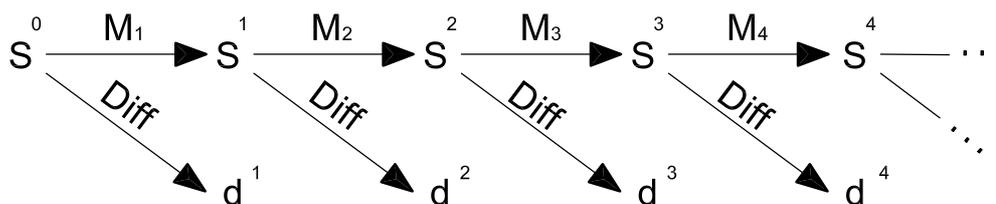


Figure 2 — Représentation schématique de la structure échelonnée de l'espace d'échelle

## 5 Recommandations

### 5.1 Élément structurant de type disque circulaire

L'ISO/TS 16610-41 définit les ouvertures et les fermetures à l'aide d'un élément structurant de type disque circulaire. Pour mettre en œuvre les filtres symétriques alternés, il est recommandé d'utiliser le tamis M avec une série logarithmique (rapport constant) de valeurs d'échelle (le rayon du disque circulaire de l'élément structurant). L'expérience montre qu'un rapport constant environ égal à 2 entre les valeurs d'échelle successives est optimal. Cette valeur suffit pour distinguer et interpréter les détails de la structure échelonnée et permet encore d'utiliser la partition de l'espace d'échelle à des fins de diagnostic. Pour débiter la série de filtres alternés, il convient de choisir une valeur d'échelle supérieure ou égale au rayon de la pointe du palpeur afin que chaque niveau successif de l'échelle ait approximativement le même rapport de valeurs d'échelle.

La série de valeurs d'échelle suivante a un rapport voisin de 2:

...1 mm, 2 mm, 5 mm, 10 mm, 20 mm, 50 mm, 100 mm, 200 mm, 500 mm, 1 mm, 2 mm, 5 mm, 10 mm, ...

Cette série présente également l'avantage d'être cohérente avec les rayons de pointe de palpeur recommandés pour la texture de surface (voir l'ISO 3274). Ainsi, les surfaces mesurées avec différents palpeurs engendreront un chevauchement des valeurs d'échelle et seront donc directement comparables.

### 5.2 Élément structurant de type segment horizontal

L'ISO/TS 16610-41 définit les ouvertures et les fermetures à l'aide d'un élément structurant de type ligne horizontale. Pour mettre en œuvre les filtres symétriques alternés, il est recommandé d'utiliser le tamis M avec une série logarithmique (rapport constant) de valeurs d'échelle (la longueur de la ligne horizontale de l'élément structurant). L'expérience montre qu'un rapport constant environ égal à 2 entre les valeurs d'échelle successives est optimal. Cette valeur suffit pour distinguer et interpréter les détails de la structure échelonnée et permet encore d'utiliser la partition de l'espace d'échelle à des fins de diagnostic. Pour débiter la série de filtres alternés, il convient de choisir une valeur d'échelle supérieure ou égale au diamètre de la pointe du palpeur afin que chaque niveau successif de l'échelle ait approximativement le même rapport de valeurs d'échelle.

La série de valeurs d'échelle suivante a un rapport voisin de 2:

...1 mm, 2 mm, 5 mm, 10 mm, 20 mm, 50 mm, 100 mm, 200 mm, 500 mm, 1 mm, 2 mm, 5 mm, 10 mm, ...

Cette série présente également l'avantage d'être cohérente avec les rayons de pointe de palpeur recommandés pour la texture de surface (voir l'ISO 3274). Ainsi, les surfaces mesurées avec différents palpeurs engendreront un chevauchement des valeurs d'échelle et seront donc directement comparables.

### 5.3 Espace par défaut

Sauf spécification contraire, la technique d'analyse par espace d'échelle par défaut doit être un tamis M avec un élément structurant de type disque circulaire.

## 6 Désignation des filtres

Les filtres morphologiques de profil selon la présente partie de l'ISO/TS 16610 sont désignés comme suit:

	Désignation des filtres
Série de disques alternés	<b>FPMAD</b>
Série de segments horizontaux alternés	<b>FPSMAH</b>

Voir aussi l'ISO/TS 16610-1:2006, Article 5.