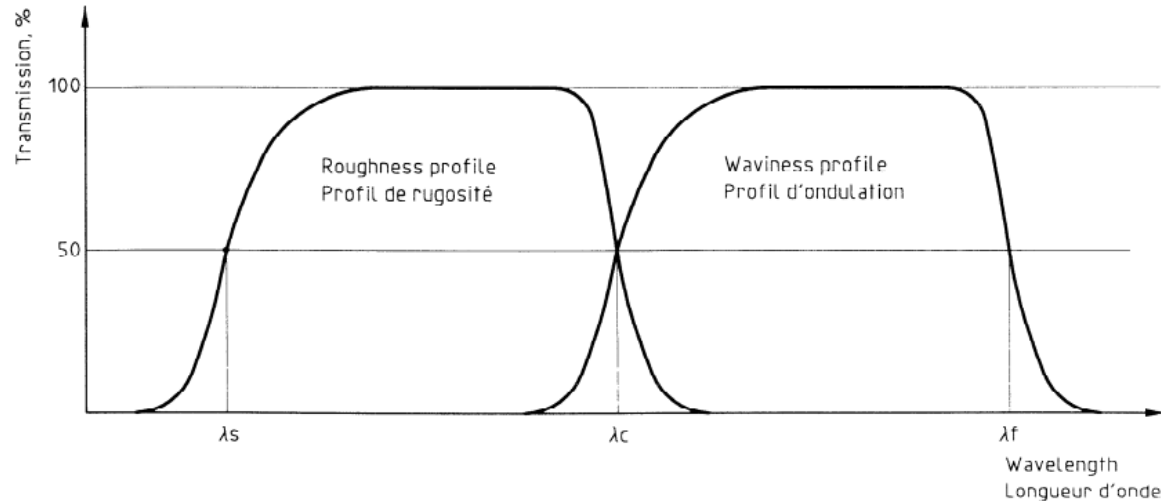


# Filtrage passe-bande

1. Le filtrage passe-bande selon l'ISO 4287 ou la VDA 2007
2. Bande passante d'un filtre gaussien
3. Réalisation du filtre passe-bande dans Mountains
4. Banque de filtres et corrélation fonctionnelle
5. Construction d'un filtre passe-bande symétrique

## Le filtrage passe-bande selon la norme NF EN ISO 4287 (1997)



**Figure 1 — Transmission characteristic of roughness and waviness profiles**  
**Figure 1 — Caractéristiques de transmission des profils de rugosité et d'ondulation**

Arborescence de l'analyse

- 1 : SHEETST2
  - [1] Courbe de profil
    - Supprimer la microrugosité
  - 2 : Microrugosité filtrée (cut-off 8.000  $\mu\text{m}$ )
    - [2] Courbe de profil
      - Redresser
    - 3 : Redressé (méthode des moindres carrés)
  - [3] Courbe de profil
  - [4] Tableau de paramètres

ISO 4287			
Paramètres d'amplitude - Profil de rugosité			
Rp	5.543	$\mu\text{m}$	Filtre gaussien, 0.8 mm
Rv	3.296	$\mu\text{m}$	Filtre gaussien, 0.8 mm
Rz	8.839	$\mu\text{m}$	Filtre gaussien, 0.8 mm
Ra	1.927	$\mu\text{m}$	Filtre gaussien, 0.8 mm
Rq	2.298	$\mu\text{m}$	Filtre gaussien, 0.8 mm
Rsk	0.6290		Filtre gaussien, 0.8 mm
Rku	2.466		Filtre gaussien, 0.8 mm

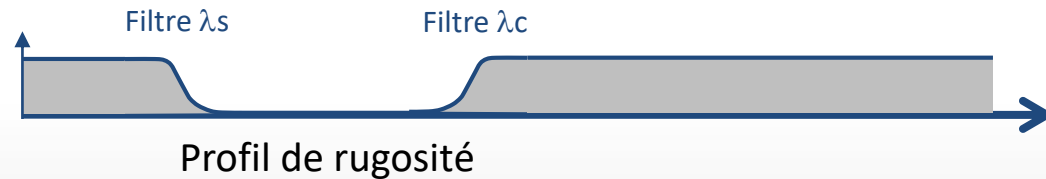
Filtre  $\lambda_s$

Opérateur F

Inclut le filtre  $\lambda_c$

Selon NF EN ISO 4287

Profil primaire



Définition de la bande-passante par un ratio  $\lambda_c/\lambda_s$  :

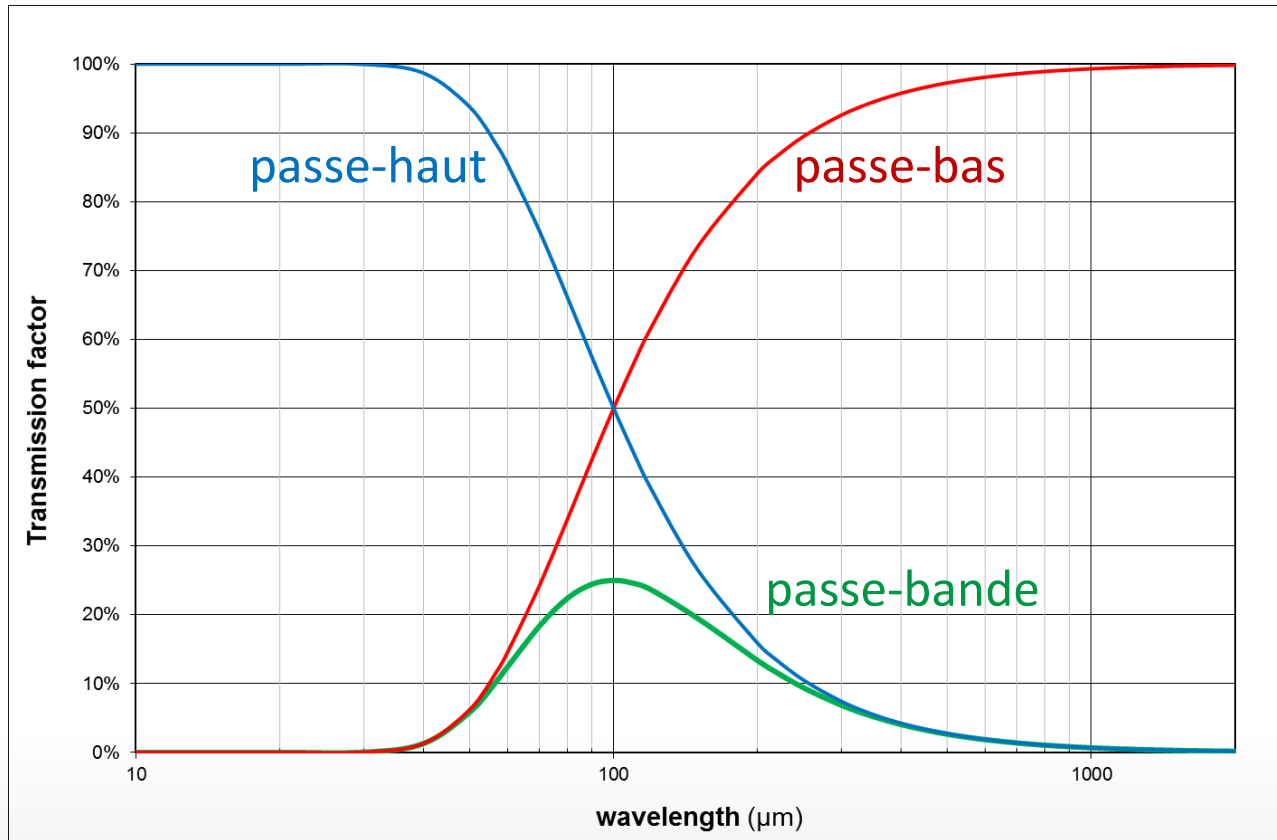
<b>30:1</b>	$\lambda_c$	0,25 mm	0,8 mm	2,5 mm
	$\lambda_s$	8 $\mu\text{m}$	25 $\mu\text{m}$	80 $\mu\text{m}$
<b>100:1</b>	$\lambda_c$	0,25 mm	0,8 mm	2,5 mm
	$\lambda_s$	2,5 $\mu\text{m}$	8 $\mu\text{m}$	25 $\mu\text{m}$
<b>300:1</b>	$\lambda_c$	0,25 mm	0,8 mm	2,5 mm
	$\lambda_s$	0,8 $\mu\text{m}$	2,5 $\mu\text{m}$	8 $\mu\text{m}$

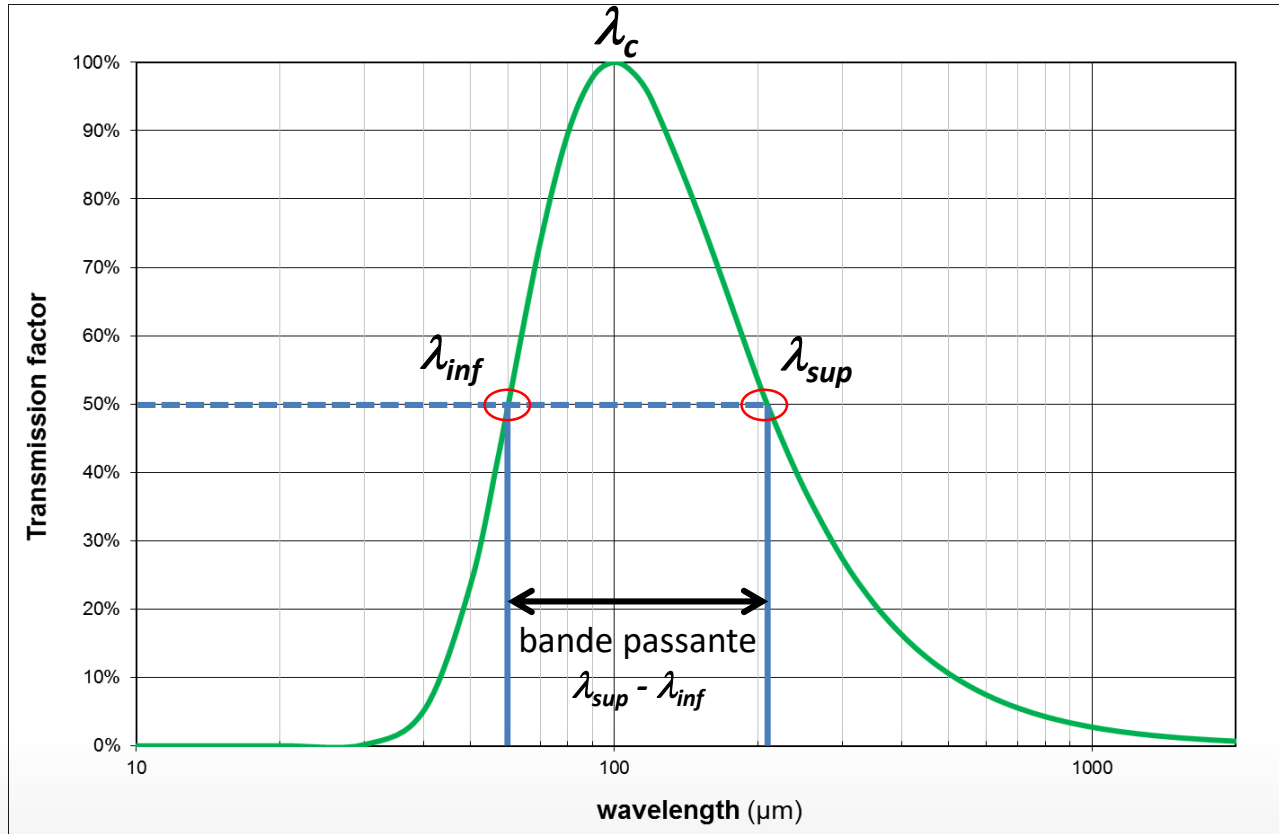
## Le filtrage passe-bande selon la norme VDA 2007

VDA Recommendation		February 2007
	Geometrical Product Specifications <b>Surface Texture</b> Definitions and Parameters of the Dominant Waviness	<b>VDA 2007</b>
Descriptors: surface texture, waviness, evaluation, rules, methods		

### 3.6 **Zero bandpass** filter

The zero bandpass filter is a bandpass filter with a nominal bandwidth of zero. In this particular case, the wavelength limit of the low-pass filter is equal to the wavelength limit of the high-pass filter. The signal transmission at the point of the wavelength limit is reduced by double-filtering and is again compensated to 100% by an appropriate multiplication, for example by a factor of 4 in the case of the Gaussian filter. Thus, other wavelengths in the surface are not transmitted or are only transmitted in a highly damped manner.





Filtrage passe-bande = Filtrage à gauche et à droite

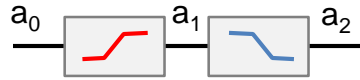
**passe-bas**  
on coupe les  
longueurs d'onde  
plus petites que  $\lambda_{inf}$

The diagram consists of a central text line at the top: 'Filtrage passe-bande = Filtrage à gauche et à droite'. Two blue arrows point downwards from the words 'à gauche' and 'à droite' to two separate text blocks. The left block is titled 'passe-bas' in red and describes cutting off wavelengths smaller than  $\lambda_{inf}$ . The right block is titled 'passe-haut' in blue and describes cutting off wavelengths larger than  $\lambda_{sup}$ .

**passe-haut**  
on coupe les  
longueurs d'onde  
plus grandes que  $\lambda_{sup}$



## Filtre gaussien



Filtre passe-bas (ondulation) :

$$\frac{a_1}{a_0} = \exp^{-\pi\alpha^2\frac{\lambda_c^2}{\lambda^2}}$$

Filtre passe-haut (rugosité) :

$$\frac{a_2}{a_1} = 1 - \exp^{-\pi\alpha^2\frac{\lambda_c^2}{\lambda^2}} = 1 - \frac{a_1}{a_0}$$

Filtre passe-bande :



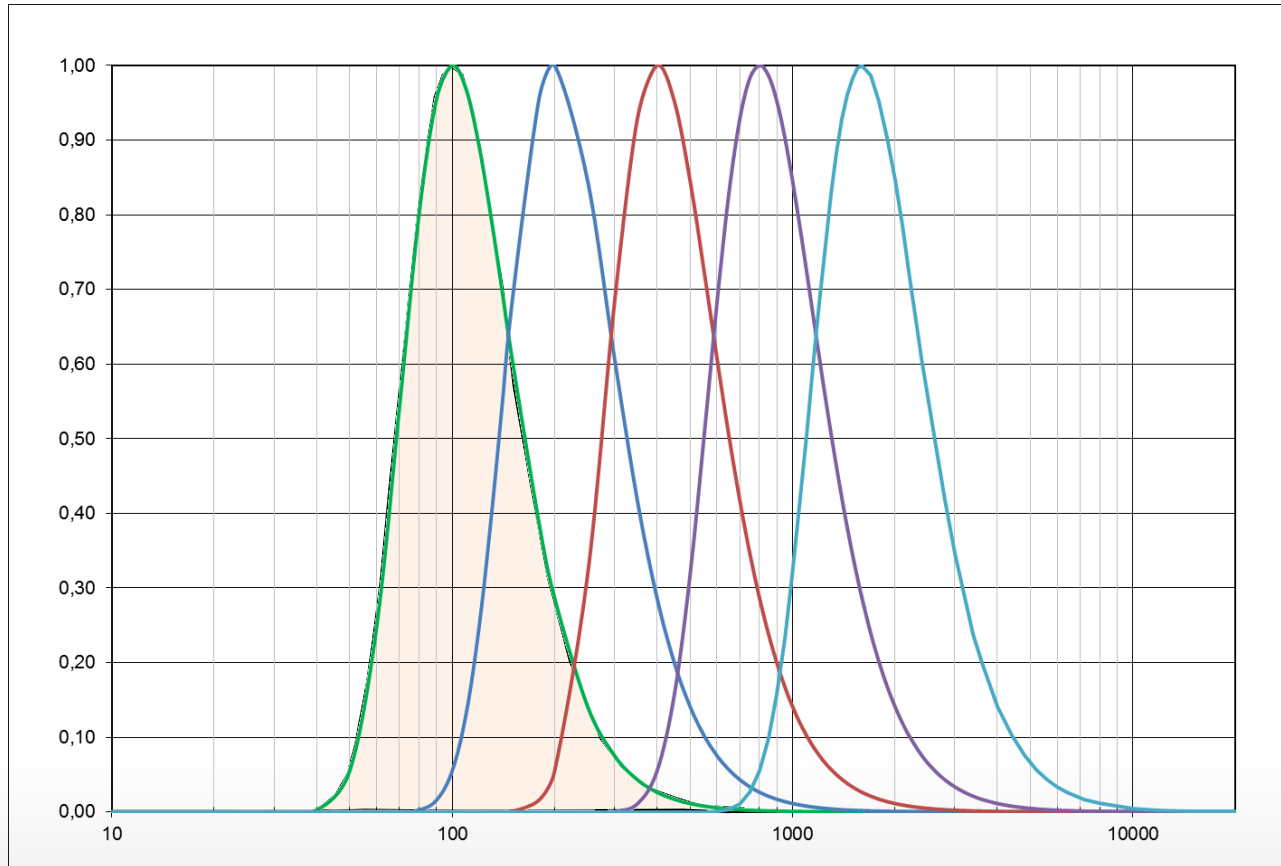
$$\frac{a_2}{a_0} = 4 \left( \exp^{-\pi\alpha^2\frac{\lambda_c^2}{\lambda^2}} - \exp^{-2\pi\alpha^2\frac{\lambda_c^2}{\lambda^2}} \right)$$

$$\lambda_{inf} = 0,601 \lambda_c$$

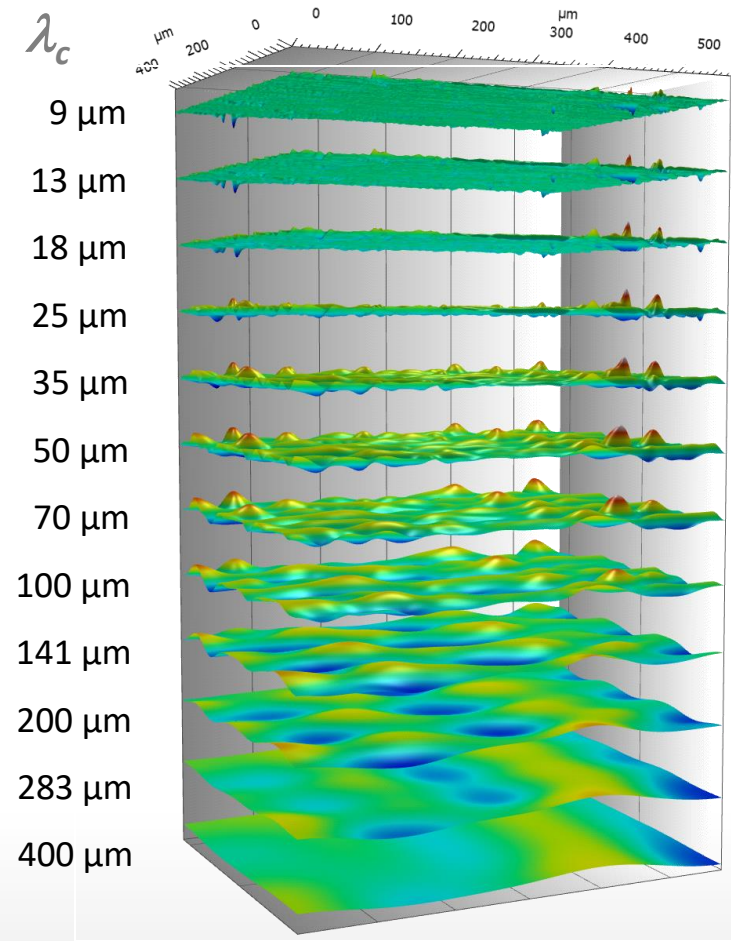
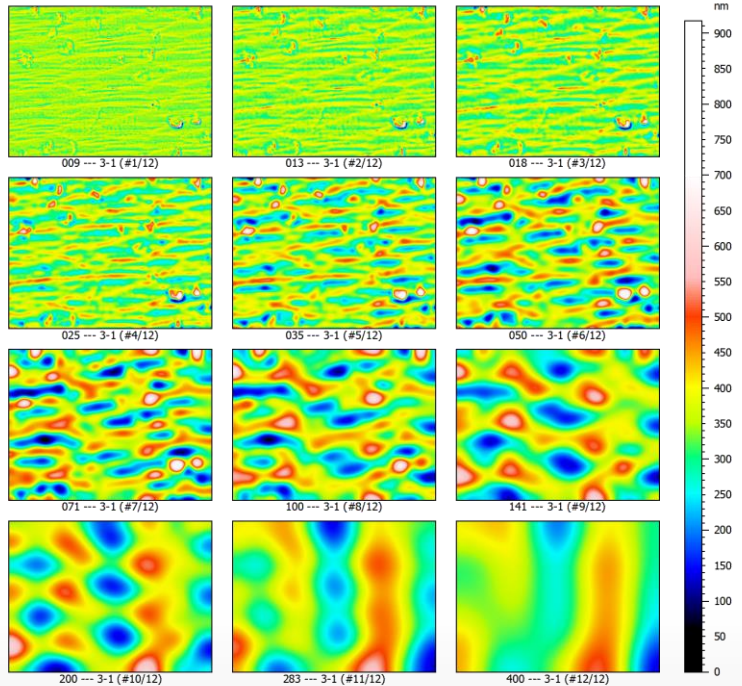
$$\lambda_{sup} = 2,092 \lambda_c$$

$$BP = 1,491 \lambda_c$$

## Banque de filtres



# Décomposition d'une surface en bandes étroites (gaussien non symétrique)



$\lambda c = 9 \mu\text{m}$

$\lambda c = 13 \mu\text{m}$

$\lambda c = 18 \mu\text{m}$

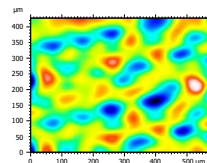
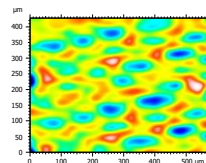
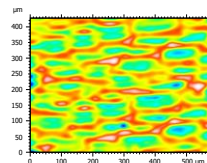
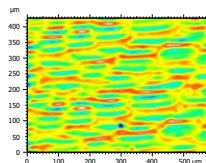
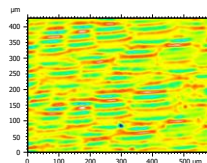
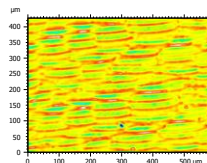
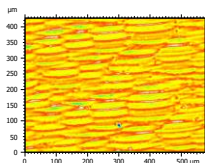
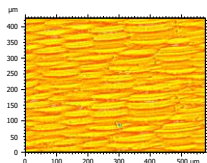
$\lambda c = 25 \mu\text{m}$

$\lambda c = 35 \mu\text{m}$

$\lambda c = 50 \mu\text{m}$

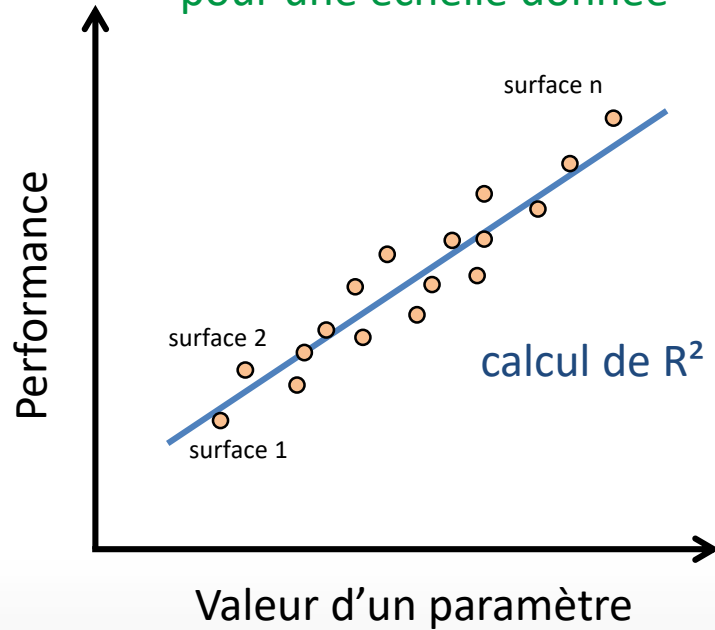
$\lambda c = 71 \mu\text{m}$

$\lambda c = 100 \mu\text{m}$



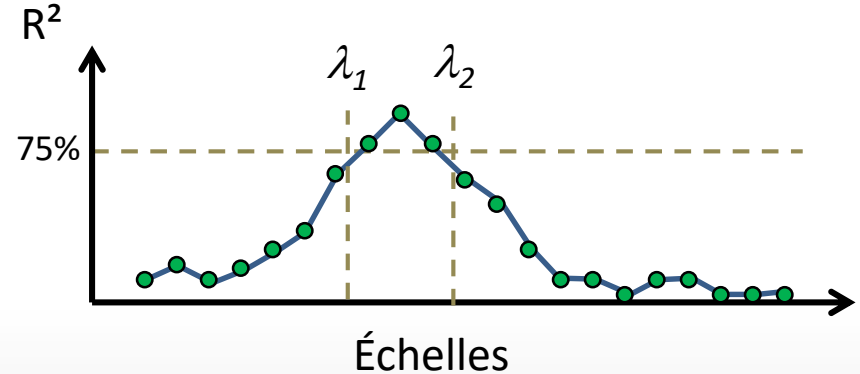
ISO 25178		ISO 25178		ISO 25178		ISO 25178		ISO 25178		ISO 25178		ISO 25178		ISO 25178			
Height Parameters		Height Parameters		Height Parameters		Height Parameters		Height Parameters		Height Parameters		Height Parameters		Height Parameters			
Sa	18.26 nm	Sa	27.05 nm	Sa	36.78 nm	Sa	46.05 nm	Sa	50.29 nm	Sa	50.88 nm	Sa	53.74 nm	Sa	62.22 nm	Sa	62.22 nm
Sq	23.50 nm	Sq	33.98 nm	Sq	45.82 nm	Sq	57.23 nm	Sq	61.75 nm	Sq	61.30 nm	Sq	67.20 nm	Sq	77.15 nm	Sq	77.15 nm
Ssk	0.2589	Ssk	0.2617	Ssk	0.1386	Ssk	0.006847	Ssk	0.007229	Ssk	5.729e-05	Ssk	-0.124	Ssk	-0.08531	Ssk	-0.08531
Sku	3.636	Sku	3.206	Sku	3.006	Sku	2.955	Sku	2.704	Sku	2.425	Sku	2.930	Sku	2.880	Sku	2.880
Sz	357.9 nm	Sz	398.5 nm	Sz	479.0 nm	Sz	532.8 nm	Sz	485.0 nm	Sz	421.0 nm	Sz	458.5 nm	Sz	499.9 nm	Sz	499.9 nm
Hybrid Parameters		Hybrid Parameters		Hybrid Parameters		Hybrid Parameters		Hybrid Parameters		Hybrid Parameters		Hybrid Parameters		Hybrid Parameters			
Sdq	0.0114	Sdq	0.01164	Sdq	0.01214	Sdq	0.01253	Sdq	0.01114	Sdq	0.007609	Sdq	0.005391	Sdq	0.004386	Sdq	0.004386
Sdr	0.006502 %	Sdr	0.006772 %	Sdr	0.007366 %	Sdr	0.007855 %	Sdr	0.006204 %	Sdr	0.002894 %	Sdr	0.001452 %	Sdr	0.0009614 %	Sdr	0.0009614 %
Functional Parameters (Vol...)		Functional Parameters (Vol...)		Functional Parameters (Vol...)		Functional Parameters (Vol...)		Functional Parameters (Vol...)		Functional Parameters (Vol...)		Functional Parameters (Vol...)		Functional Parameters (Vol...)			
Vmp	0.001353 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vmp	0.001803 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vmp	0.002184 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vmp	0.002736 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vmp	0.002843 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vmp	0.0024 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vmp	0.003292 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vmp	0.003395 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vmp	0.003395 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vmc	0.0199 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vmc	0.02995 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vmc	0.04291 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vmc	0.05299 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vmc	0.05872 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vmc	0.06089 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vmc	0.06239 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vmc	0.07362 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vmc	0.07362 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvc	0.02992 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vvc	0.04436 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vvc	0.0585 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vvc	0.0681 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vvc	0.07491 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vvc	0.07639 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vvc	0.07577 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vvc	0.09093 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vvc	0.09093 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$
Vvv	0.002564 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vvv	0.003341 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vvv	0.00435 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vvv	0.00628 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vvv	0.006332 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vvv	0.005694 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vvv	0.008075 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vvv	0.008537 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$	Vvv	0.008537 $\mu\text{m}^3/\mu\text{m}^2$

Test de plusieurs  
surfaces mesurées  
pour une échelle donnée

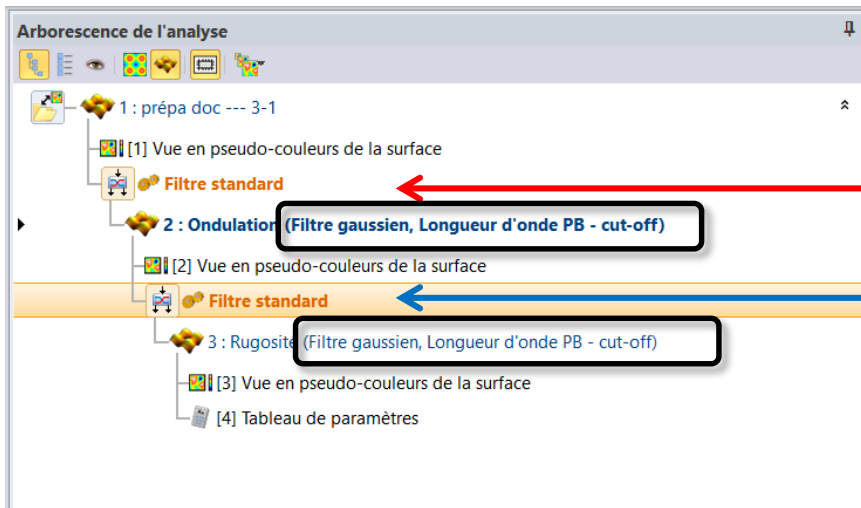


Exemple : le paramètre  $Sdq$  est corrélé avec la performance  $P_a$  quand il est analysé entre les échelles  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ .

pour un paramètre donné



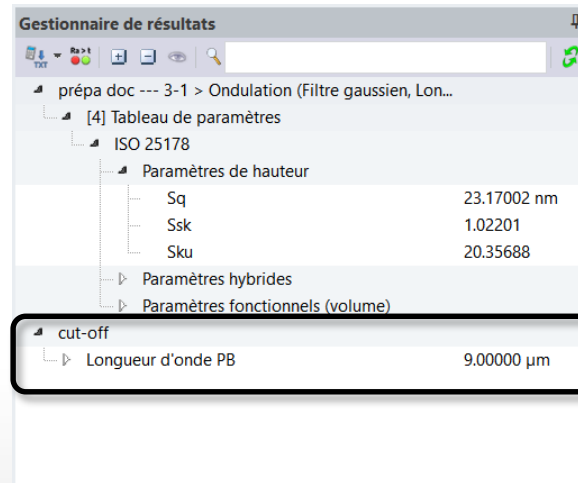
La variable est utilisée pour paramétrer les deux filtres d'un coup



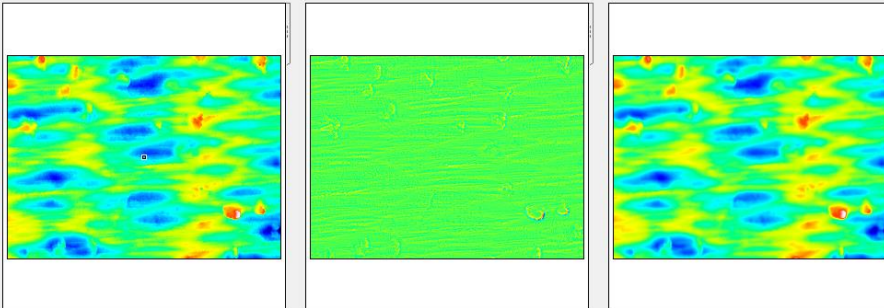
Filtre passe-bas

Filtre passe-haut

Variable créée manuellement



Opérateur: Filtre standard



Surface source

Surface de rugosité (surface S-F)  Surface d'ondulation (surface S-F)

Type de filtre

- Filtre gaussien (FALG)  
selon ISO 16610-61
- Filtre spline (FALS)  
selon ISO 16610-62
- Filtre gaussien robuste (FARG)  
selon ISO 16610-71

En savoir plus sur les types de filtres...

Taille de la surface

Source : 576.69134 µm x 736 x 471 Pts

Résultat : 576.69134 x 736 x 471 Pts

Cut-off (indice d'imbrication)

- 8 µm
- 25 µm
- 80 µm
- 250 µm
- 800 µm
- Longueur d'o... x

Entrez une valeur entre 2.73046 µm et 427.77157 µm.

Taille du cut-off : 9 µm x 9 µm 12 x 11 Pts

Effets de bord

- Couper les bords  
Les surfaces filtrées seront plus petites que la surface source, d'un cut-off.
- Gérer les effets de bord  
Les surfaces filtrées seront de la même taille que la surface source.

En savoir plus sur la gestion des effets de bord...

En savoir plus sur cet opérateur...

Appliquer l'opérateur ?

OK Annuler

Sélecteur de résultats

Utiliser une valeur fixe

9 µm

Entrez une valeur entre 2.73046 µm et 427.77157 µm.

Utiliser un résultat

cut-off

Longueur d'onde PB	9.00000 µm
--------------------	------------

En savoir plus sur le "Sélecteur de résultats"...

OK Annuler

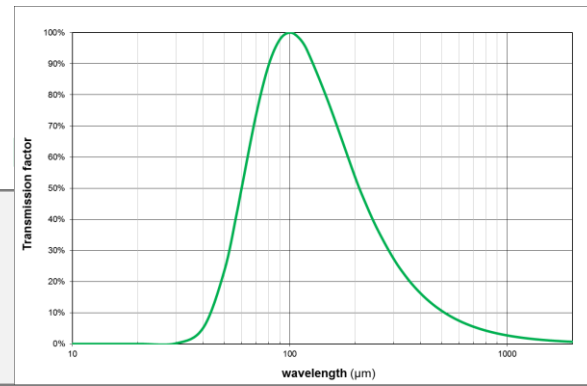
Filtre passe-bas :

Filtre passe-haut :

Gaussien  
(classique)

$$\frac{a_1}{a_0} = \exp^{-\pi\alpha^2\frac{\lambda_c^2}{\lambda^2}}$$

$$\frac{a_2}{a_1} = 1 - \exp^{-\pi\alpha^2\frac{\lambda_c^2}{\lambda^2}}$$



Gaussien  
(symétrique  
1<sup>er</sup> ordre)

$$\frac{a_1}{a_0} = \exp^{-\pi\alpha^2\frac{\lambda_c^2}{\lambda^2}}$$

$$\frac{a_2}{a_1} = \exp^{-\pi\alpha^2\frac{\lambda^2}{\lambda_c^2}}$$

$$\frac{a_2}{a_0} = 4\exp^{-\pi\alpha^2\left[\frac{\lambda_c^2}{\lambda^2} + \frac{\lambda^2}{\lambda_c^2}\right]}$$

Gaussien  
(symétrique  
n<sup>ième</sup> ordre)

$$\frac{a_1}{a_0} = \exp^{-n\pi\alpha^2\frac{\lambda_c^2}{\lambda^2}}$$

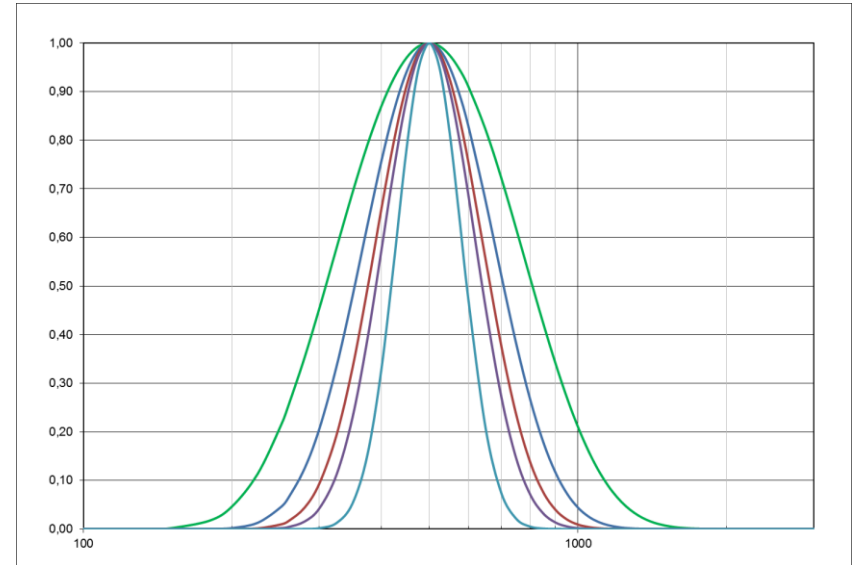
$$\frac{a_2}{a_1} = \exp^{-n\pi\alpha^2\frac{\lambda^2}{\lambda_c^2}}$$

$$\frac{a_2}{a_0} = 4^n \exp^{-n\pi\alpha^2\left[\frac{\lambda_c^2}{\lambda^2} + \frac{\lambda^2}{\lambda_c^2}\right]}$$

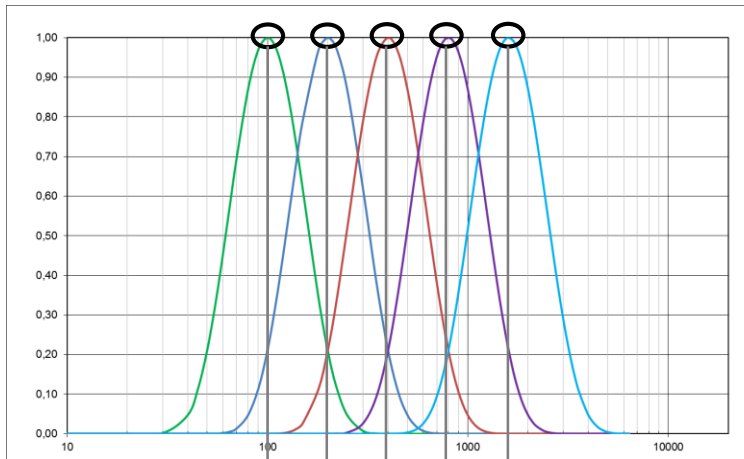


ordre	$\lambda_{sup}$	$\lambda_{inf}$	<b>BP</b> = $\lambda_{sup} - \lambda_{inf}$
<b>1</b>	1,618	0,618	1,000
<b>2</b>	1,414	0,707	0,707
<b>3</b>	1,329	0,752	0,577
<b>4</b>	1,281	0,781	0,500
<b>8</b>	1,192	0,838	0,354

en fonction de  $\lambda c$

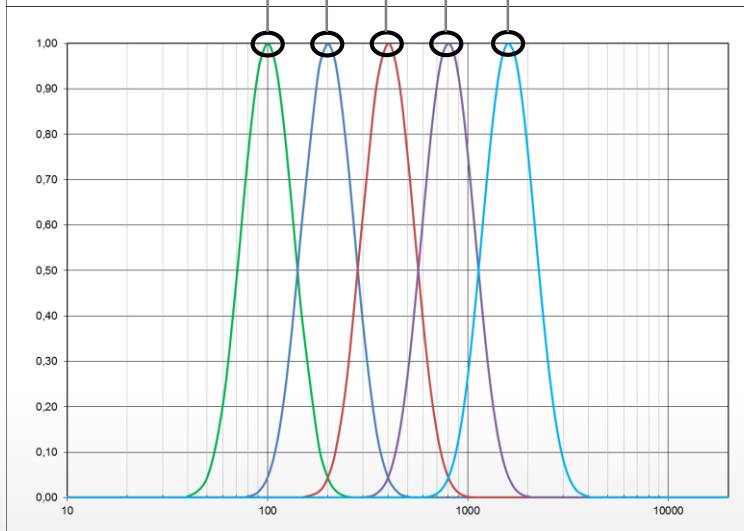


ordre 1



Filtre passe-bande  
gaussien symétrique

ordre 2



## Conclusions :

- Le filtrage passe-bande permet de réduire la bande passante d'analyse
- Réduire la bande passante améliore les corrélations fonctionnelles
- On peut utiliser le filtre gaussien classique en deux cellules cascadées
- De nouveaux filtres symétriques à bande plus étroites sont possibles
- Des fonctionnalités de Mountains permettent d'automatiser l'analyse

**Merci.**

**Des questions ?**