



**Norme  
internationale**

**ISO 13473-4**

**Caractérisation de la texture d'un  
revêtement de chaussée à partir de  
relevés de profils de la surface —**

**Partie 4:  
Analyse spectrale par bande d'un  
tiers d'octave des profils de la surface**

*Characterization of pavement texture by use of surface profiles —*

*Part 4: One third octave band spectral analysis of surface profiles*

*ISO 13473-4:2024*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/73a4f4cf-23dc-4371-b8fa-61ffe12f776d/iso-13473-4-2024>

**Première édition  
2024-04**

iTeh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

[ISO 13473-4:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/73a4f4cf-23dc-4371-b8fa-61ffe12f776d/iso-13473-4-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/73a4f4cf-23dc-4371-b8fa-61ffe12f776d/iso-13473-4-2024>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2024

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>v</b>
<b>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Termes et définitions</b> .....	<b>2</b>
<b>4 Symboles et abréviations</b> .....	<b>4</b>
<b>5 Présentation générale des méthodologies d'analyse des fréquences spatiales</b> .....	<b>5</b>
<b>6 Échantillonnage des profils de surface</b> .....	<b>7</b>
6.1 Exigences concernant les profilomètres et la préparation des données .....	7
6.2 Échantillonnage de tronçons routiers .....	7
6.3 Mesurage des échantillons de laboratoire .....	7
6.4 Niveaux de profil de texture (échelle logarithmique) .....	8
6.5 Filtrage anti-repliement .....	8
6.6 Correction et interpolation des valeurs erronées .....	9
6.7 Rééchantillonnage à une résolution spatiale constante .....	10
6.8 Identification des pics et remodelage du profil .....	10
<b>7 Analyse spectrale dans des bandes à pourcentage constant (bandes d'octave ou de tiers d'octave) par filtrage numérique</b> .....	<b>11</b>
<b>8 Incertitude des résultats d'analyse</b> .....	<b>12</b>
<b>9 Consignation des résultats d'analyse dans un rapport</b> .....	<b>12</b>
<b>Annexe A (normative) Incertitude des résultats de l'analyse spectrale</b> .....	<b>14</b>
<b>Annexe B (informative) Analyse spectrale et asymétrie du profil</b> .....	<b>20</b>
<b>Annexe C (informative) Analyse spectrale au moyen de méthodes de transformée de Fourier discrète (rapide)</b> .....	<b>22</b>
<b>Annexe D (normative) Procédure de suppression des pics</b> .....	<b>29</b>
<b>Annexe E (informative) Essais des méthodes de calcul</b> .....	<b>32</b>
<b>Annexe F (normative) Conditionnement du profil avant le filtrage</b> .....	<b>34</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>37</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 procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/CEI, 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 définies dans les Directives ISO/CEI, Partie 2 ([www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'ISO attire l'attention 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. À la date de publication du présent document, l'ISO n'a pas reçu d'avis concernant un ou plusieurs brevets qui pourraient être nécessaires à la mise en œuvre du présent document. Toutefois, les personnes chargées de la mise en œuvre sont averties que ce document peut ne pas représenter les informations les plus récentes, qui peuvent être obtenues à partir de la base de données des brevets disponible à l'adresse [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents).

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 nature volontaire des normes, 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'organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Ce document a été élaboré par le Comité technique ISO/TC 43, *Acoustique*, Sous-comité SC 1, *Bruit*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO/TS 13473-4:2008), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principaux changements sont les suivants: [/73a4f4cf-23dc-4371-b8fa-61ffe12f776d/iso-13473-4-2024](https://www.iso.org/73a4f4cf-23dc-4371-b8fa-61ffe12f776d/iso-13473-4-2024)

- Le pré-traitement des données d'entrée de l'analyse spectrale a été amélioré et est désormais conforme à la procédure de l'ISO 13473.
- Une ancienne technique analogique a été supprimée et une méthode normative est définie pour l'analyse spectrale.
- Des améliorations significatives ont été apportées à l'analyse d'incertitude.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 13473 est donnée sur le site web du ISO.

Tout commentaire ou toute question à propos du présent document doit être adressé à l'organisme de normalisation national de l'utilisateur. Une liste complète de ces organismes est disponible à l'adresse [www.iso.org/members.html](http://www.iso.org/members.html).

## Introduction

La texture du revêtement de chaussée est une caractéristique de base de la surface des routes. Elle est en outre liée à de nombreuses caractéristiques fonctionnelles importantes, telles que l'émission de bruit due à l'interaction entre le pneu et la chaussée, le frottement entre le pneu et la chaussée, la résistance au roulement, l'usure des pneus et l'état technique de la chaussée.

L'analyse spectrale est couramment utilisée dans divers domaines du traitement des signaux et s'est avérée être une méthode utile pour la caractérisation des profils de surface de chaussée, notamment le mesurage de la texture.

Une analyse spectrale peut être réalisée de nombreuses manières. Le présent document décrit l'analyse spectrale par bandes d'octave et de tiers d'octave.

# iTeh Standards (<https://standards.iteh.ai>) Document Preview

[ISO 13473-4:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/73a4f4cf-23dc-4371-b8fa-61ffe12f776d/iso-13473-4-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/73a4f4cf-23dc-4371-b8fa-61ffe12f776d/iso-13473-4-2024>



# Caractérisation de la texture d'un revêtement de chaussée à partir de relevés de profils de la surface —

## Partie 4: Analyse spectrale par bande d'un tiers d'octave des profils de la surface

### 1 Domaine d'application

Le présent document décrit les méthodes disponibles pour effectuer une analyse spectrale d'un profil de surface de chaussée. Il définit une méthode permettant d'analyser la fréquence spatiale (ou la longueur d'onde de texture) de profils de surface bidimensionnels qui décrivent l'amplitude de texture d'un revêtement de chaussée en fonction de la distance le long d'une trajectoire rectiligne ou courbe sur la chaussée. Il décrit également une autre méthode (pas privilégiée) pour obtenir ces spectres:

- a) largeur relative de bande constante obtenue par filtrage numérique (méthode normative);
- b) analyse fréquentielle par bande fine au moyen d'une transformée de Fourier discrète (TFD), suivie d'une transformation du spectre en bandes fines en spectre par bande d'octave ou de tiers d'octave (méthode informative).

Le résultat de l'analyse fréquentielle sera un spectre de fréquence spatiale (ou de longueur d'onde de texture) dans des bandes d'octave ou de tiers d'octave à pourcentage constant.

Le présent document a pour objectif de normaliser la caractérisation spectrale des profils de surface de chaussée. Pour atteindre cet objectif, une description détaillée des méthodes d'analyse et des exigences associées sont fournies aux personnes qui participent à la caractérisation des revêtements de chaussée mais qui ne connaissent pas les principes généraux de l'analyse fréquentielle des signaux aléatoires. Ces méthodes et exigences s'appliquent généralement à tous les types de signaux aléatoires; elles sont toutefois examinées en détail dans le présent document en vue de leur utilisation dans le cadre de l'analyse du profil de surface de revêtements de chaussée.

**NOTE** L'analyse spectrale telle que spécifiée dans le présent document ne peut exprimer l'ensemble des caractéristiques du profil de surface étudié. En particulier, les effets de l'asymétrie du profil, par exemple la différence de certaines propriétés fonctionnelles pour les profils «positifs» et «négatifs», ne peuvent être exprimés par la densité spectrale de puissance étant donné qu'elle fait abstraction de toute asymétrie du signal (voir l'[Annexe B](#)).

### 2 Références normatives

Les documents suivants sont mentionnés dans le texte d'une manière telle que tout ou partie de leur contenu constitue les exigences 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 ses amendements).

ISO 13473-2, *Caractérisation de la texture d'un revêtement de chaussée à partir de relevés de profils de la surface — Partie 2: Terminologie et exigences de base relatives à l'analyse de profils de texture d'une surface de chaussée*

ISO 13473-3, *Caractérisation de la texture d'un revêtement de chaussée à partir de relevés de profils de la surface — Partie 3: Spécification et classification des appareils de mesure de profil*

IEC 61260-1, *Électroacoustique — Filtres de bande d'octave et de bande d'une fraction d'octave — Partie 1: Spécifications*

Guide ISO/IEC 98-3, *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 donnés dans l'ISO 13473-2 ainsi que les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques, destinées à être utilisées dans les activités de normalisation, aux adresses suivantes:

- Plateforme de navigation en ligne de l'ISO: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- Glossaire Electropedia de l'IEC: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

#### 3.1 valeur erronée

donnée du profil mesuré indiquée comme invalide par le capteur

#### 3.2 taux de valeurs erronées

pourcentage (%) de points mesurés sur la longueur d'évaluation qui sont identifiés comme invalides

#### 3.3 longueur d'évaluation

$l$

longueur d'une portion d'un profil qui a été ou qui sera analysé

Note 1 à l'article: La longueur d'évaluation peut être égale ou non à la longueur d'une mesure de profil (mais jamais supérieure).

Note 2 à l'article: La longueur d'évaluation est normalement exprimée en mètres (m) ou en millimètres (mm).

#### 3.4 vitesse de mesure

$v$

vitesse à laquelle le capteur du profilomètre explore la surface à mesurer

Note 1 à l'article: La vitesse de mesure est normalement exprimée en kilomètres par heure (km/h) ou en mètres par seconde (m/s).

#### 3.5 longueur d'une mesure de profil

$l_p$

longueur d'une mesure ininterrompue du profil

Note 1 à l'article: La longueur d'une mesure de profil est normalement exprimée en mètres (m) ou en millimètres (mm).

#### 3.6 profilomètre

appareil utilisé pour mesurer le profil bidimensionnel (2D) d'un revêtement de chaussée

Note 1 à l'article: Tout type de profilomètre, quelle que soit sa conception, peut être utilisé à condition que les exigences de l'ISO 13473-3 soient remplies pour l'objectif spécifique de l'analyse.

Note 2 à l'article: Les profilomètres peuvent être répartis en appareils stationnaires, mobiles à vitesse faible ou mobiles à vitesse élevée.

### 3.7

#### densité spectrale de puissance

##### DSP

quantité exprimant la puissance contenue dans un signal par unité de fréquence ou par unité de longueur d'onde en fonction de la fréquence ou de la longueur d'onde

Note 1 à l'article: Dans le cas d'une transformée de Fourier discrète d'un signal échantillonné, la DSP peut être définie comme le carré de la magnitude des composantes de la série de Fourier divisée par la largeur de bande effective des bandes (fine) du spectre de Fourier (voir [C.4](#)).

Note 2 à l'article: Dans le cas de l'analyse spectrale d'un profil de surface de chaussée, le signal n'est pas une fonction du temps mais de la longueur d'évaluation  $l$ . La densité spectrale de puissance peut alors être donnée comme une fonction de la fréquence spatiale ou de la longueur d'onde (de texture) et sera exprimée en  $m^2/m^{-1} = m^3$  ou en  $m^2/mm$ , respectivement.

Note 3 à l'article: Le mot "puissance" dans cette désignation provient de la terminologie des signaux électriques et acoustiques où les signaux incorporent une puissance réelle et où le carré de l'amplitude est une mesure de cette puissance.

### 3.8

#### intervalle d'échantillonnage

##### $\Delta X$

distance entre deux points de mesure successifs du profil de surface, qui est égale à la vitesse de mesure divisée par la fréquence d'échantillonnage du capteur

Note 1 à l'article: L'intervalle d'échantillonnage est normalement exprimé en millimètres (mm).

### 3.9

#### fréquence spatiale

##### $f_{sp}$

nombre de cycles sinusoidaux par unité de longueur

Note 1 à l'article: La fréquence spatiale est normalement exprimée en mètres à la puissance  $-1$  ( $m^{-1}$ ); voir également la Note 3 en [3.12](#).

Note 2 à l'article: Le terme «fréquence» utilisé dans le domaine temporel correspond au terme «fréquence spatiale» dans le domaine spatial.

### 3.10

#### profil de surface

#### profil de texture

##### $Z(X)$

contour supérieur d'une coupe verticale à travers une chaussée

Note 1 à l'article: Le profil de texture est similaire au profil de surface, mais limité au domaine de la texture.

Note 2 à l'article: le profil de la surface est décrit par deux coordonnées: l'une dans le plan de la surface, nommée distance (abscisse), l'autre perpendiculaire au plan de la surface, nommée déplacement vertical (ordonnée). La distance peut être longitudinale ou latérale (transversale) par rapport au sens de circulation d'une chaussée, ou dans un cercle ou prendre n'importe quelle direction entre ces extrêmes.

### 3.11

#### spectre du profil de surface

#### spectre de texture

spectre obtenu lorsqu'une courbe de profil a été analysée par des techniques de filtrage numérique ou de transformée de Fourier discrète (TFD) en vue de déterminer la valeur de ses composantes spectrales à différentes longueurs d'ondes ([3.12](#)) ou fréquences spatiales ([3.9](#))

Note 1 à l'article: Le spectre de texture présente la valeur de chaque composante spectrale en fonction de la longueur d'onde de texture ou de la fréquence spatiale ([3.5](#)).

3.12

**longueur d’onde de la texture**

$\lambda$

grandeur décrivant la dimension horizontale des irrégularités d’un *profil de surface* (3.10)

Note 1 à l'article: La longueur d’onde (de texture) est normalement exprimée en mètres (m) ou en millimètres (mm).

Note 2 à l'article: La longueur d’onde est une grandeur communément utilisée et admise dans la terminologie électrotechnique et de traitement des signaux. Dans la mesure où de nombreux utilisateurs du présent document peuvent ne pas être habitués à utiliser le terme de longueur d’onde pour des applications sur chaussée, et dans la mesure où les signaux électriques sont souvent utilisés dans les analyses de profils de surface des routes, il y a possibilité de confusion. C’est la raison pour laquelle il est préférable d’utiliser ici l’expression «longueur d’onde de la texture» pour distinguer clairement cet usage par rapport aux autres applications.

Note 3 à l'article: La longueur d’onde de texture dans l’ISO 13473 est l’inverse de la fréquence spatiale, dont l’unité est le mètre à la puissance -1 (qui équivaut au nombre de cycles par mètre). Voir également 3.9.

Note 4 à l'article: Les longueurs d’onde sont représentées physiquement comme les différentes longueurs de parties périodiquement répétées du profil.

3.13

**niveau du profil de surface (de texture)**

$L_{tx,\lambda}$

transformation logarithmique d’une représentation en amplitude d’une courbe de profil  $Z(X)$ , cette dernière étant exprimée comme une valeur moyenne quadratique

EXEMPLE  $L_{tx,80}$  caractérise le niveau du profil de texture pour une bande de tiers d’octave centrée sur une longueur d’onde de 80 mm; voir le Tableau 1 de l’ISO 13473-2.

Note 1 à l'article: Les filtres de bande d’octave et de bande de tiers d’octave sont spécifiés en 4.4 de l’ISO 13473-2:2002.

Note 2 à l'article: Les amplitudes de texture exprimées sous forme de valeurs moyennes quadratiques, filtrées ou non, peuvent couvrir une gamme de plusieurs valeurs; typiquement  $10^{-5}$  m à  $10^{-2}$  m. La caractérisation spectrale des signaux est fréquemment utilisée dans les études acoustiques, de vibration et d’ingénierie électrotechnique. Dans tous ces domaines, l’utilisation d’échelles d’amplitude logarithmiques est très courante. Cette même approche est préférée aussi dans ce document.

ISO 13473-4:2024

Note 3 à l'article: Sur base de ces définitions, les niveaux des profils de texture dans la pratique de l’ingénierie routière se situent typiquement entre 20 dB et 80 dB.

**4 Symboles et abréviations**

Le [Tableau 1](#) présente une liste des symboles et abréviations utilisés dans le présent document.

**Tableau 1 — Signification des symboles et abréviations**

Symbole ou terme	Unité	Explication
TFD		Transformée de Fourier discrète (rapide)
TFR		Transformée de Fourier rapide
PSD		Densité spectrale de puissance
$l$	m	Longueur d’évaluation
$l_p$	m	Longueur d’une mesure de profil
$N$	-	Nombre d’échantillons
$\lambda$	m, mm	Longueur d’onde de texture
$\lambda_{max}$	m, mm	Longueur d’onde (de texture)
$v$	m/s	Vitesse de mesure
$Z(X)$	m	Profil de texture
$\Delta f$	Hz	Largeur de bande de l’intervalle de fréquence

Tableau 1 (suite)

Symbole ou terme	Unité	Explication
$L_{TX,\lambda}$	dB	Niveau du profil de texture, en bande d'octave $\lambda$ (longueur d'onde)
$L_{tx,\lambda}$	dB	Niveau du profil de texture, en bande de tiers d'octave $\lambda$ (longueur d'onde)
$a_\lambda$	m	valeur moyenne quadratique du déplacement vertical du profil de surface
$a_{ref}$	m	Valeur de référence de l'amplitude du profil de surface (= $10^{-6}$ m)
$z_i$	m	Amplitude de la $i^{\text{ème}}$ valeur de profil d'un profil échantillonné
$\Delta X$	m, mm	Incrément d'un profil échantillonné
$\alpha$	-	Facteur constant utilisé comme limite pour l'identification des pics
$f_s$	$m^{-1}$	Fréquence d'échantillonnage
$f_{sp}$	$m^{-1}$	Fréquence spatiale
$f_{sp,m}$	$m^{-1}$	Fréquence centrale d'une bande de fraction d'octave
$b_0$	M	Décalage du profil de surface
$b_1$	-	Pente du profil de surface
$w_{i,C}$	-	Fenêtre SCBW (Split Cosine Bell Window)
$Z_{i,win}$	m	Profil de surface fenêtré
$Z_k$	m	Transformée de Fourier discrète du profil fenêtré
$Z_{PSD,k}$	m	Densité spectrale de puissance de la bande étroite $m$
$Z_{p,m}$	m	Puissance dans la bande de fraction d'octave $m$
$j$	-	Unité imaginaire ( $j^2 = -1$ )
$m$	-	Indice la bande de fraction d'octave
$n$	-	Indicateur de largeur de bande

## 5 Présentation générale des méthodologies d'analyse des fréquences spatiales

Il existe essentiellement deux variantes de méthodes pour obtenir un spectre de fréquences spatiales en bandes d'octave ou de tiers d'octave à pourcentage constant. Ces deux méthodes sont les suivantes:

- Méthode 1 – filtrage numérique par largeur relative de bande constante.
- Méthode 2 – analyse de fréquence par bande étroite constante au moyen d'une transformée de Fourier discrète, suivie d'une transformation du spectre en bandes fines en spectre par bande d'octave ou de tiers d'octave.

La Méthode 1 est la méthode normative principale. Les deux méthodes donnent des résultats similaires (dans les intervalles de confiance dérivés de l'incertitude de mesure et d'analyse), à condition que la qualité des signaux soit élevée et que pour chacune des méthodes, toutes les composantes de traitement des signaux satisfassent aux exigences spécifiées dans le présent document. En outre, il convient que les bandes étroites (méthode 2) soient combinées de manière appropriée dans les bandes plus larges, ce qui peut être problématique à des fréquences spatiales basses. La Méthode 2 comporte également davantage d'étapes que la Méthode 1.

Les étapes de traitement des signaux sont présentées dans le diagramme de la [Figure 1](#). Les étapes de calcul sont décrites plus en détail au chapitre 6, au chapitre 7 et à l'[Annexe C](#).

NOTE La Méthode 1 et la Méthode 2 donnent des résultats très similaires pour toutes les longueurs d'onde de texture[11].

# ISO 13473-4:2024(fr)

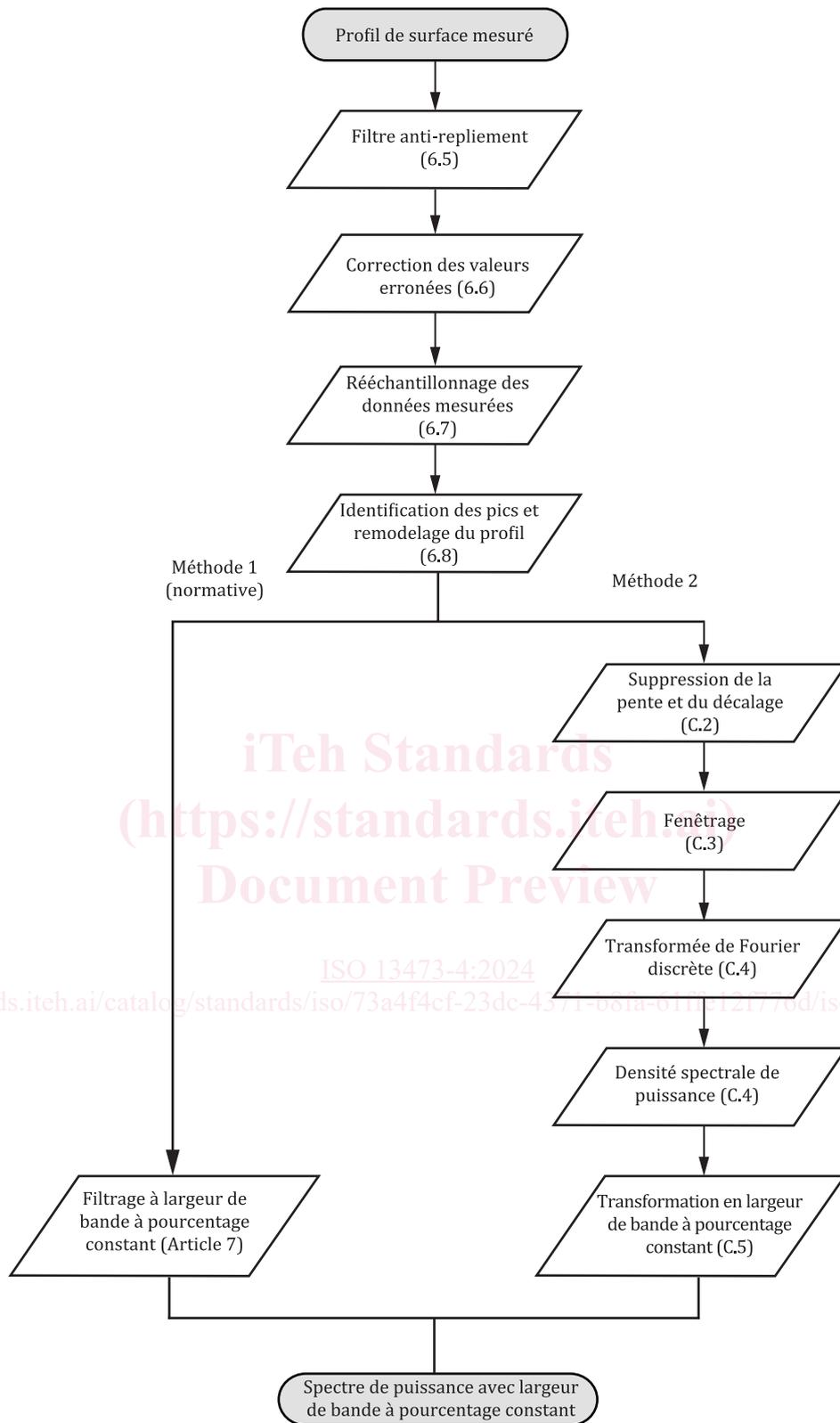


Figure 1 — Diagramme de l'analyse spectrale faisant référence aux articles et chapitres traitant du sujet