

IMN259 - Analyse d'images

Chapitre 2

Outils pour l'analyse d'images

Adapté des notes de cours de
Marie-Flavie Auclair-Fortier et Pierre-Marc Jodoin

OBJECTIFS DU THÈME

1. Se donner des outils de base qui servent dans diverses circonstances

- Ces outils sont des opérations qu'on effectue sur une image
- Ces outils seront réutilisés dans les chapitres suivants
- Certains de ces outils sont des rappels de IMN117 et IMN359...

PLAN

- 1. Opérations ponctuelles**
- 2. Histogramme**

3 CLASSES D'OPÉRATEURS

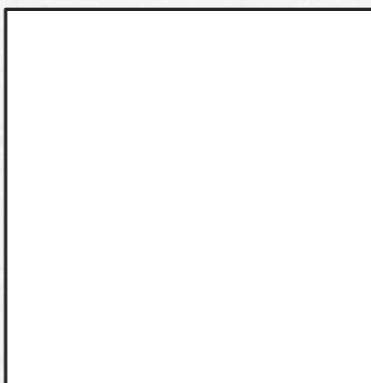
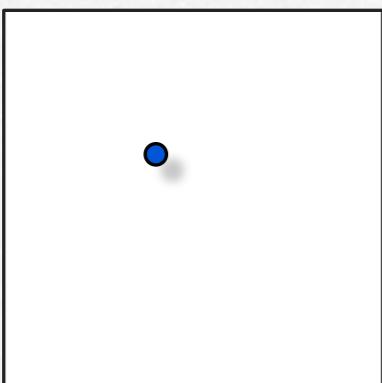
Remarque :

- La transformation $T(\cdot)$ peut impliquer une autre image
 - * opération unaire VS binaire

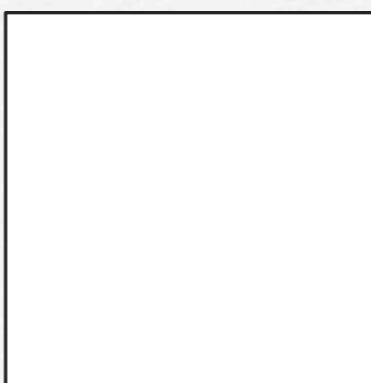
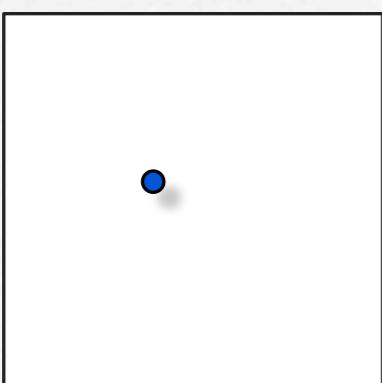
3 CLASSES D'OPÉRATEURS

Remarque :

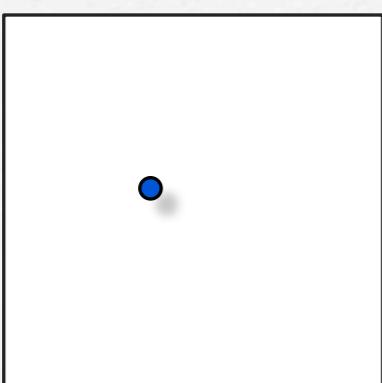
- La transformation $T(\cdot)$ peut impliquer une autre image
 - * opération unaire VS binaire



Ponctuels



Locaux

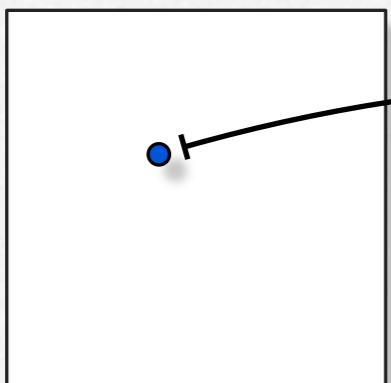


Globaux

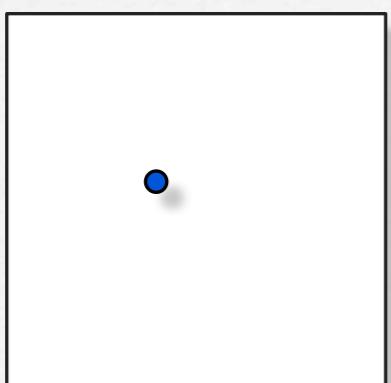
3 CLASSES D'OPÉRATEURS

Remarque :

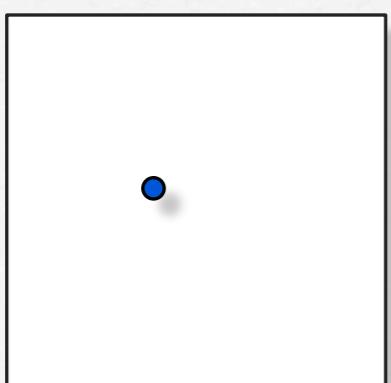
- La transformation $T(\cdot)$ peut impliquer une autre image
 - * opération unaire VS binaire



Ponctuels



Locaux

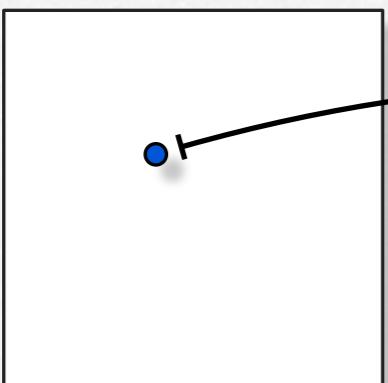


Globaux

3 CLASSES D'OPÉRATEURS

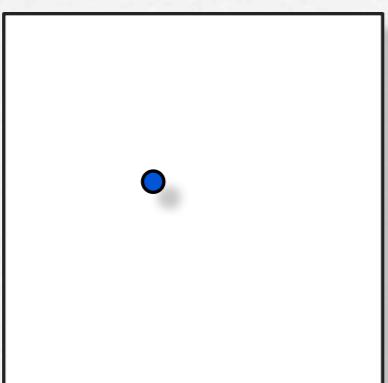
Remarque :

- La transformation $T(\cdot)$ peut impliquer une autre image
 - * opération unaire VS binaire

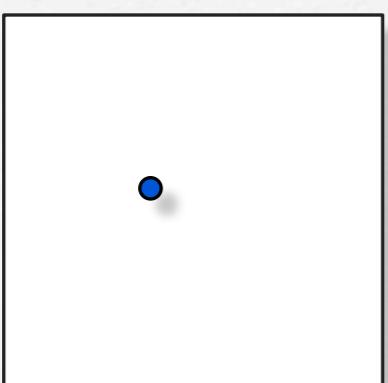


Ponctuels

- Exemple : inversion d'intensité



Locaux

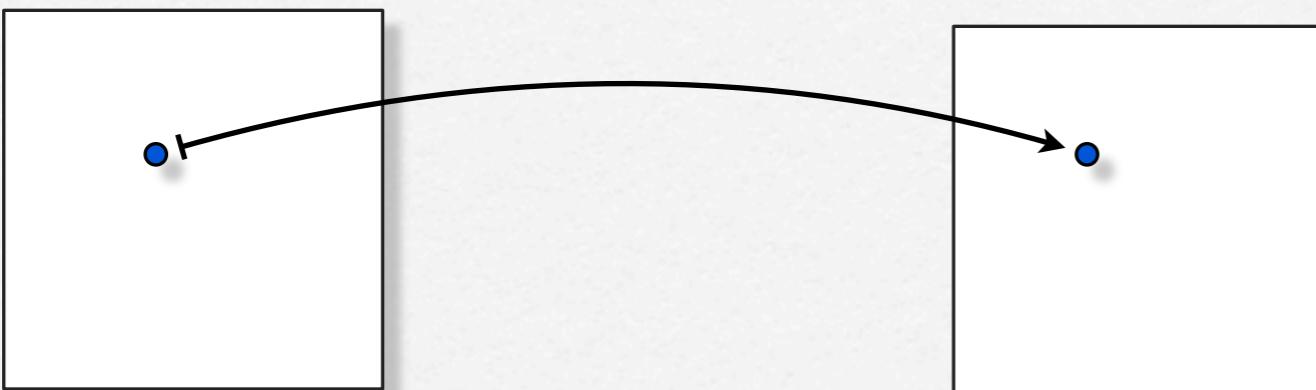


Globaux

3 CLASSES D'OPÉRATEURS

Remarque :

- La transformation $T(\cdot)$ peut impliquer une autre image
 - * opération unaire VS binaire



Ponctuels

- Exemple : inversion d'intensité



Locaux

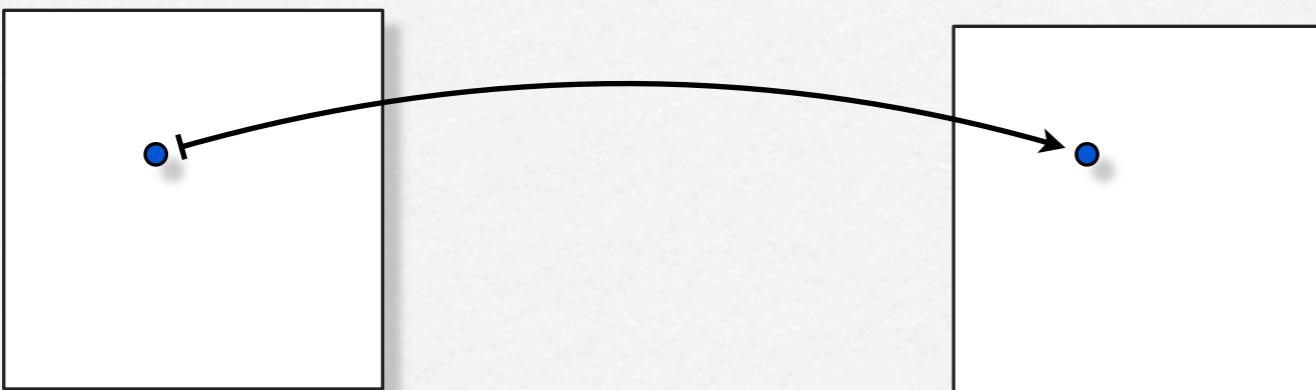


Globaux

3 CLASSES D'OPÉRATEURS

Remarque :

- La transformation $T(\cdot)$ peut impliquer une autre image
 - * opération unaire VS binaire



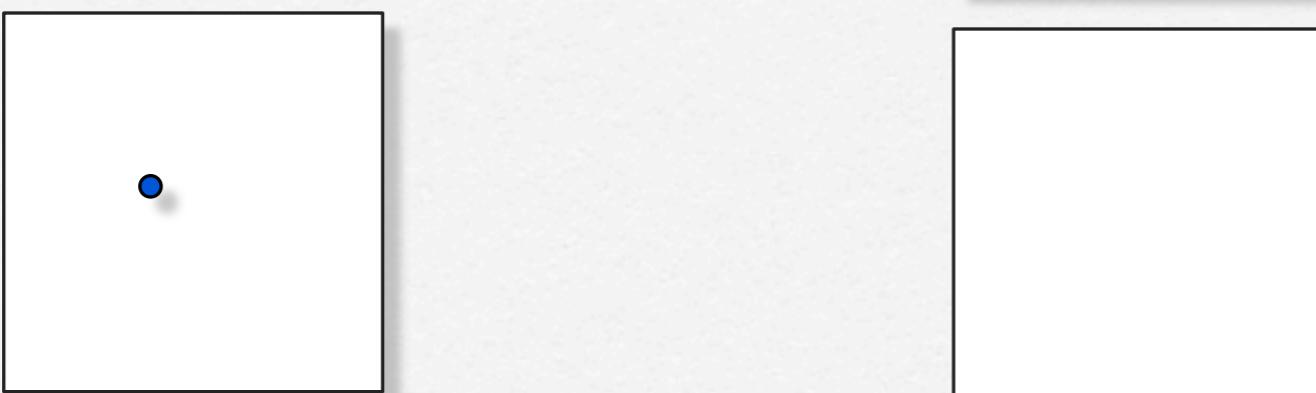
Ponctuels

- Exemple : inversion d'intensité



Locaux

- Exemple : convolution



Globaux

3 CLASSES D'OPÉRATEURS

Remarque :

- La transformation $T(\cdot)$ peut impliquer une autre image
 - * opération unaire VS binaire



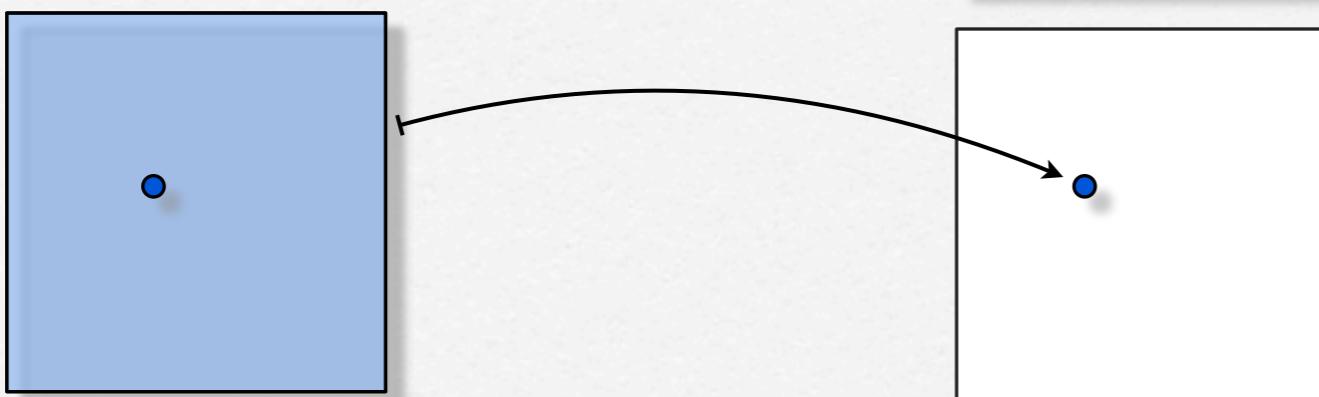
Ponctuels

- Exemple : inversion d'intensité



Locaux

- Exemple : convolution

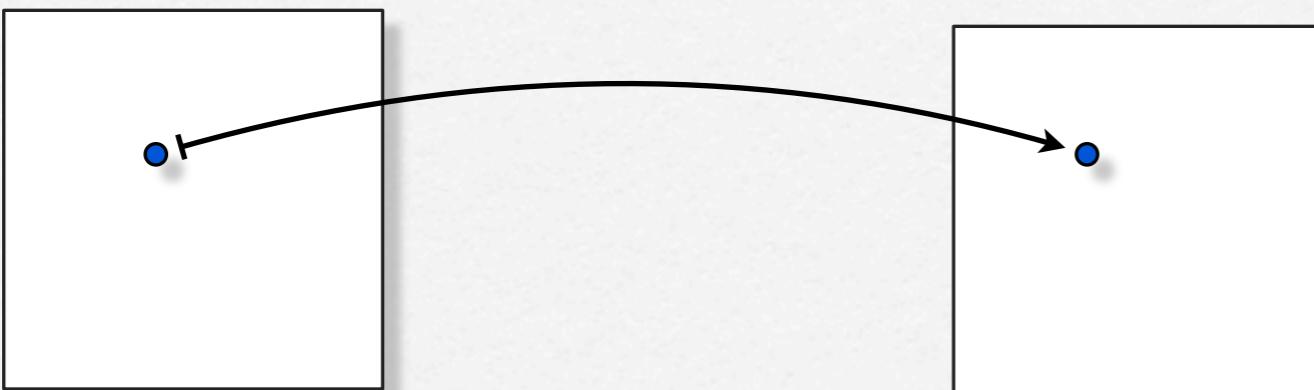


Globaux

3 CLASSES D'OPÉRATEURS

Remarque :

- La transformation $T(\cdot)$ peut impliquer une autre image
 - * opération unaire VS binaire



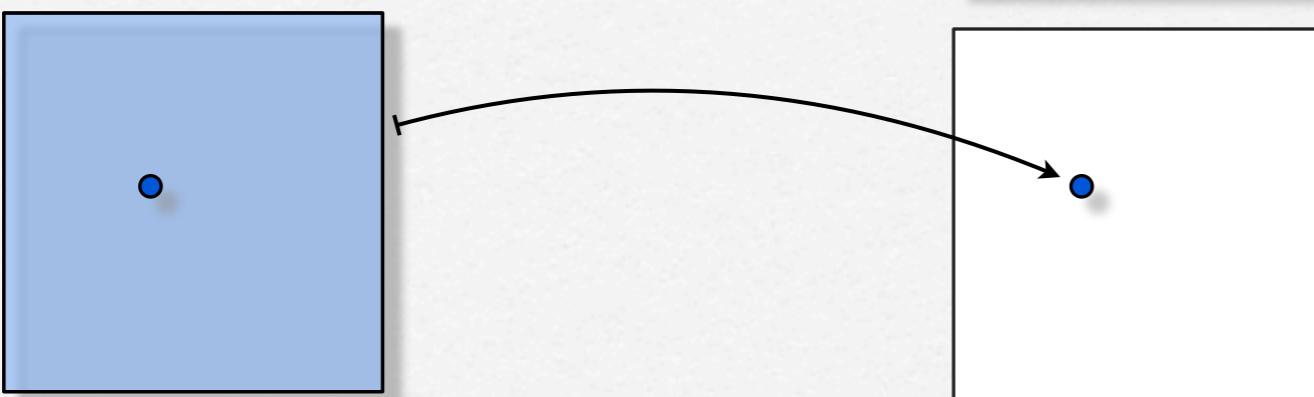
Ponctuels

- Exemple : inversion d'intensité



Locaux

- Exemple : convolution



Globaux

- Exemple : transformée de Fourier

2. Opérations ponctuelles

1. OPÉRATIONS PONCTUELLES

1. Opérations logiques

* Exemple : Masquage

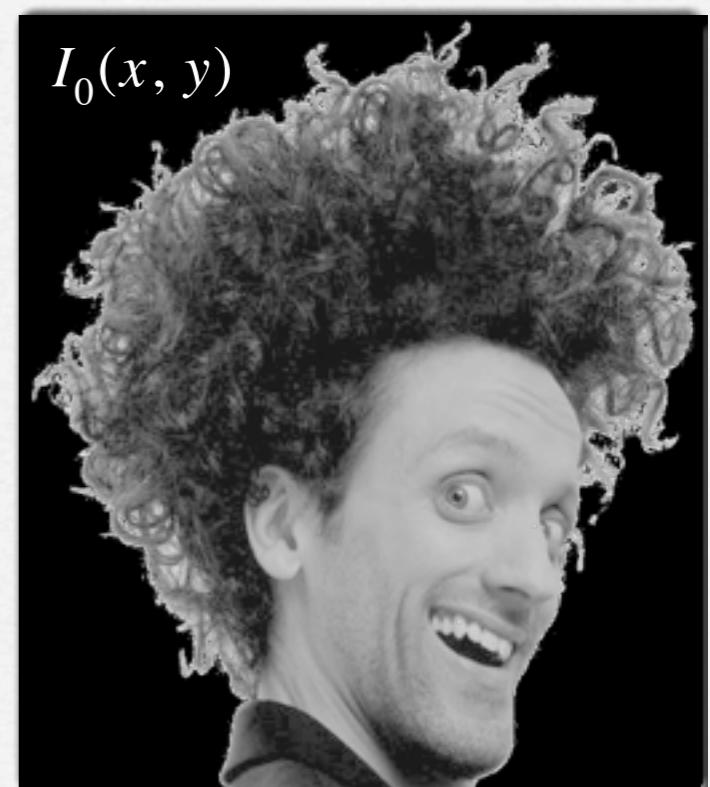
✓ $I(x, y) = I_0(x, y) \bigwedge I_1(x, y)$



ET



=



1. OPÉRATIONS PONCTUELLES

2. Opérations arithmétiques

- * Exemple : Inversion des niveaux de gris

$$I(x, y) = 255 - I_0(x, y)$$

$255 -$



=

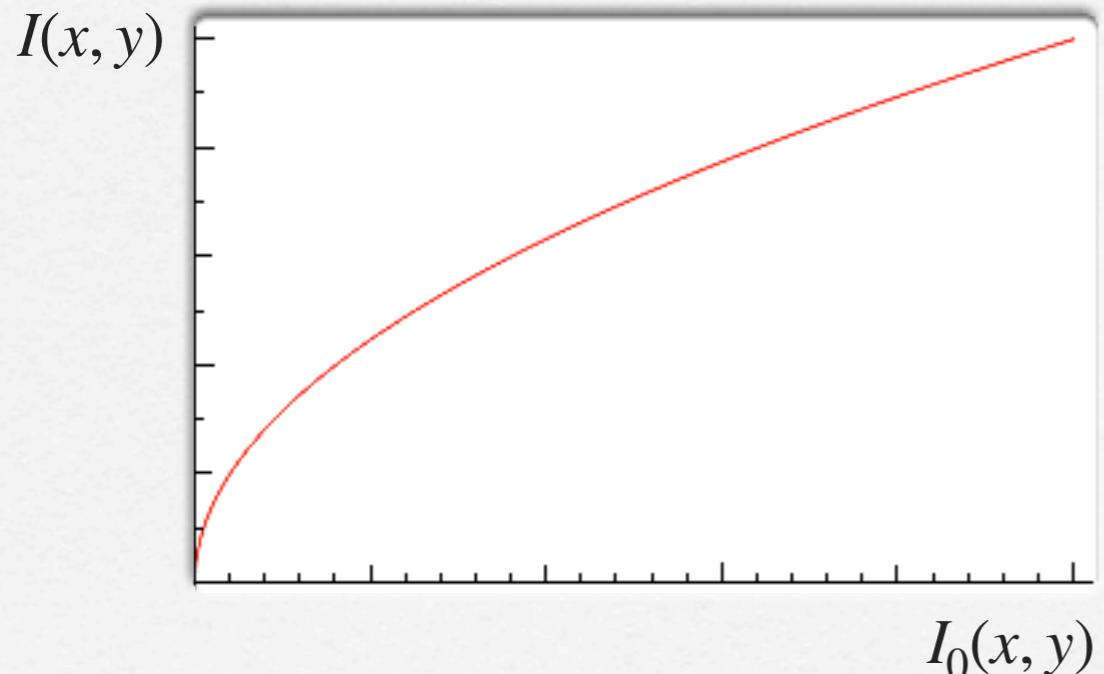


1. OPÉRATIONS PONCTUELLES

2. Opérations arithmétiques

- * Exemple : Éclaircissement des n.g.

$$I(x, y) = \sqrt{I_0(x, y)}$$



1. OPÉRATIONS PONCTUELLES

2. Opérations arithmétiques

- * Exemple : différences entre 2 images → détection de mouvement : $I(x, y) = I_1(x, y) - I_2(x, y)$

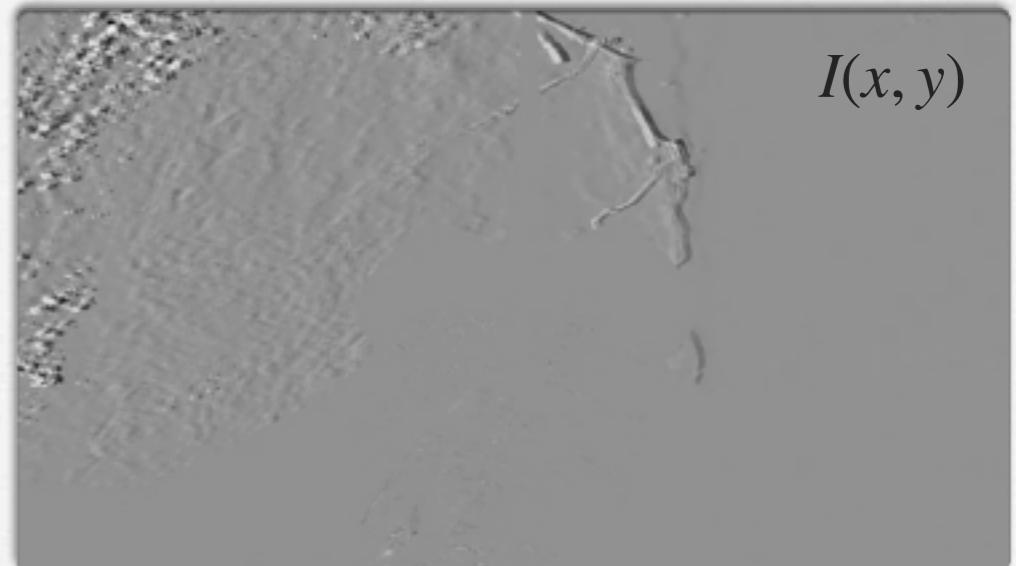


$I_1(x, y)$



$I_2(x, y)$

=



$I(x, y)$

Détection de mouvement sommaire

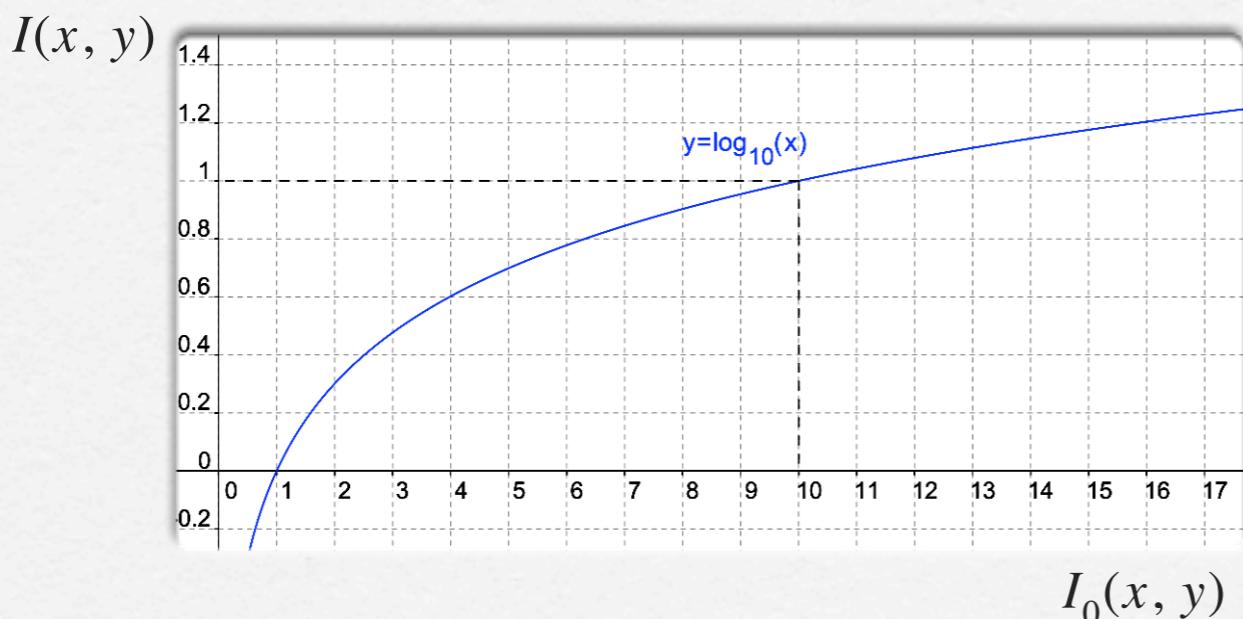
- gris : 0
- blanc : positif
- noir : négatif

1. OPÉRATIONS PONCTUELLES

3. Transformations simples

- * Exemple : Changement de la dynamique

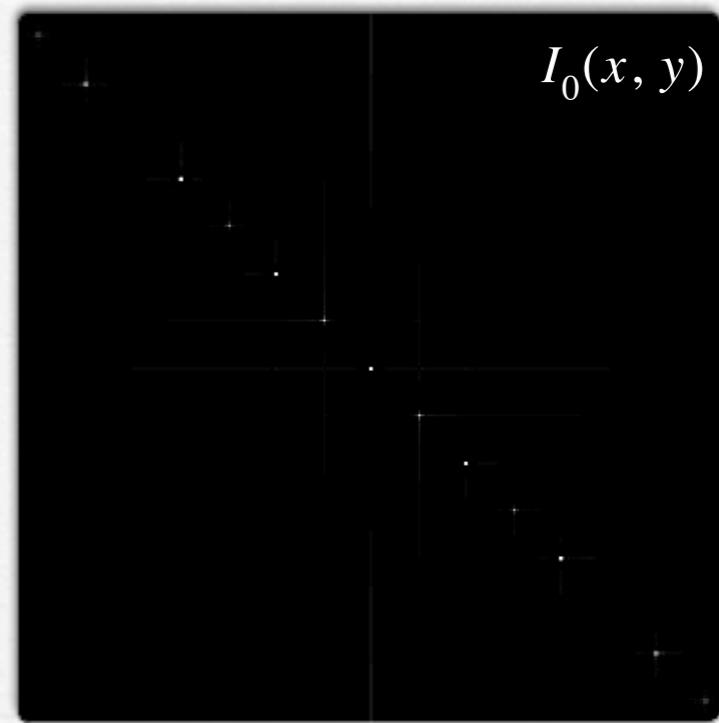
$$I(x, y) = \log(I_0(x, y) + 1)$$



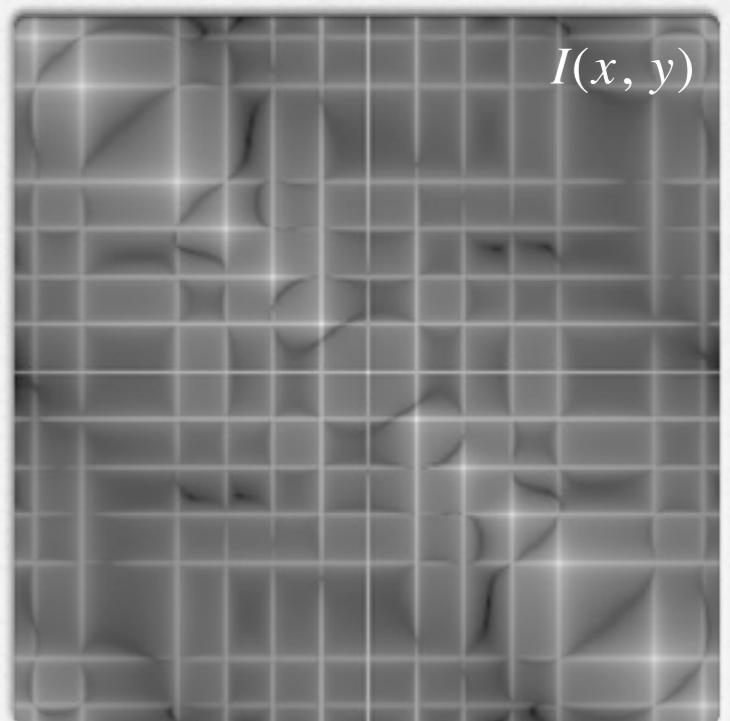
Remarque :

- Les transformations simples sont une combinaison de plusieurs opérateurs logique et/ou arithmétiques
- ✓ Ici, 2 opérations : addition avec une constante et log du résultat

$$I_0(x, y)$$



$$I(x, y)$$



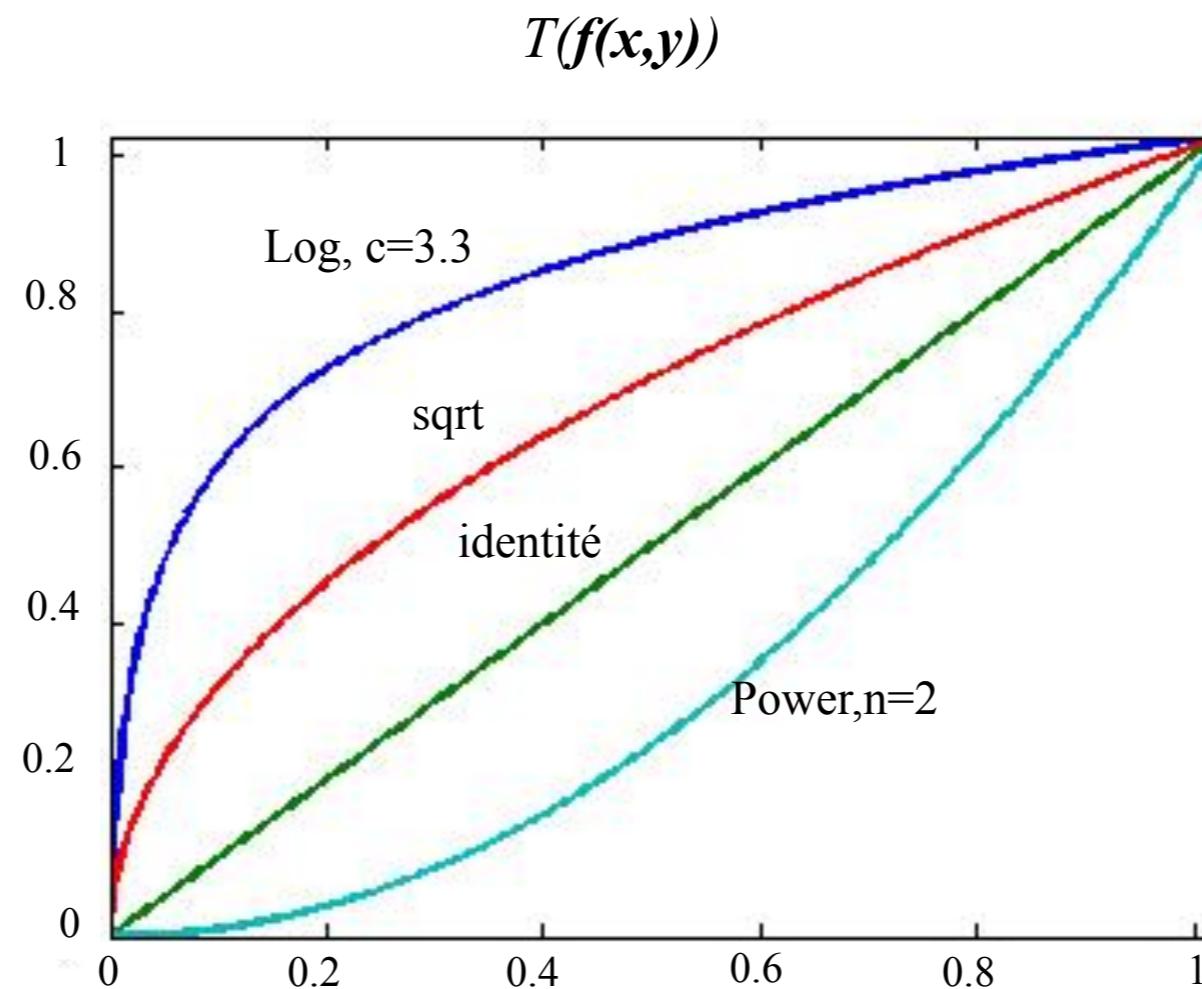
Transformations simples

$$g(x, y) = c \log_{10}(1 + f(x, y))$$

$$g(x, y) = \sqrt{f(x, y)}$$

$$g(x, y) = (f(x, y))^n$$

Niveaux de gris des pixels
de l'image de sortie $\mathbf{g(x,y)}$



Dans ce contexte, T est parfois appelée « fonction de transfert ».

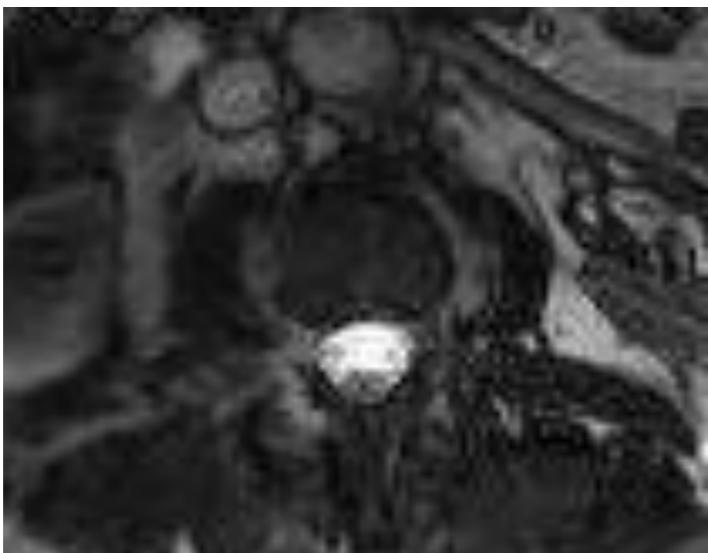
Niveaux de gris des pixels
de l'image d'entrée $\mathbf{f(x,y)}$

Note : les niveaux de gris ont été normalisés entre 0 et 1.

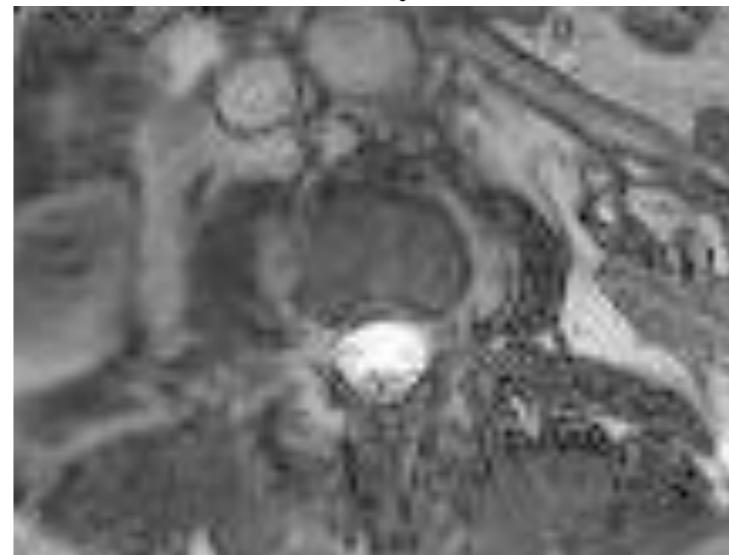
Transformations simples

Image d'une aorte

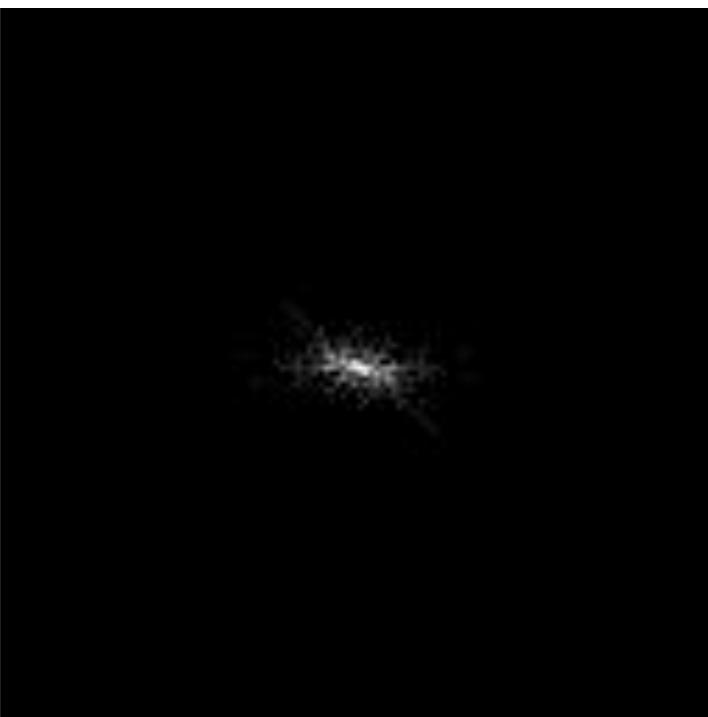
$$f(x, y)$$



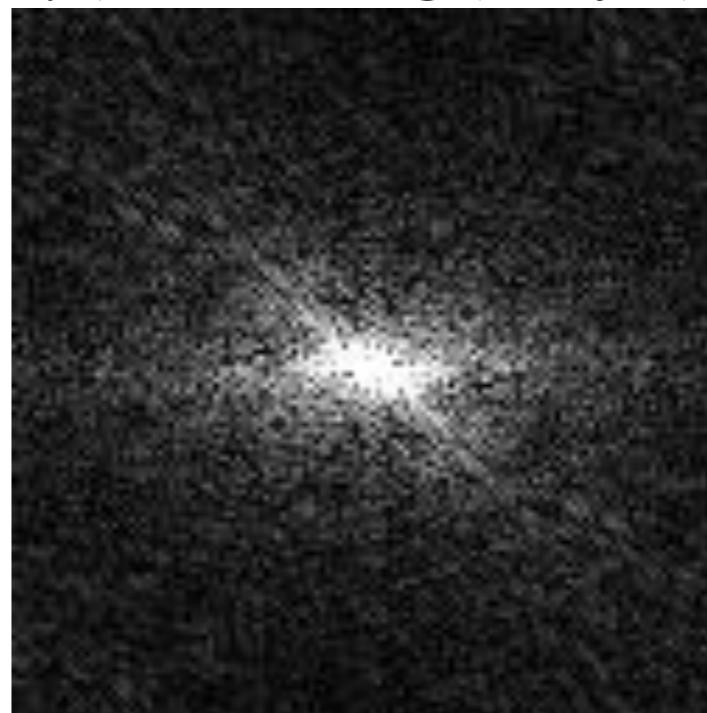
$$g(x, y) = \sqrt{f(x, y)}$$



$$f(x, y)$$



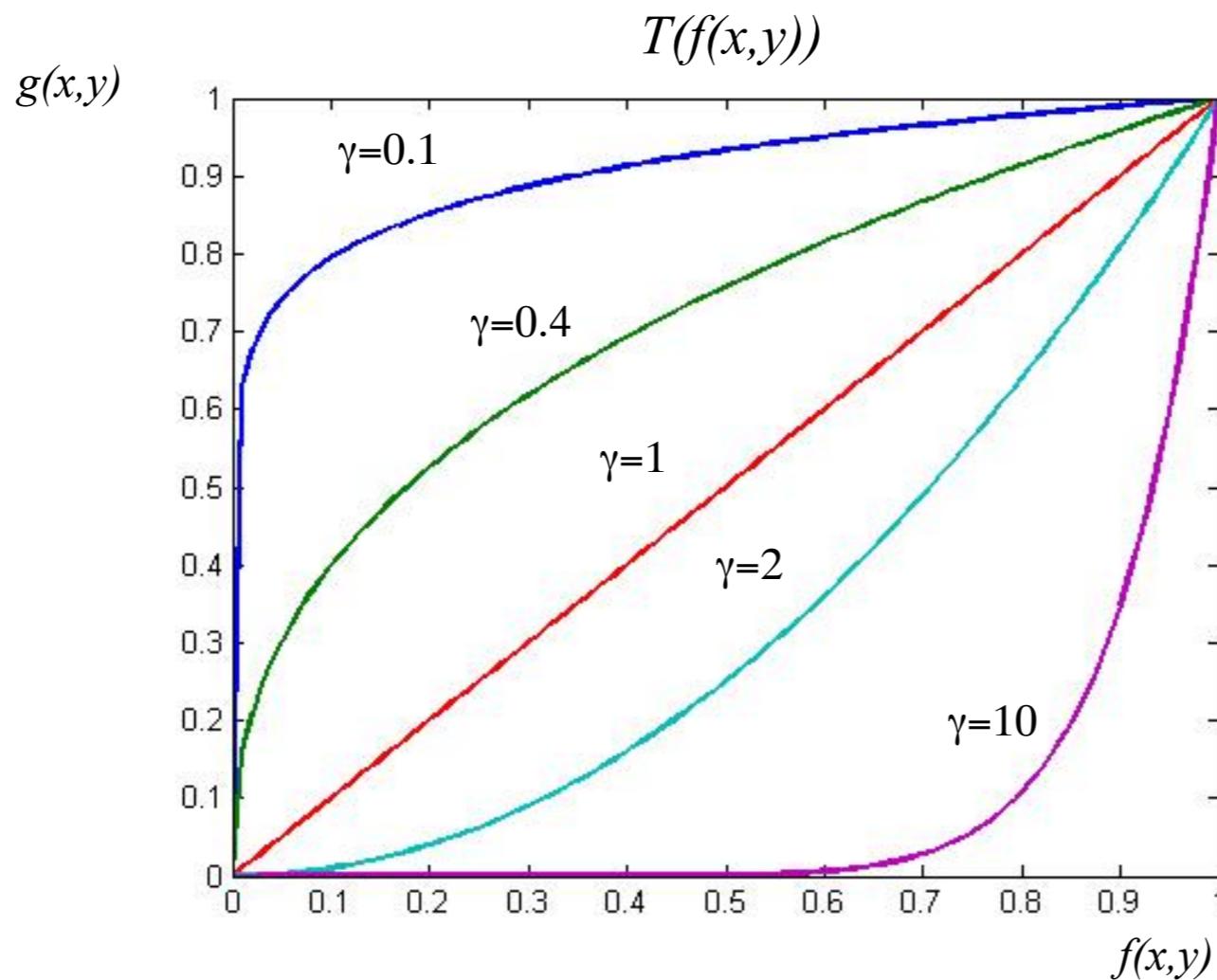
$$g(x, y) = 3.3 \log(1 + f(x, y))$$



Spectre de Fourier

Correction gamma

$$g(x, y) = (f(x, y))^\gamma$$



Note : les niveaux de gris ont été normalisés entre 0 et 1.

Correction gamma

$$g(x, y) = (f(x, y))^\gamma$$



$\gamma=0.1$



$\gamma=0.4$



$\gamma=1$



$\gamma=2$

Correction gamma

$$g(x, y) = (f(x, y))^\gamma$$



$\gamma = 1.0$



$\gamma = 2.0$



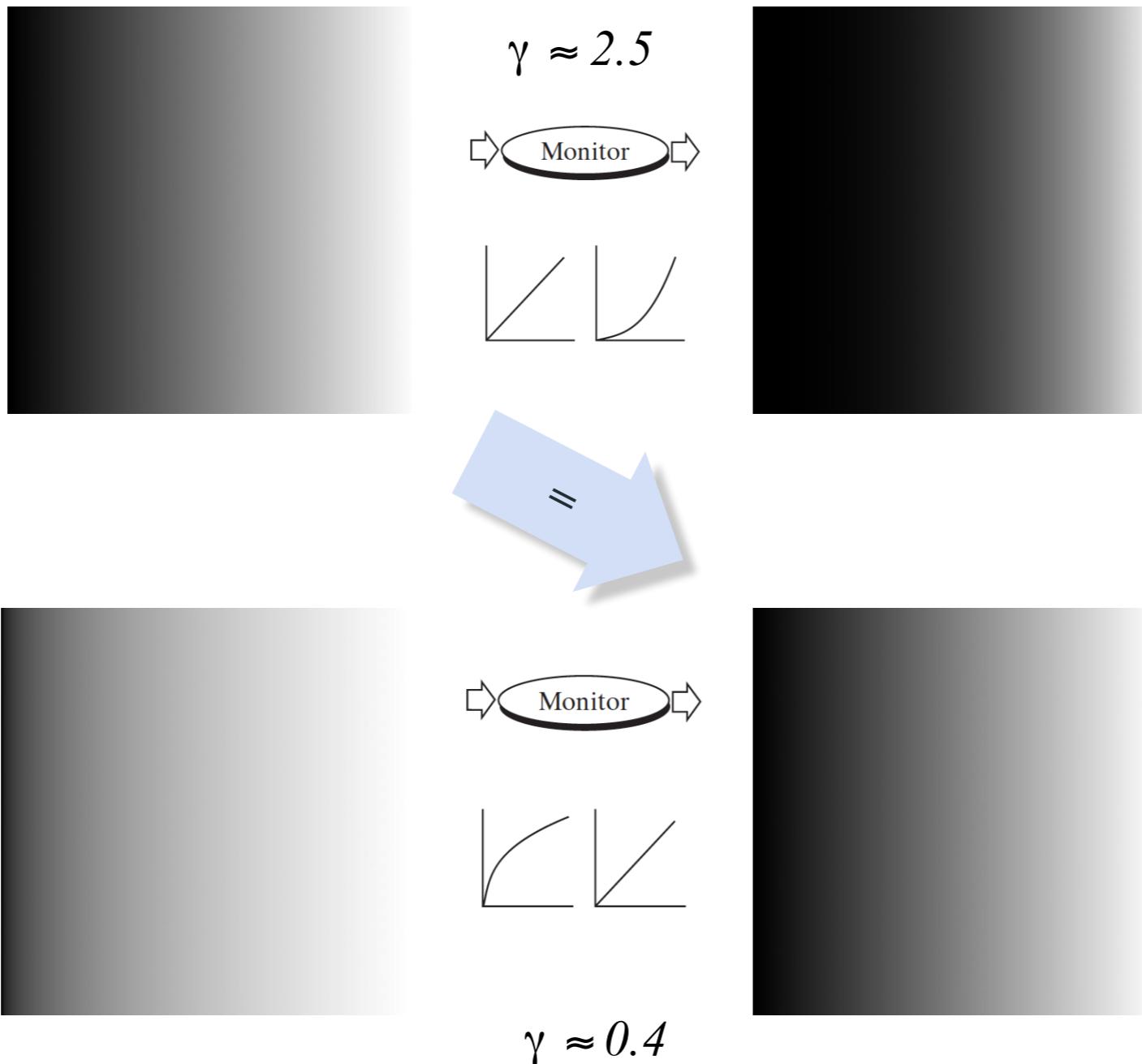
$\gamma = 3.0$



$\gamma = 4.0$

Correction gamma

La correction gamma est une opération fort utile pour compenser des distorsions de matériel (imprimante, écran, ...)



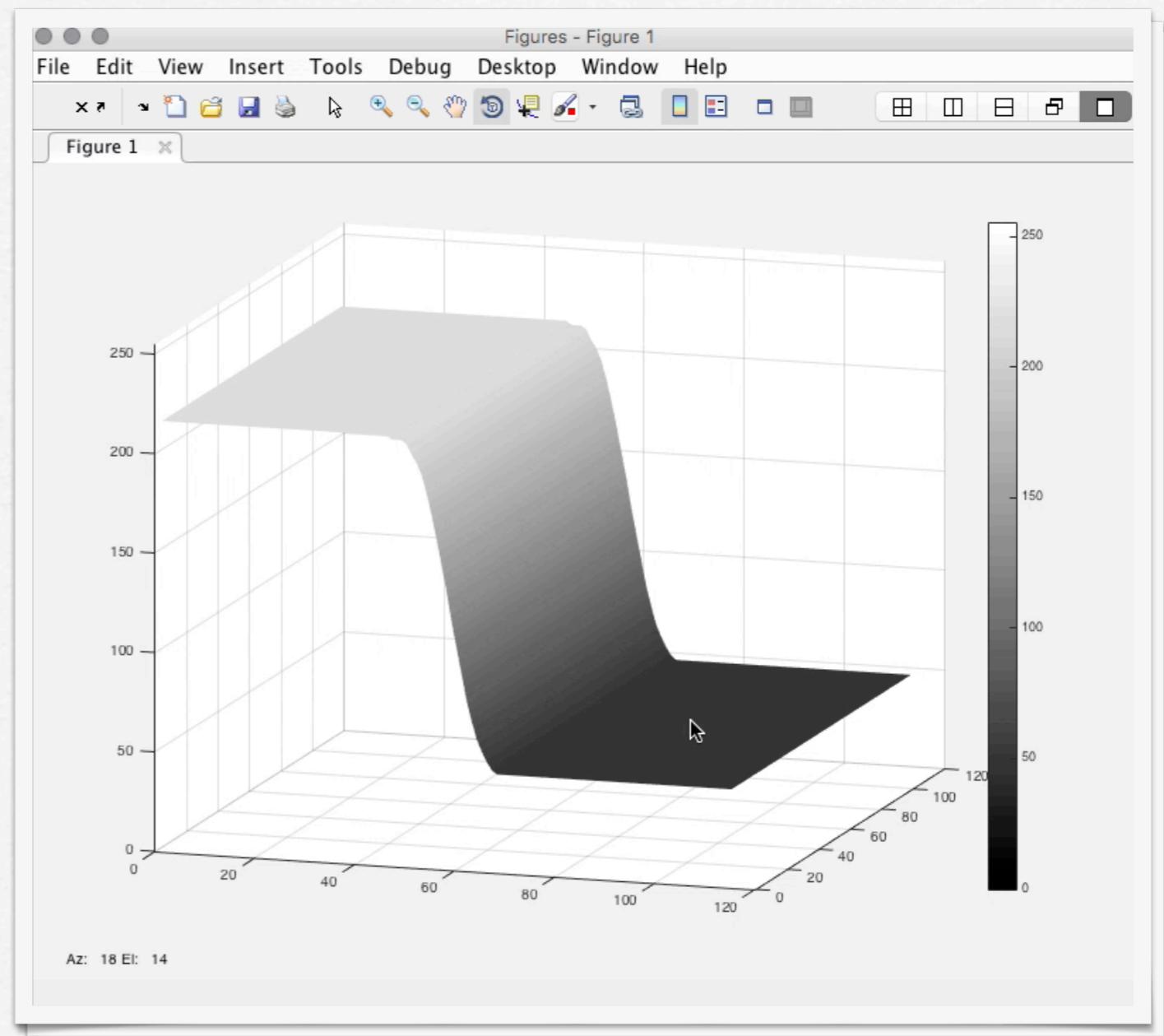
CONTRASTE VERSUS NETTETÉ DANS UNE IMAGE

* Une image



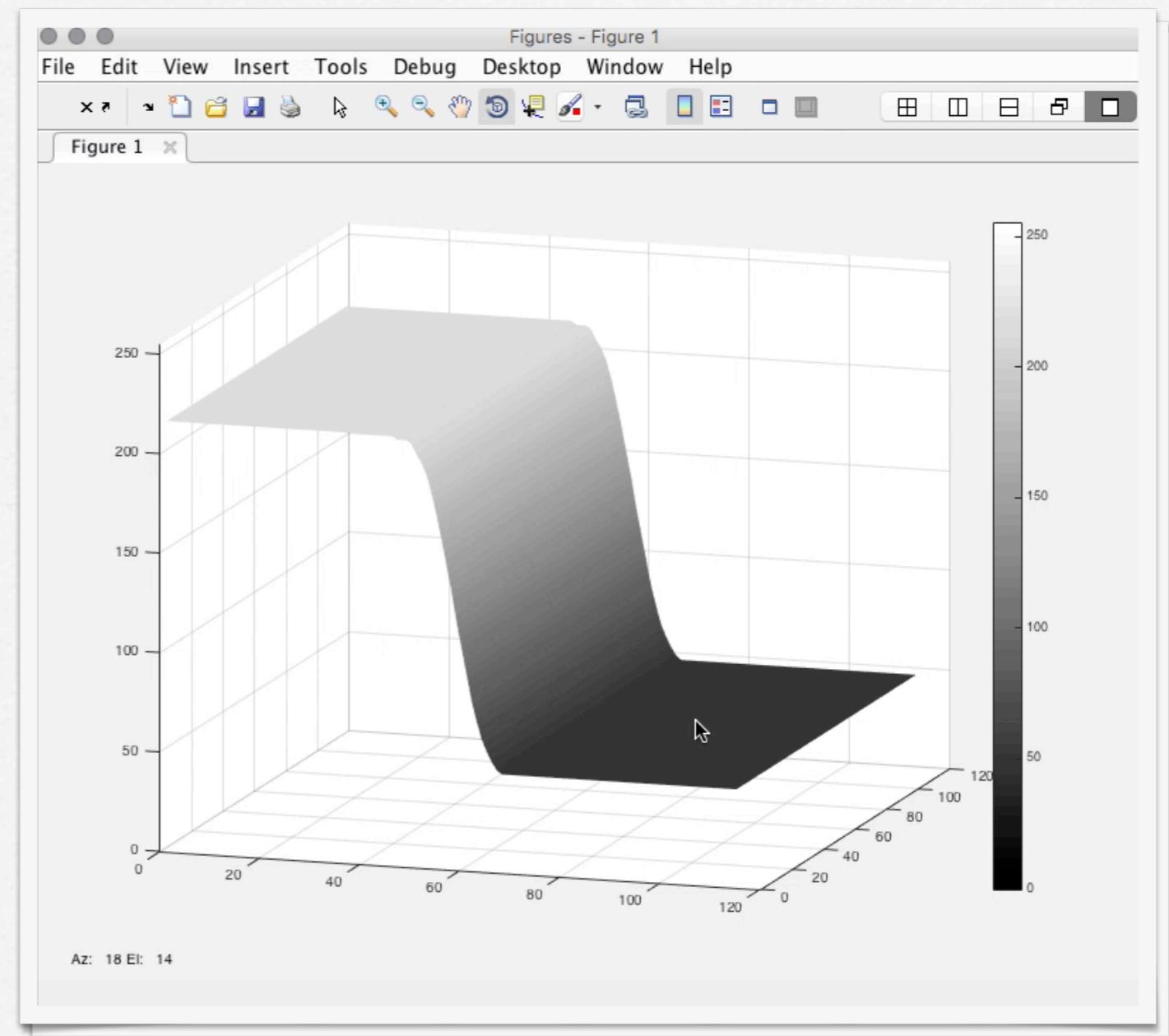
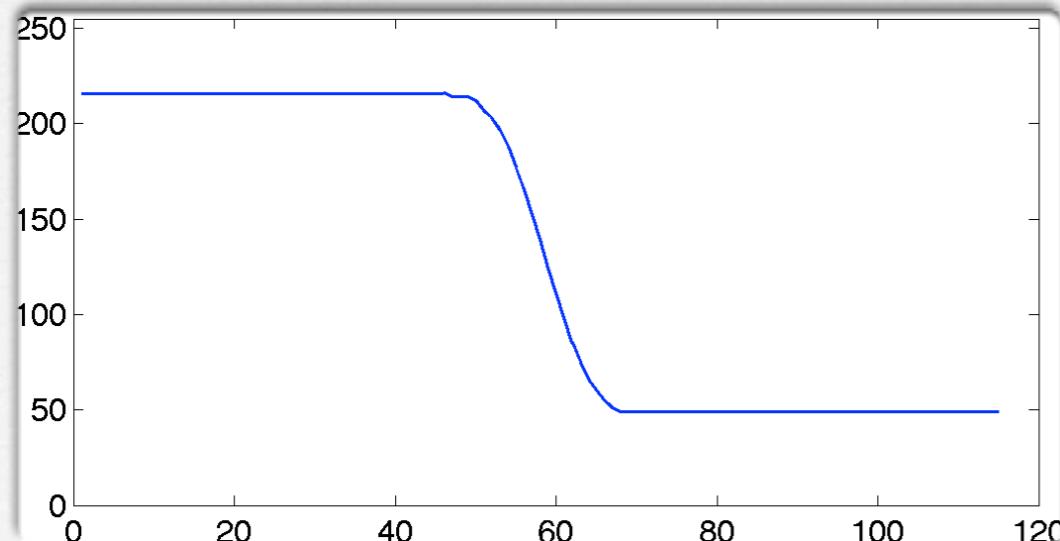
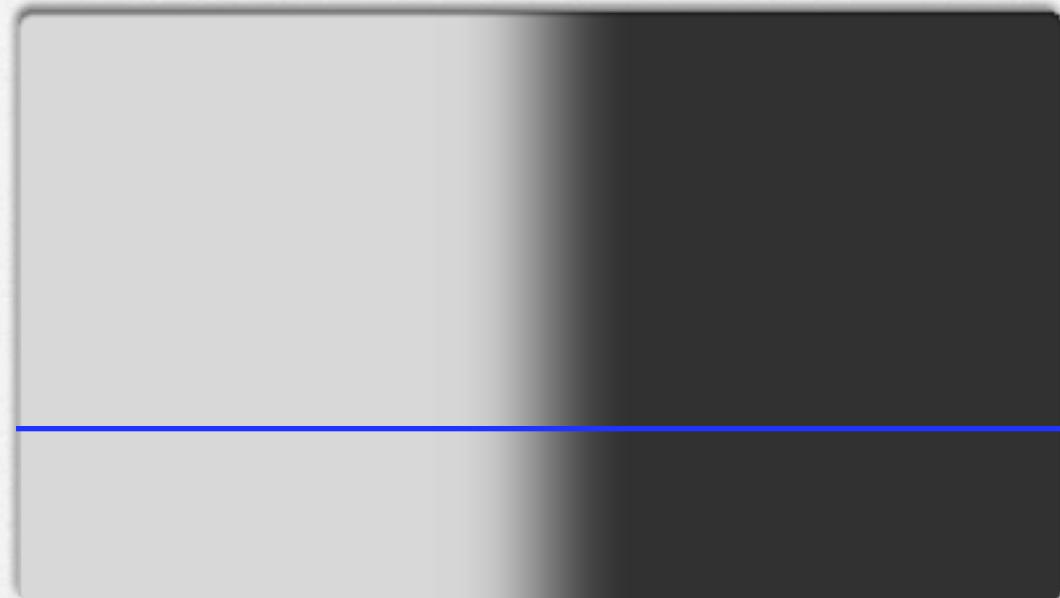
CONTRASTE VERSUS NETTETÉ DANS UNE IMAGE

* Une image



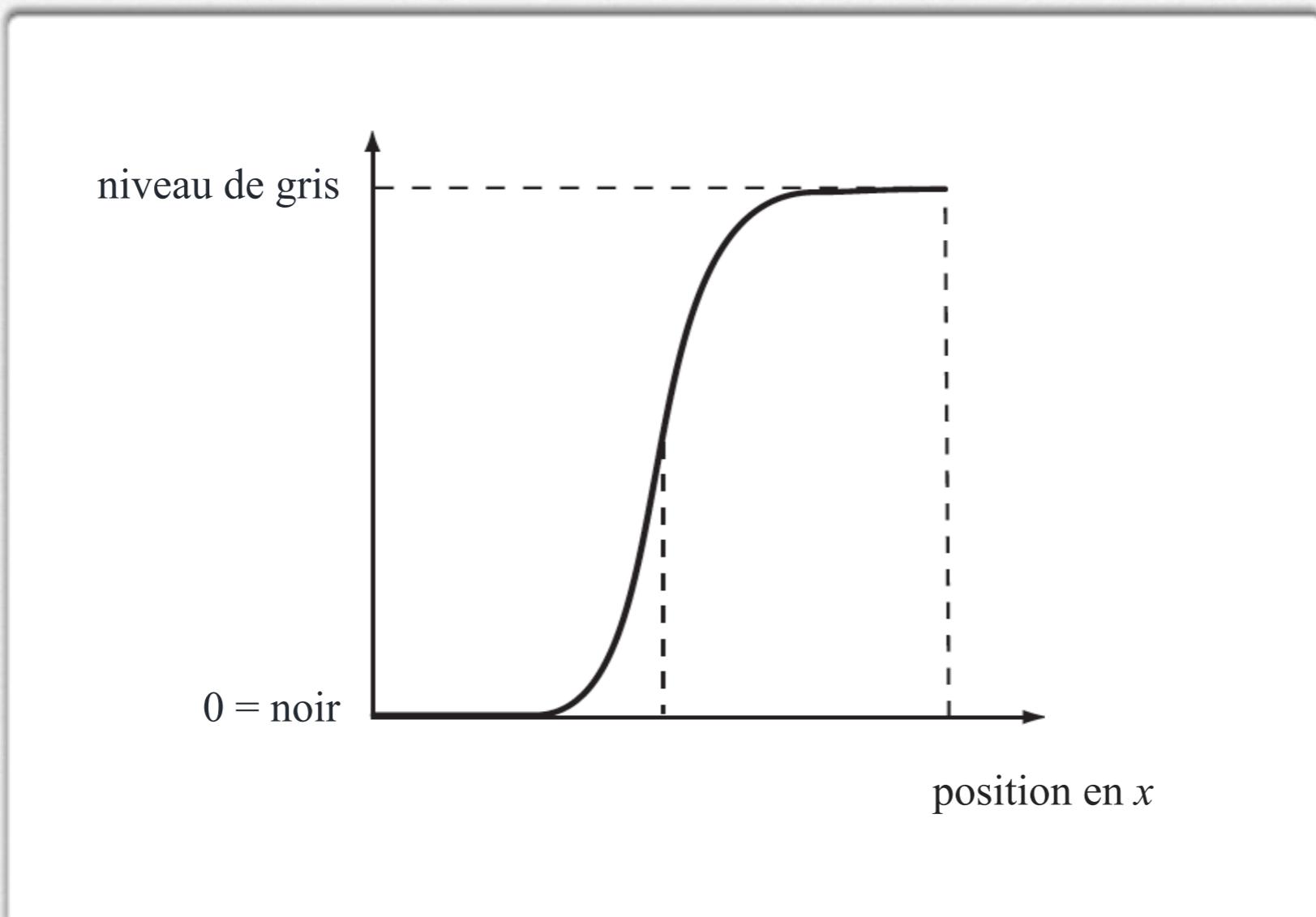
CONTRASTE VERSUS NETTETÉ DANS UNE IMAGE

* Une image



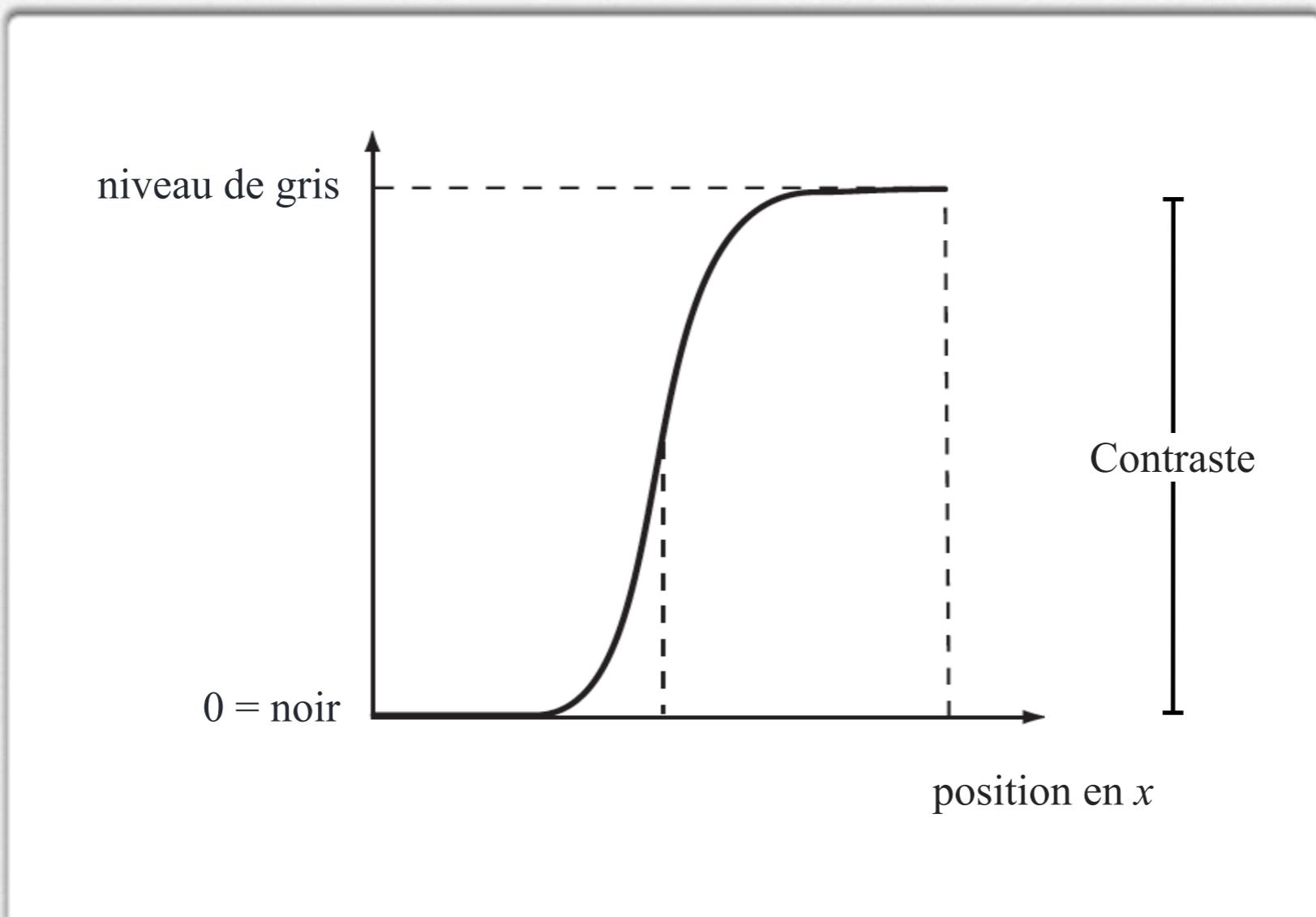
CONTRASTE VERSUS NETTETÉ DANS UNE IMAGE

- * Distinguer le contraste de la netteté



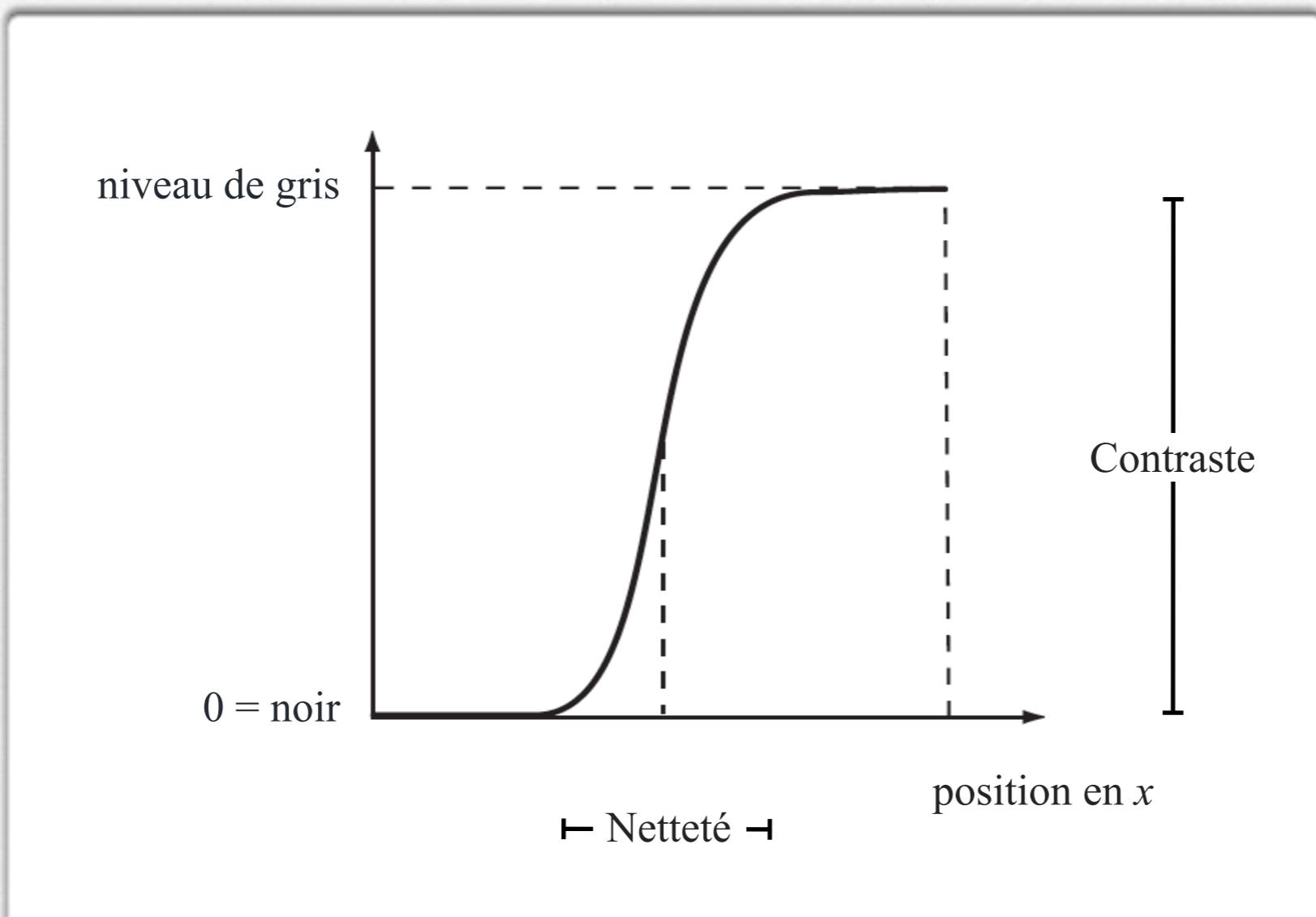
CONTRASTE VERSUS NETTETÉ DANS UNE IMAGE

- * Distinguer le contraste de la netteté



CONTRASTE VERSUS NETTETÉ DANS UNE IMAGE

- * Distinguer le contraste de la netteté



Histogramme

Remarque :

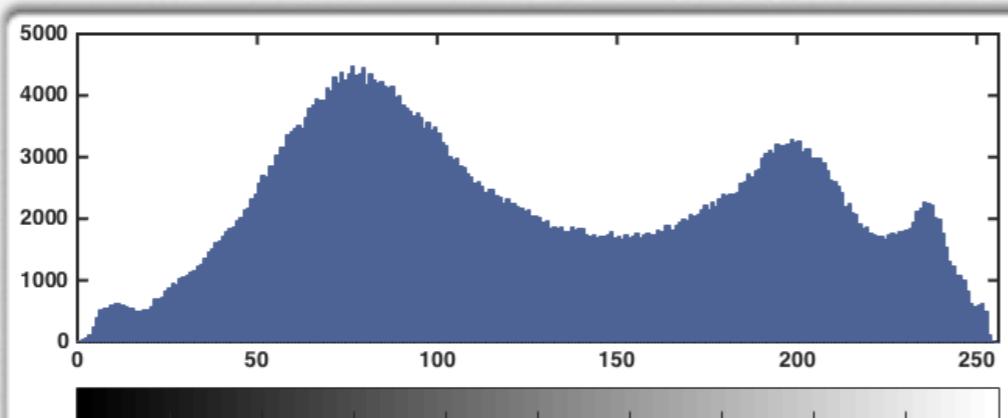
- Il y a une perte d'information spatiale
- ✓ la localisation des pixels dans l'image est perdue



Histogramme

Remarque :

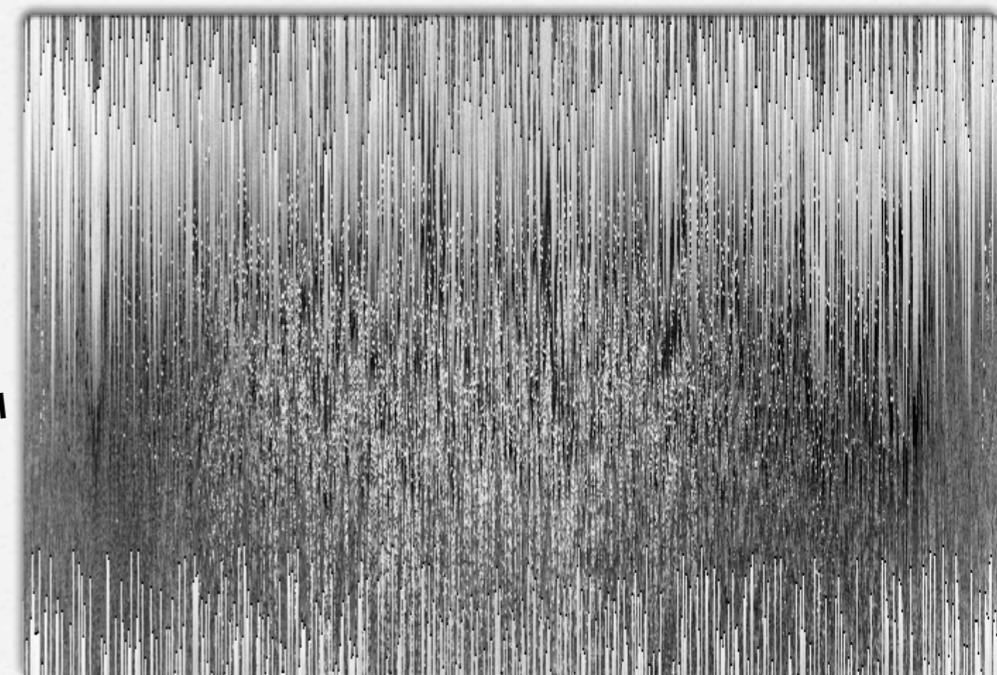
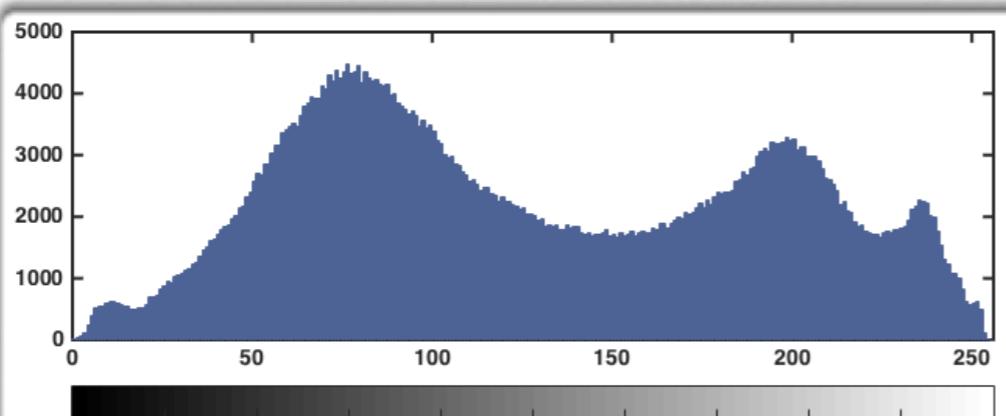
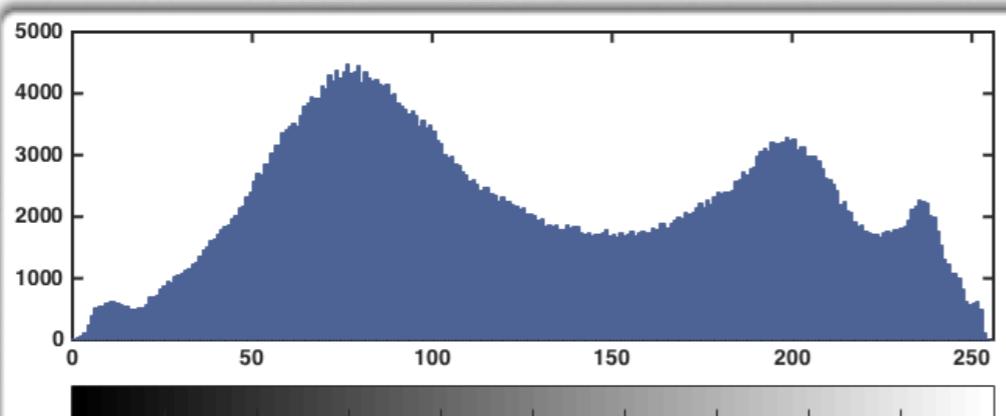
- Il y a une perte d'information spatiale
- ✓ la localisation des pixels dans l'image est perdue



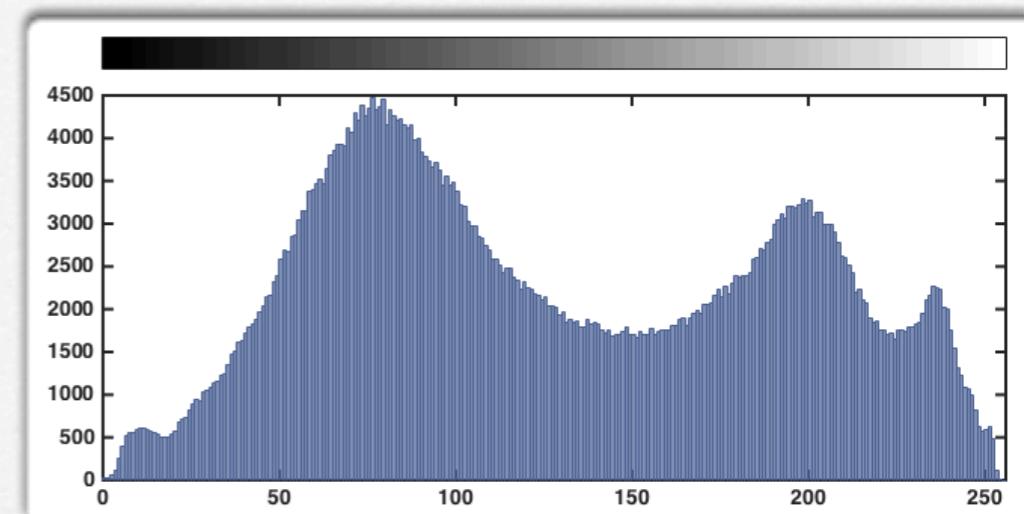
Histogramme

Remarque :

- Il y a une perte d'information spatiale
- ✓ la localisation des pixels dans l'image est perdue
- ✓ un même histogramme peut représenter plusieurs images



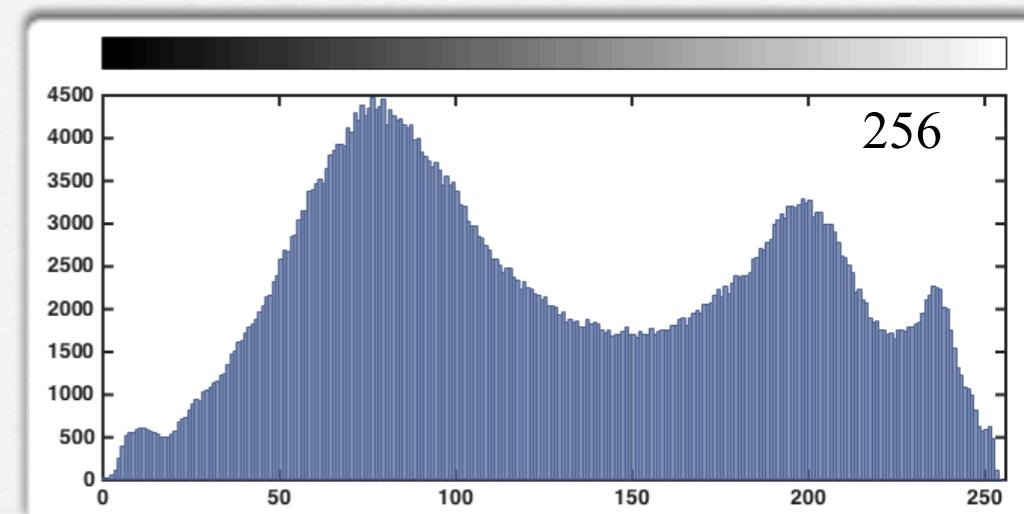
Histogramme



Remarque :

- un histogramme peut se calculer pour des intervalles de n.g. (« bins »)

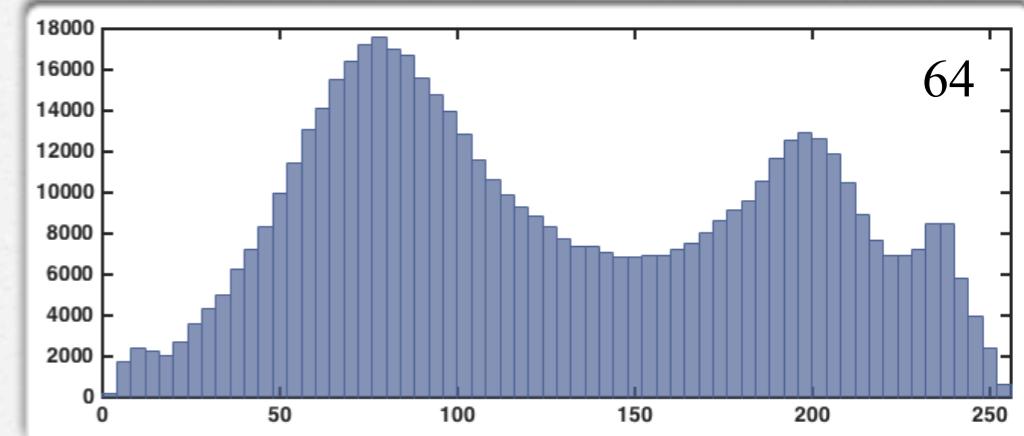
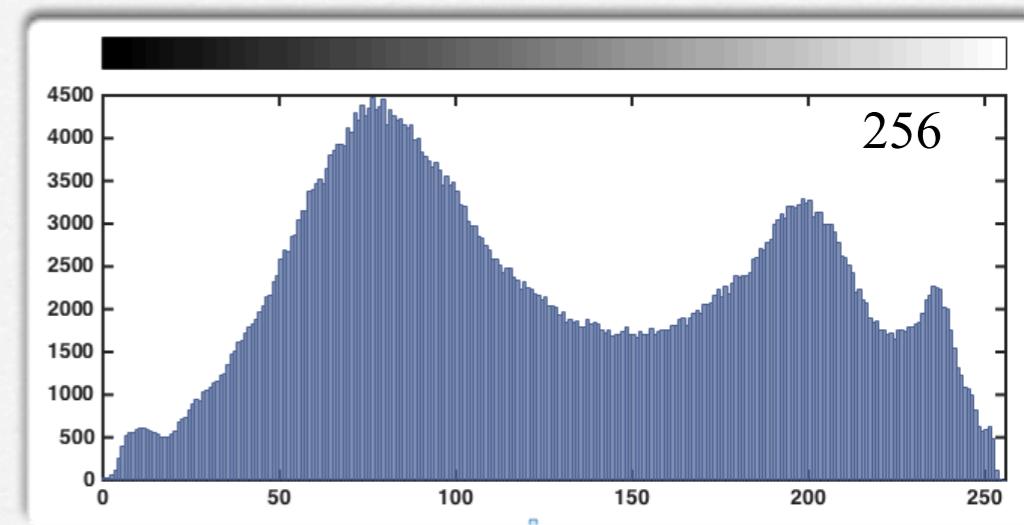
Histogramme



Remarque :

- un histogramme peut se calculer pour des intervalles de n.g. (« *bins* »)

Histogramme



Remarque :

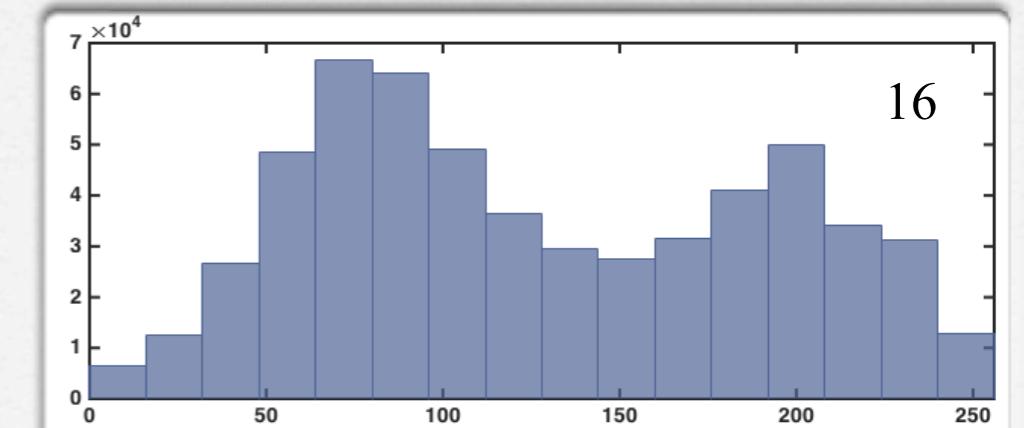
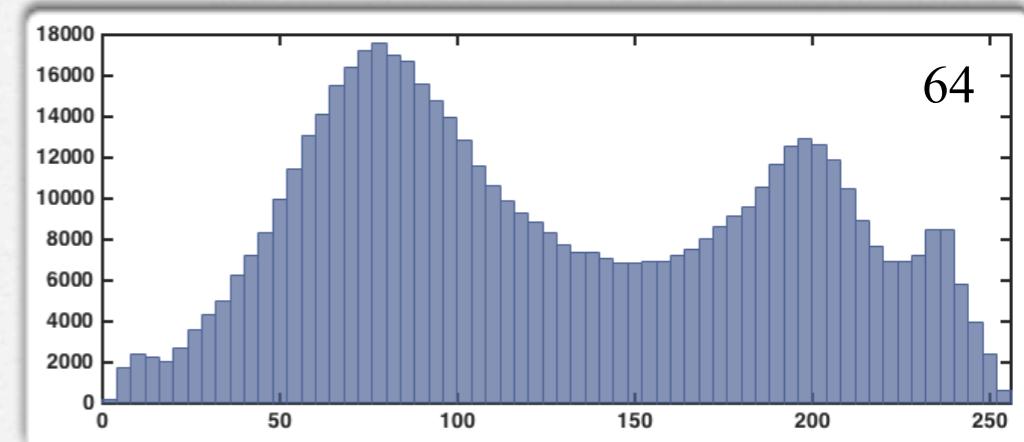
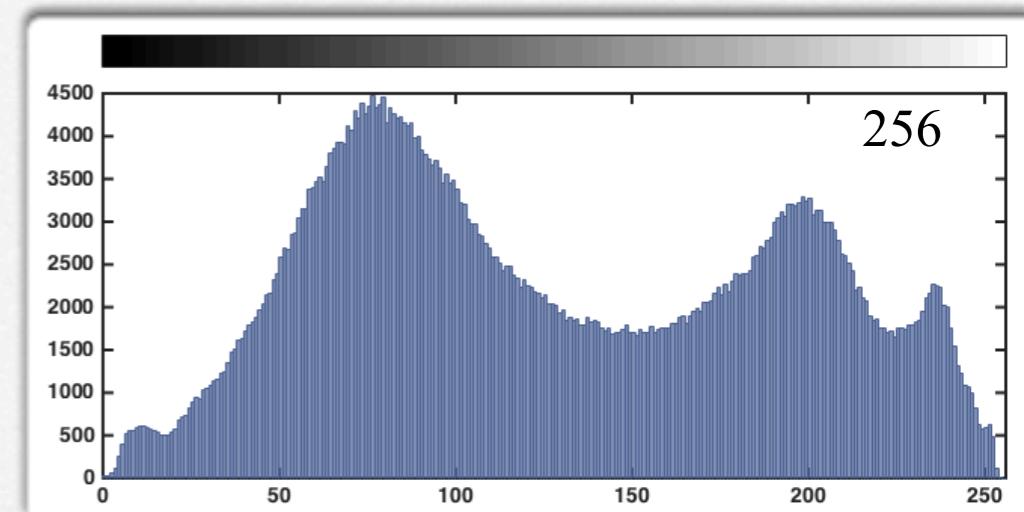
- un histogramme peut se calculer pour des intervalles de n.g. (« *bins* »)

Histogramme



Remarque :

- un histogramme peut se calculer pour des intervalles de n.g. (« bins »)

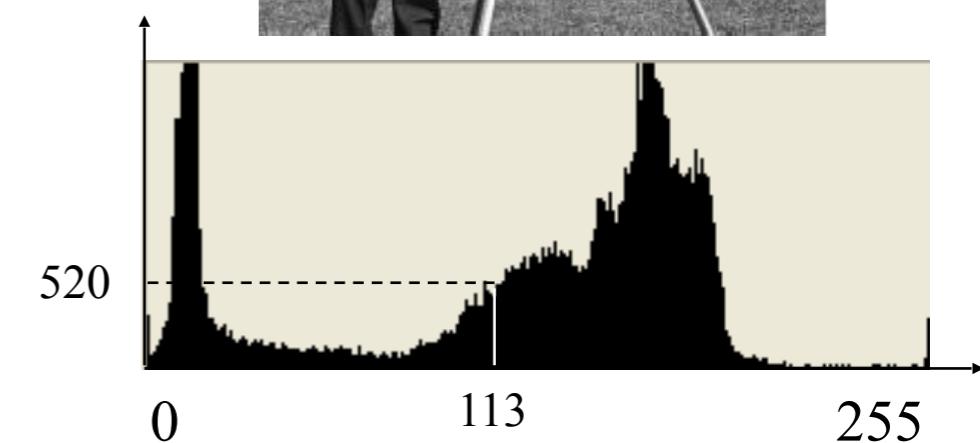
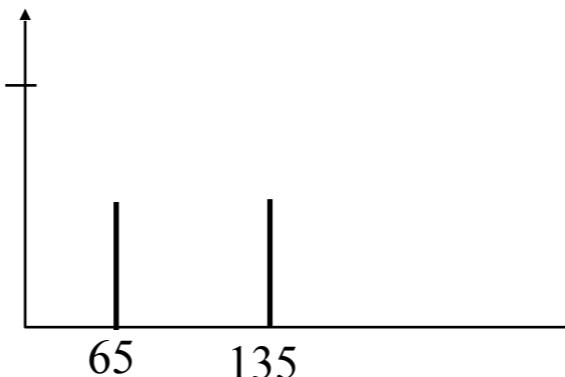
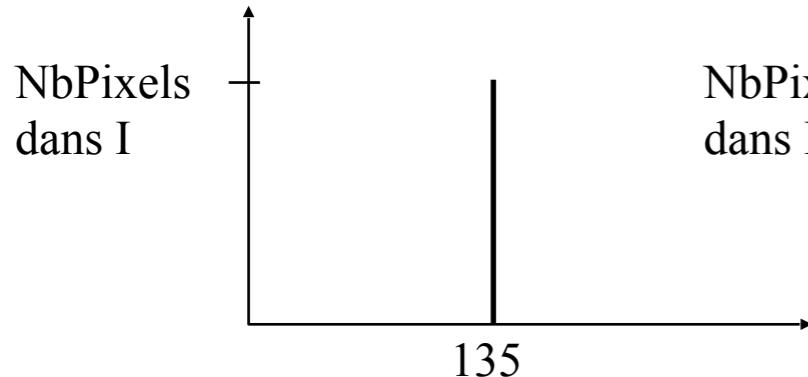


Histogramme

Définitions

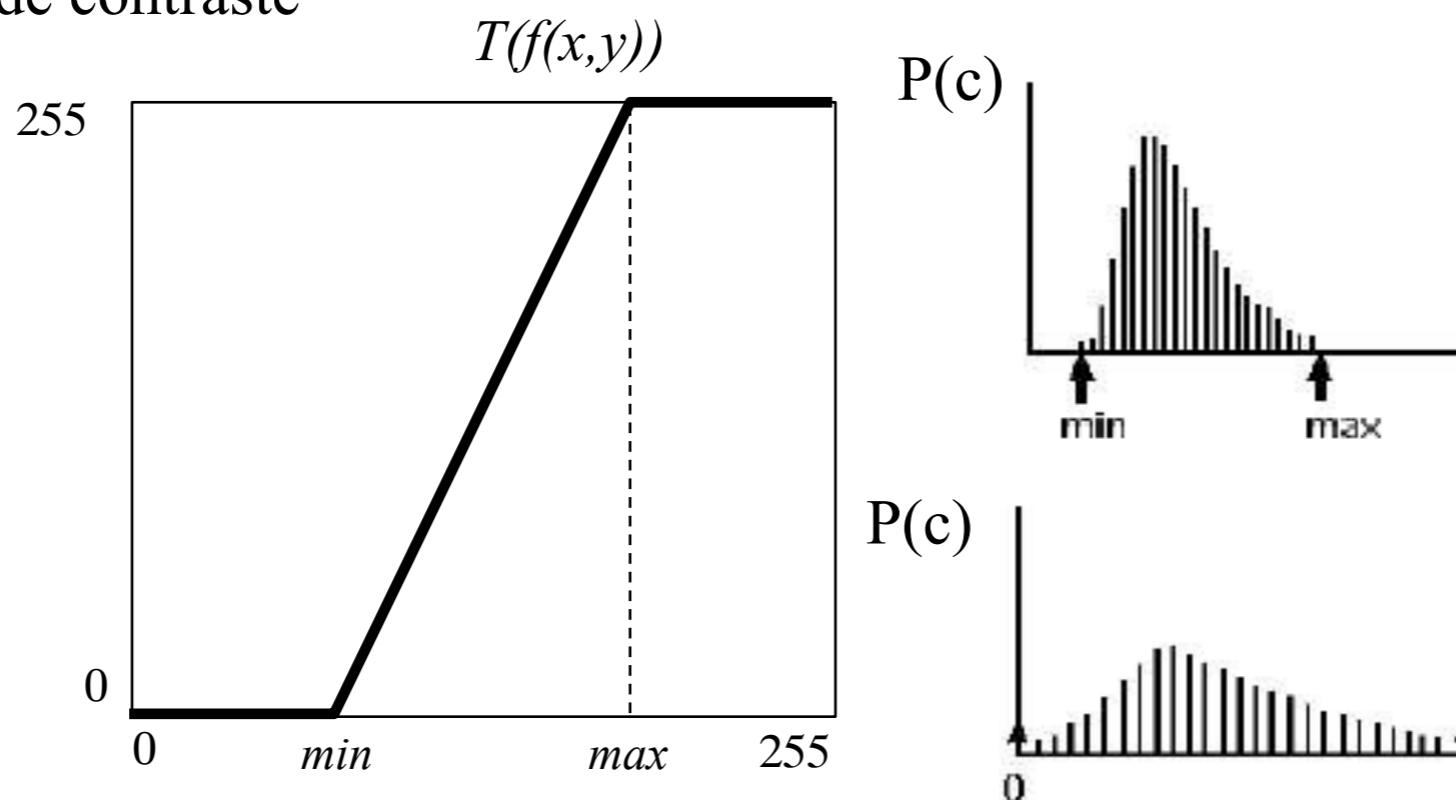
Un **histogramme** représente le nombre de pixels appartenant à chaque niveaux de gris (ou couleur) pouvant être représenté dans l'image.

$$H(c) = \text{Nb pixels d'intensité } "c"$$



Transformation linéaire

Rehaussement de contraste



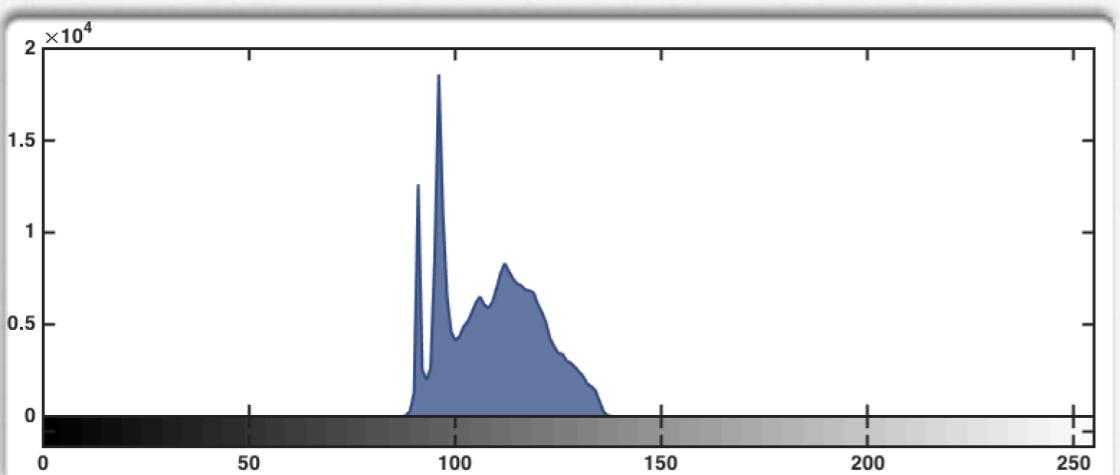
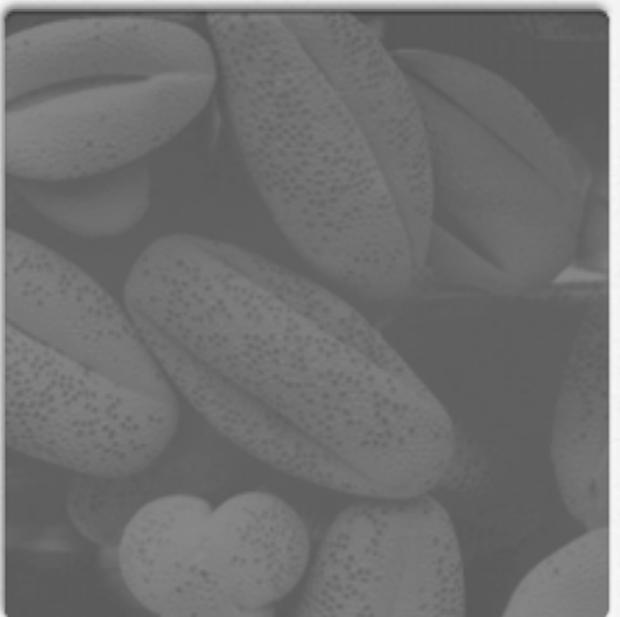
$$f(x,y) \quad g(x,y) \quad g(x,y) = \frac{255}{\max - \min} (f(x,y) - \min)$$



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

3. Changement de la dynamique

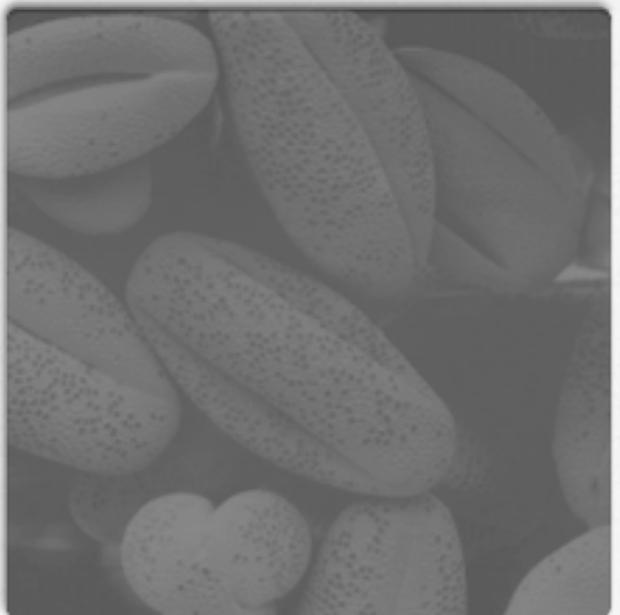
a) Linéaire



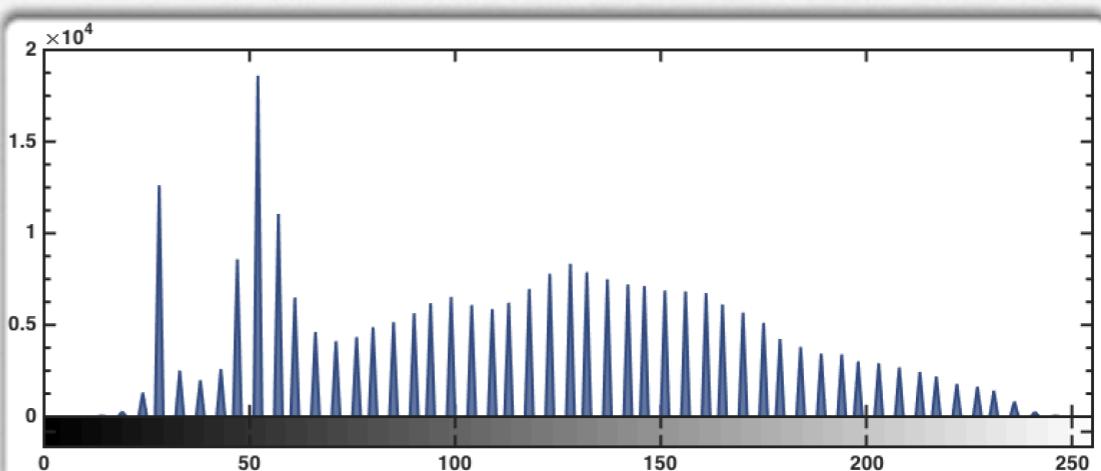
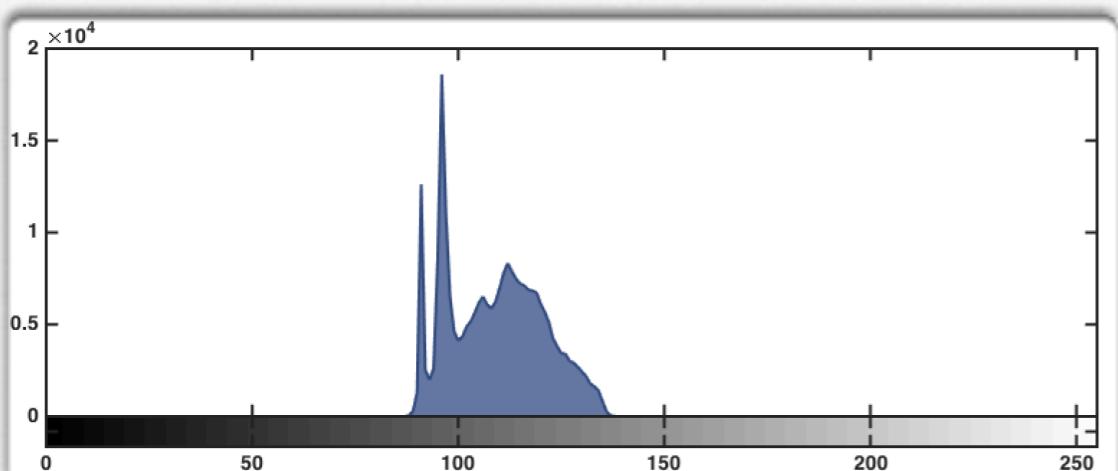
1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

3. Changement de la dynamique

a) Linéaire



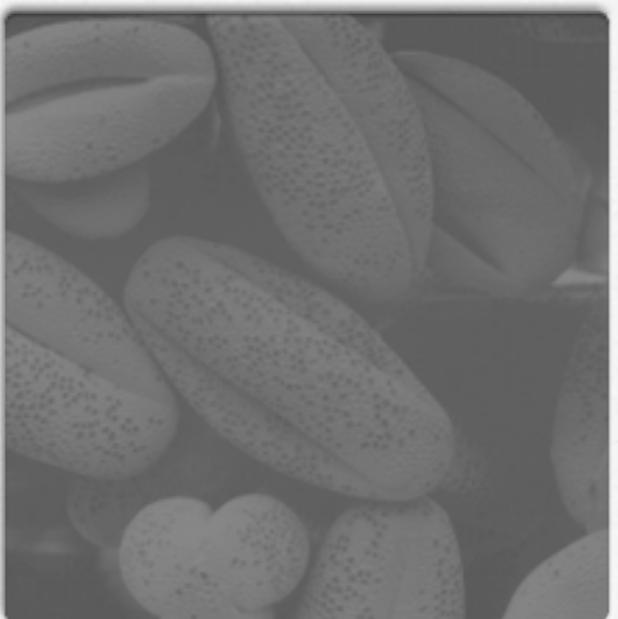
Changement de la
dynamique linéaire



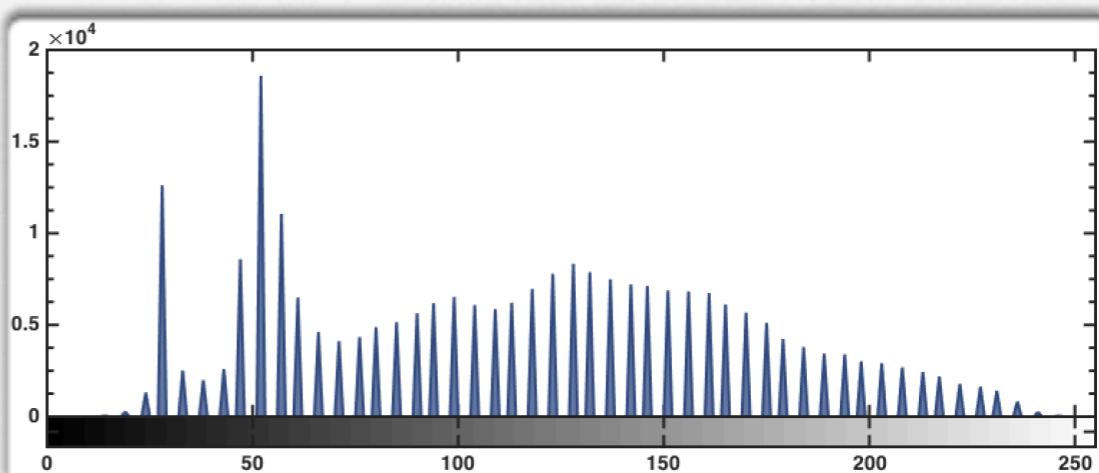
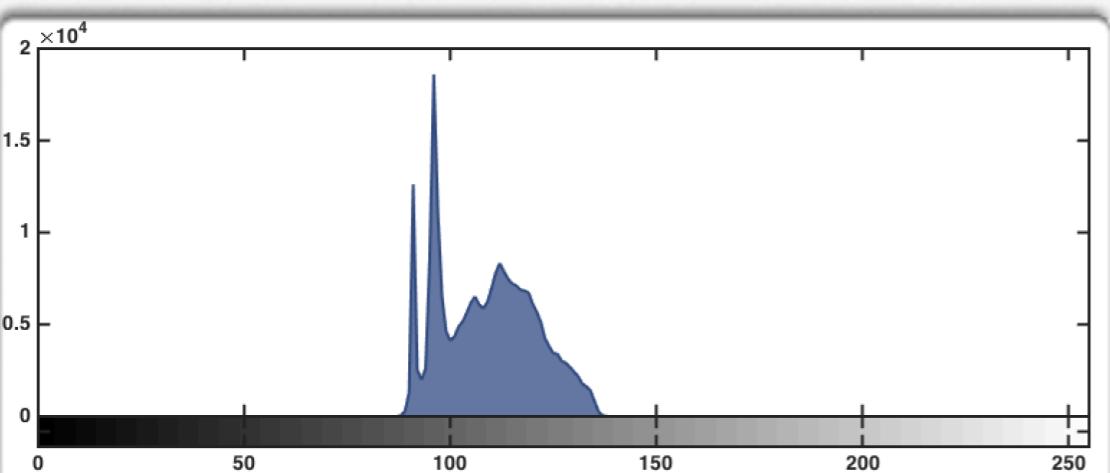
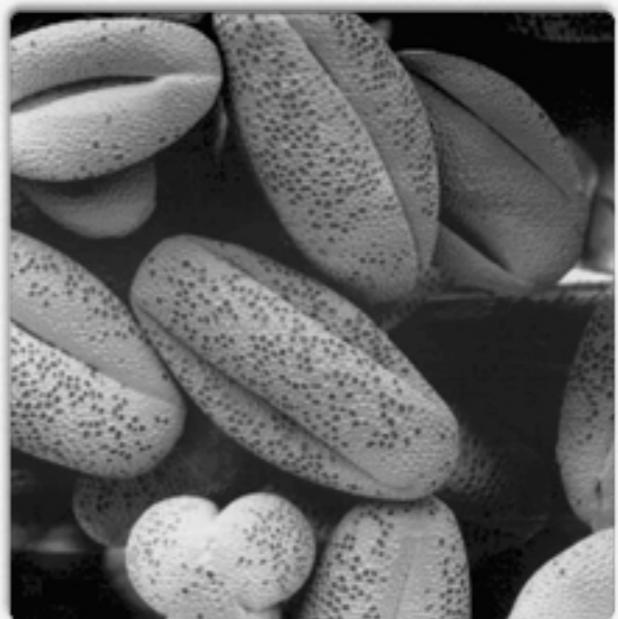
1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

3. Changement de la dynamique

a) Linéaire



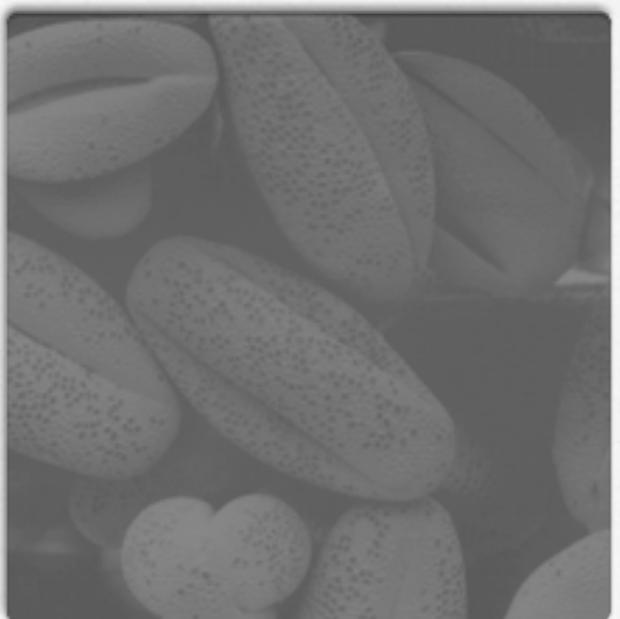
Changement de la
dynamique linéaire



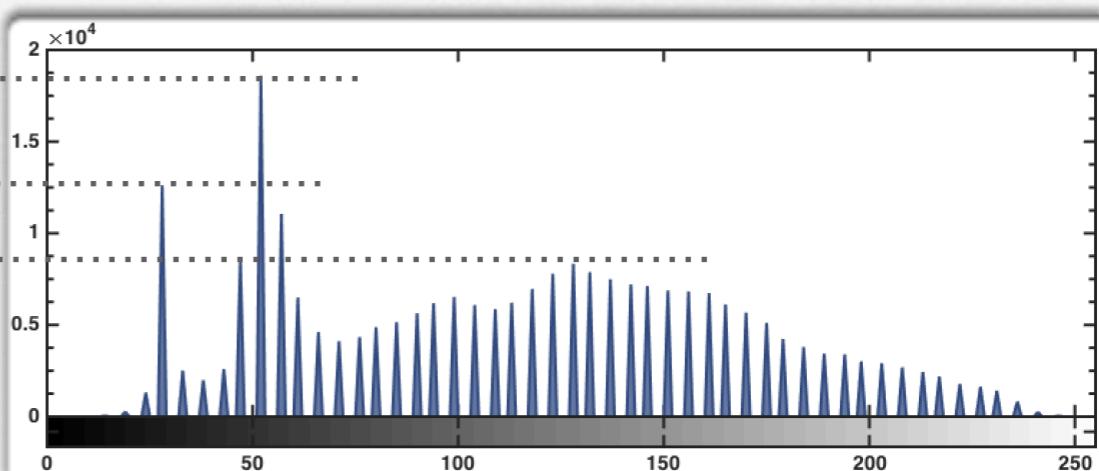
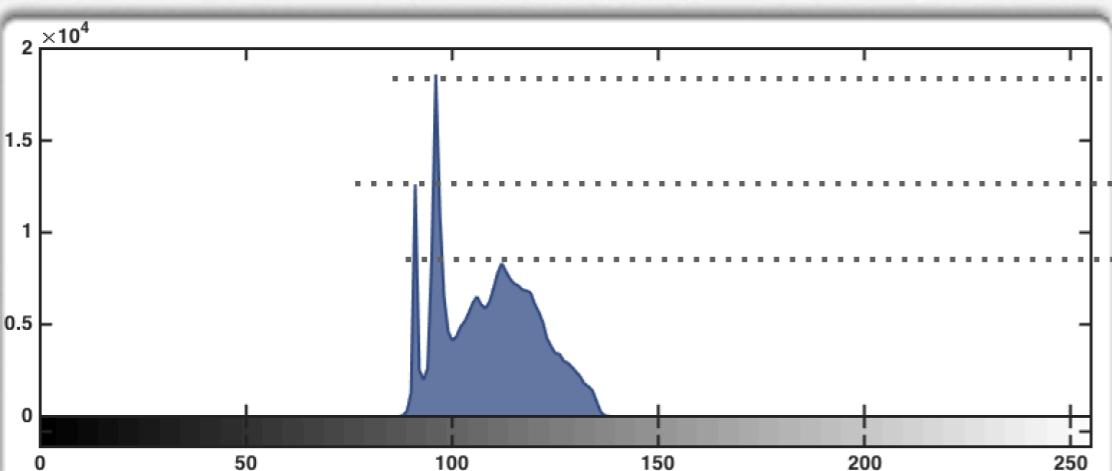
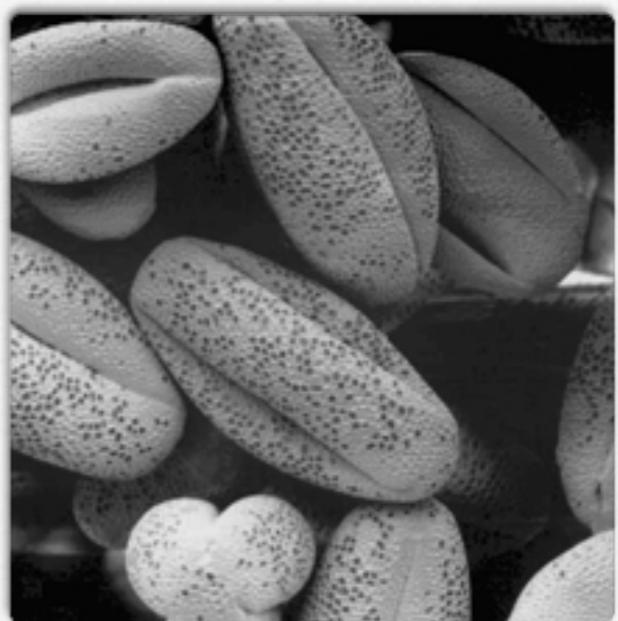
1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

3. Changement de la dynamique

a) Linéaire



Changement de la
dynamique linéaire

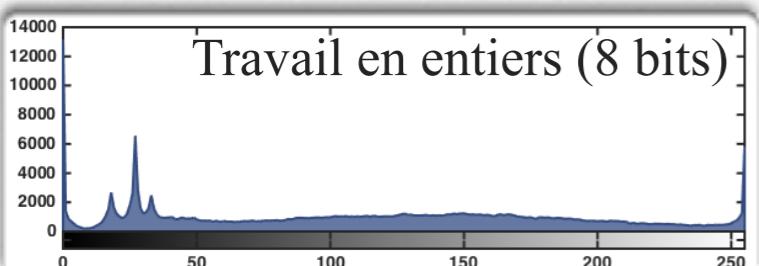
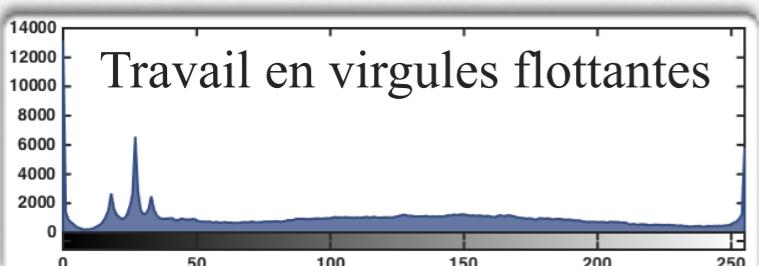
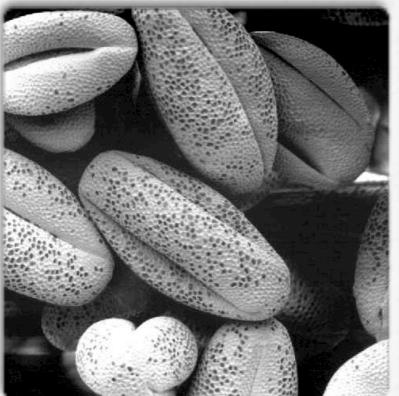


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

3. Changement de la dynamique

a) Linéaire

- * de l'importance de travailler en virgules flottantes ...

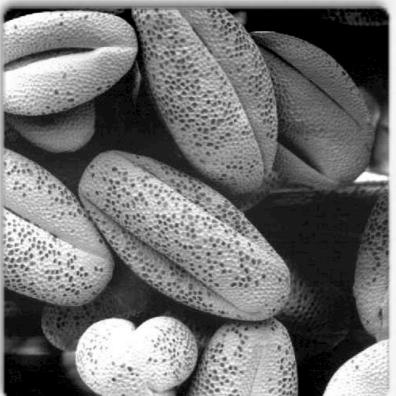


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

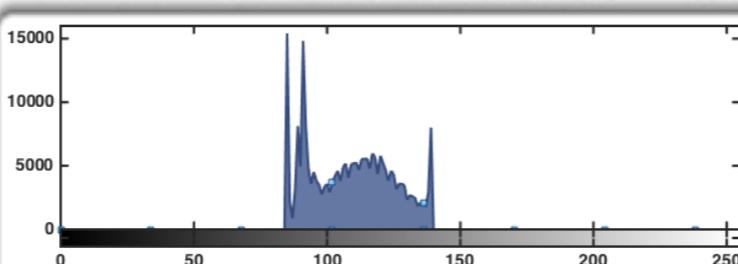
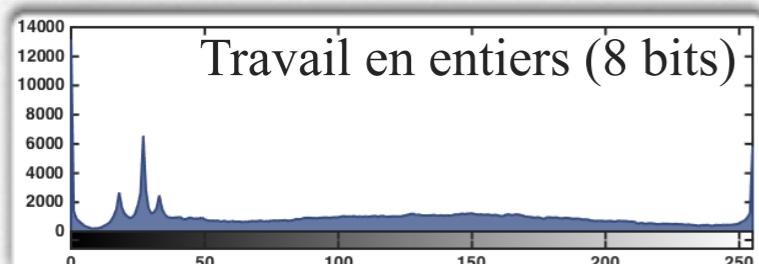
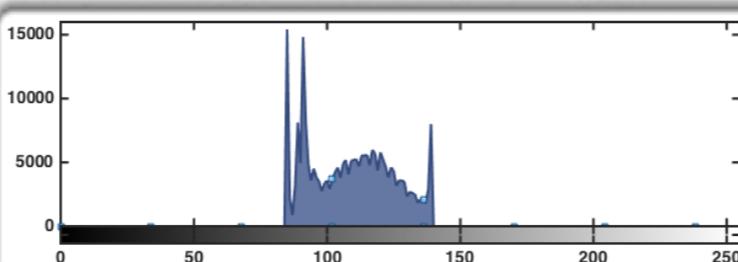
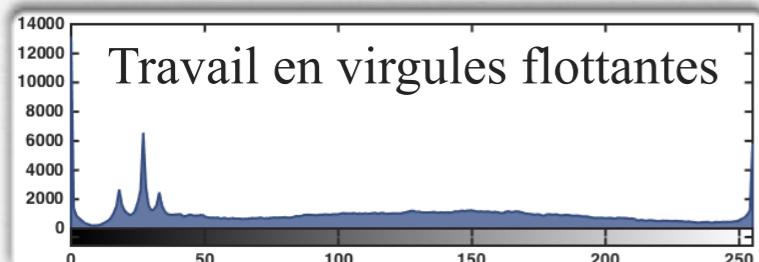
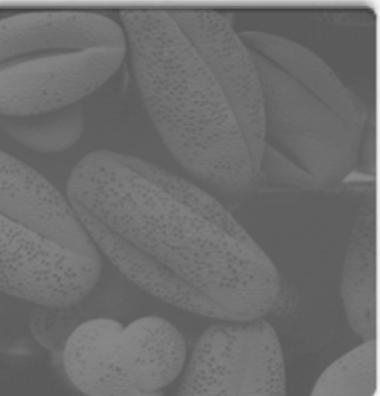
3. Changement de la dynamique

a) Linéaire

- * de l'importance de travailler en virgules flottantes ...



Chg lin

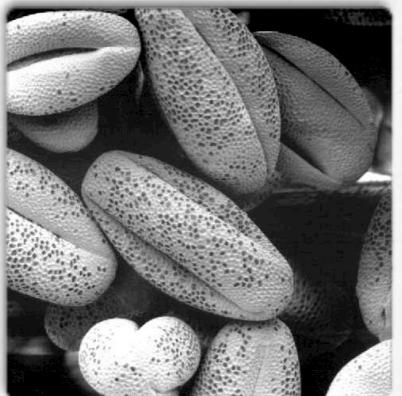


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

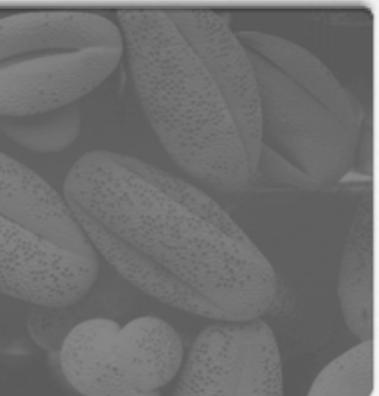
3. Changement de la dynamique

a) Linéaire

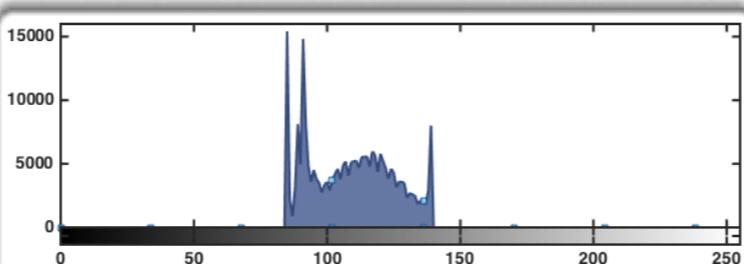
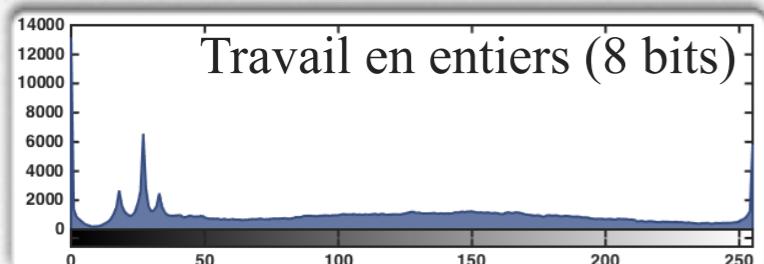
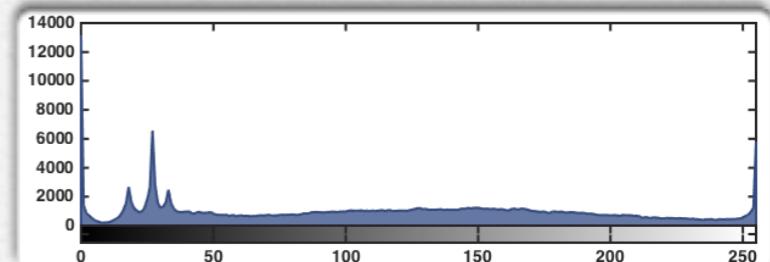
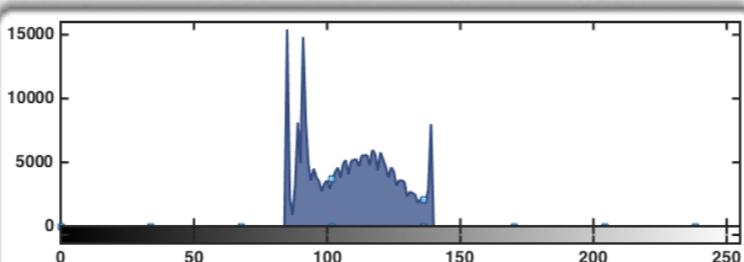
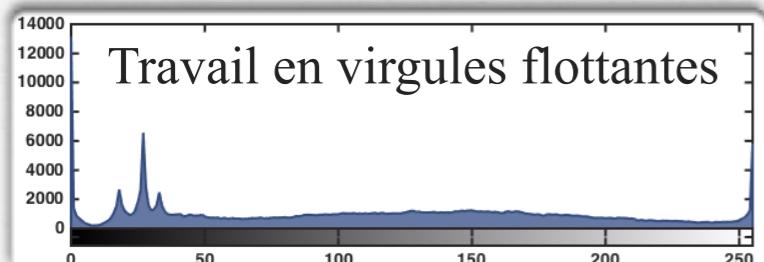
- * de l'importance de travailler en virgules flottantes ...



Chg lin



Chg lin

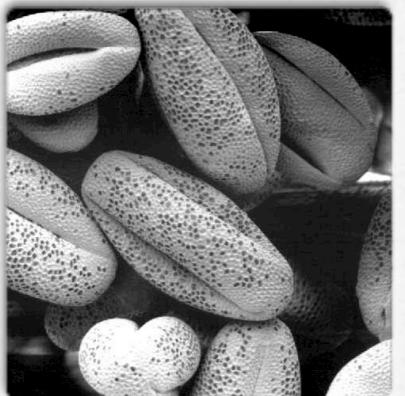


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

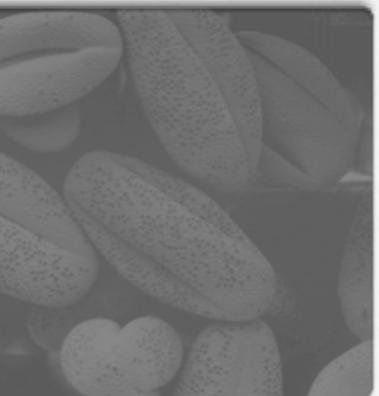
3. Changement de la dynamique

a) Linéaire

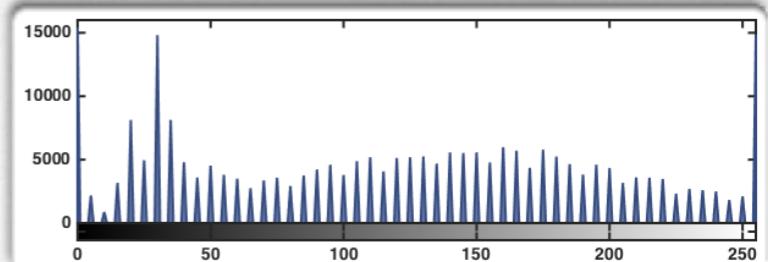
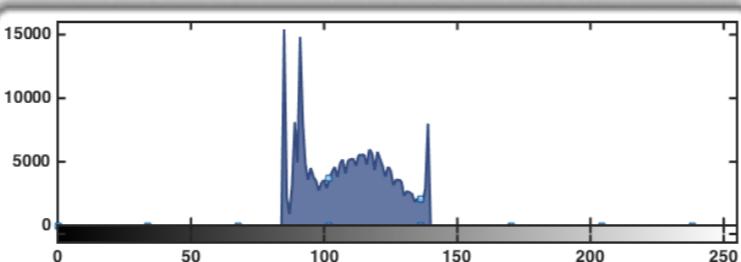
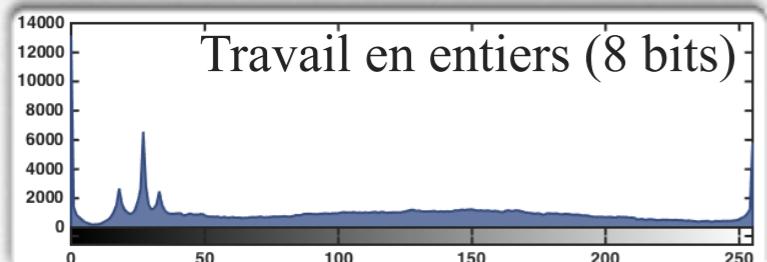
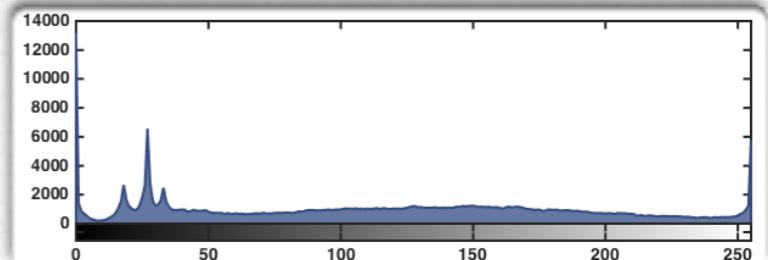
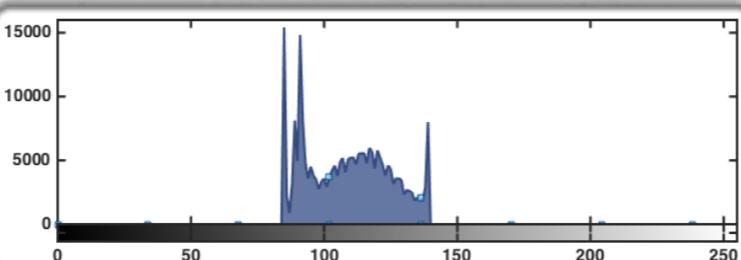
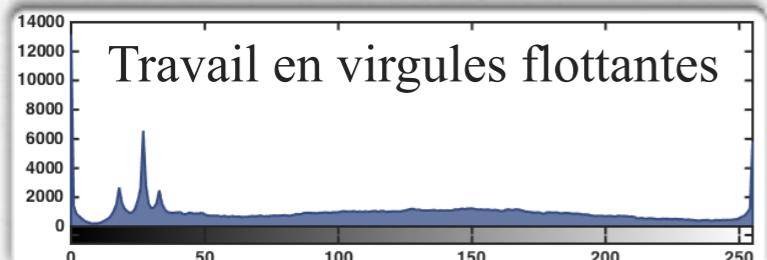
- * de l'importance de travailler en virgules flottantes ...



Chg lin



Chg lin

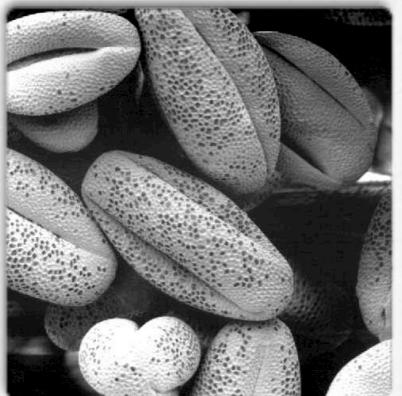


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

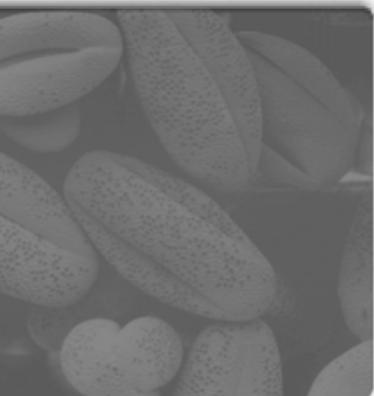
3. Changement de la dynamique

a) Linéaire

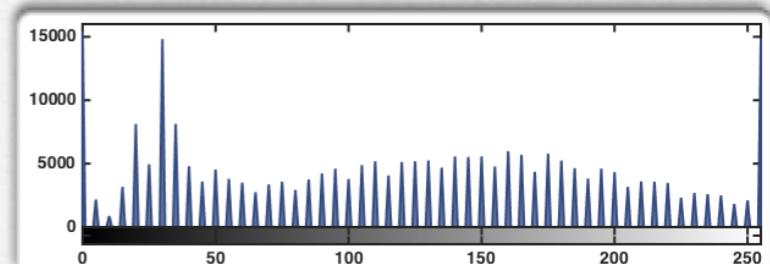
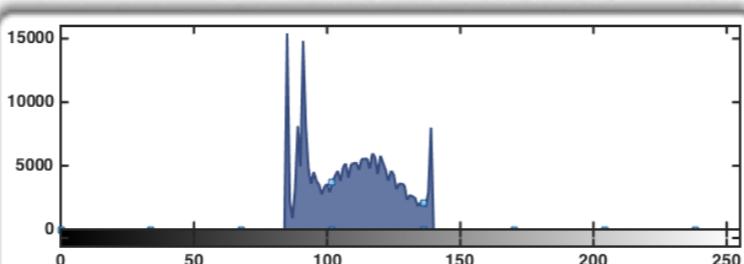
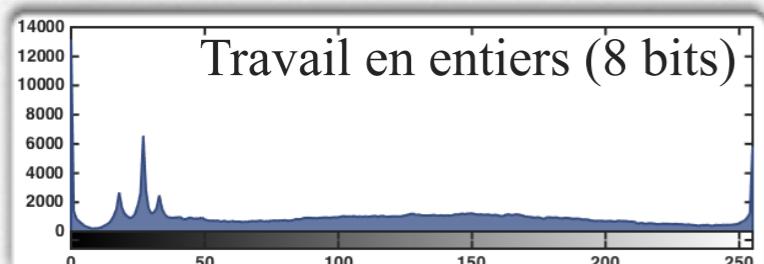
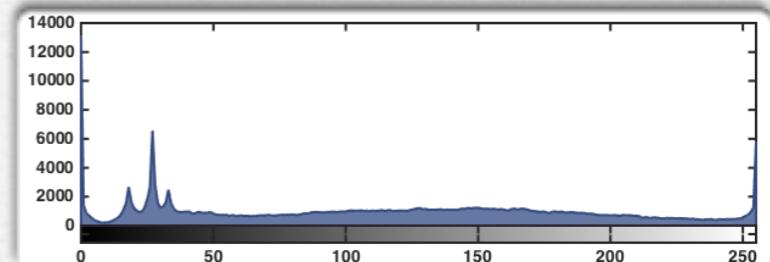
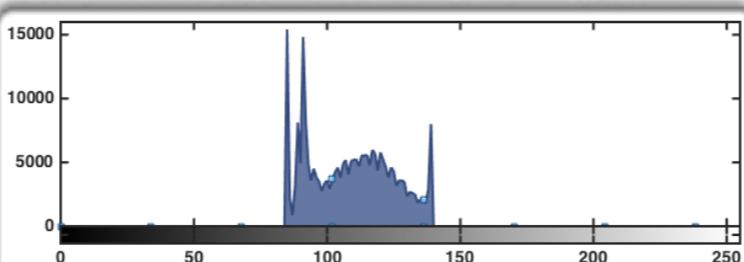
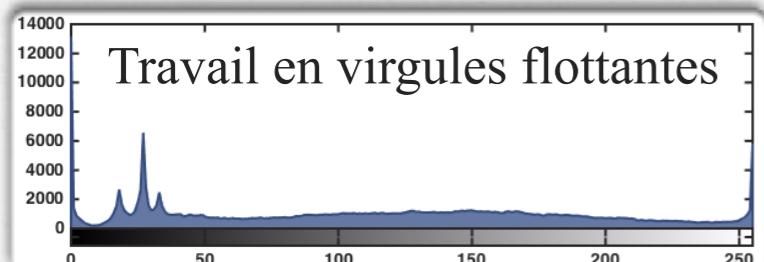
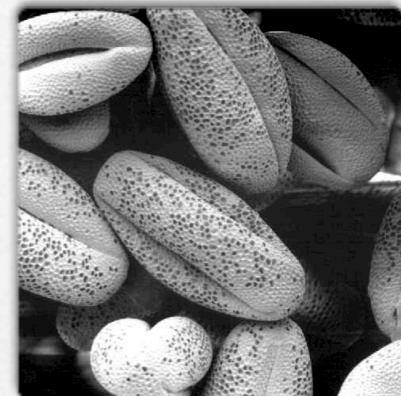
* de l'importance de travailler en virgules flottantes ...



Chg lin



Chg lin



Conclusion :

- travailler en virgules flottantes jusqu'à la sauvegarde (ou la visualisation) sur le disque

1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

3. Changement de la dynamique



Image originale



Changement de dynamique
linéaire entre 0 et 255



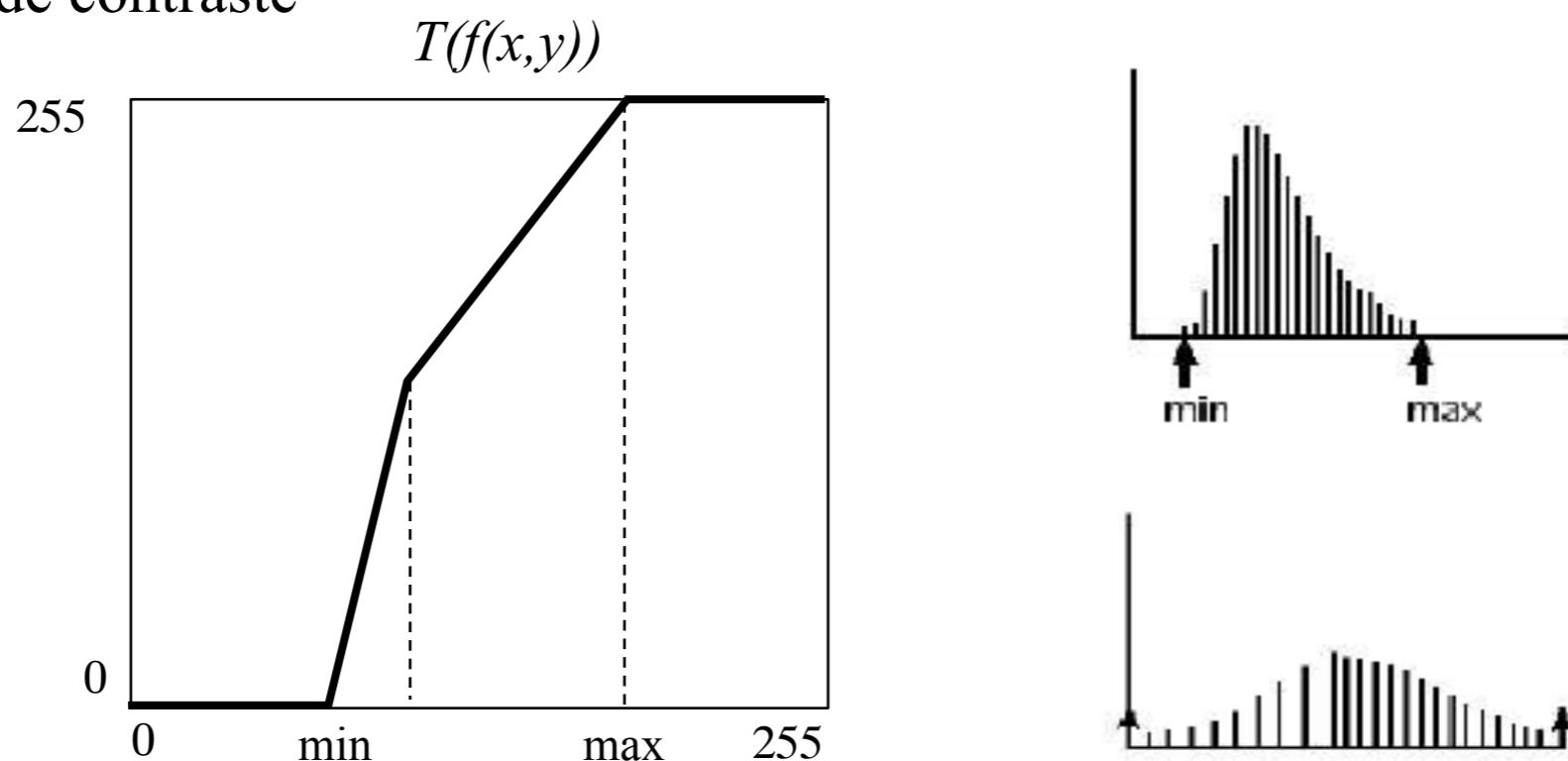
Changement de dynamique
linéaire entre 100 et 150



Changement de dynamique
logarithmique entre 0 et 255

Transformation linéaire par morceaux

Rehaussement de contraste



$f(x,y)$



$g(x,y)$



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

4. Transformation linéaire par morceaux

Intérêt :

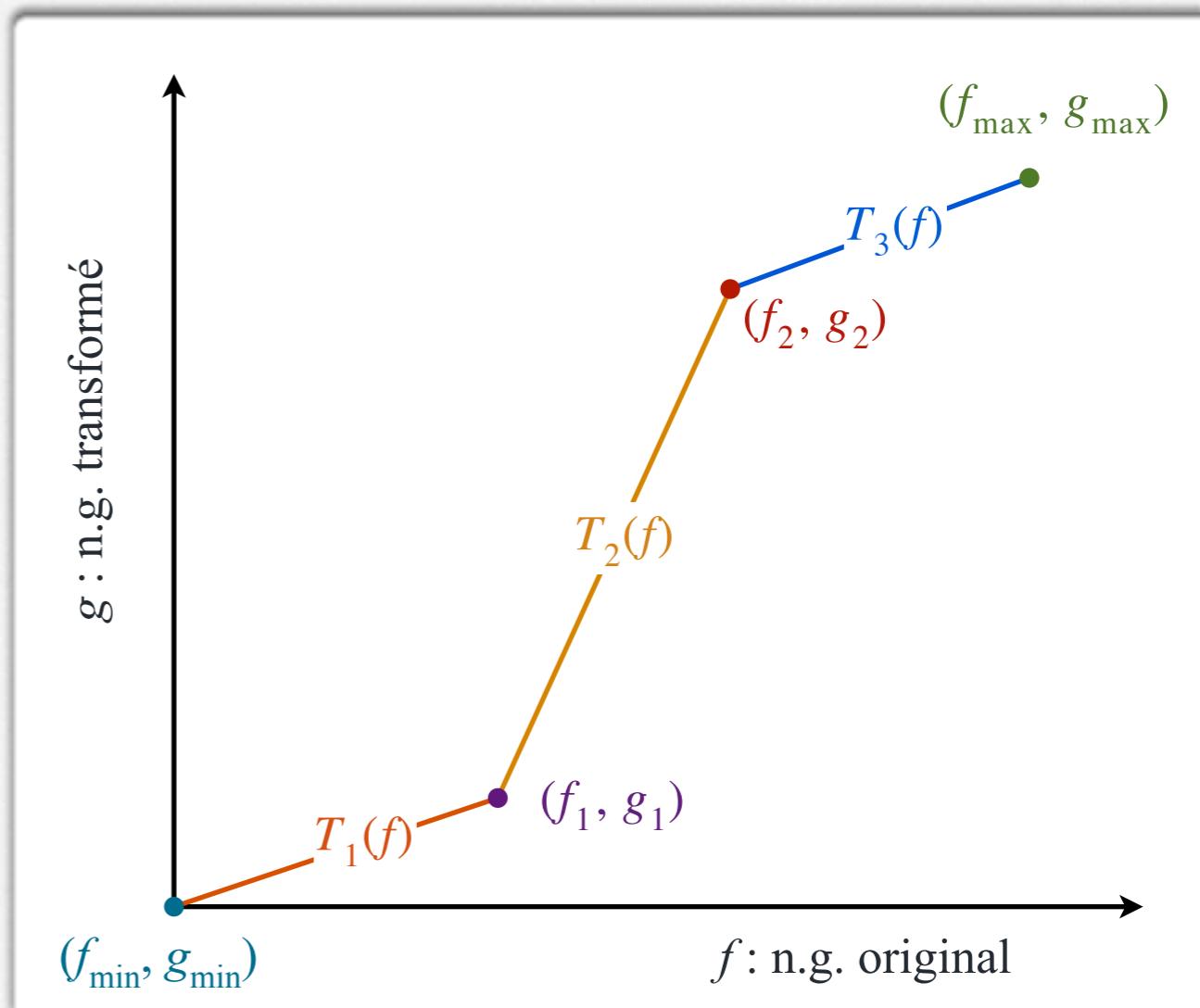
- Offre un contrôle plus fin du contraste

1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

4. Transformation linéaire par morceaux

Intérêt :

- Offre un contrôle plus fin du contraste

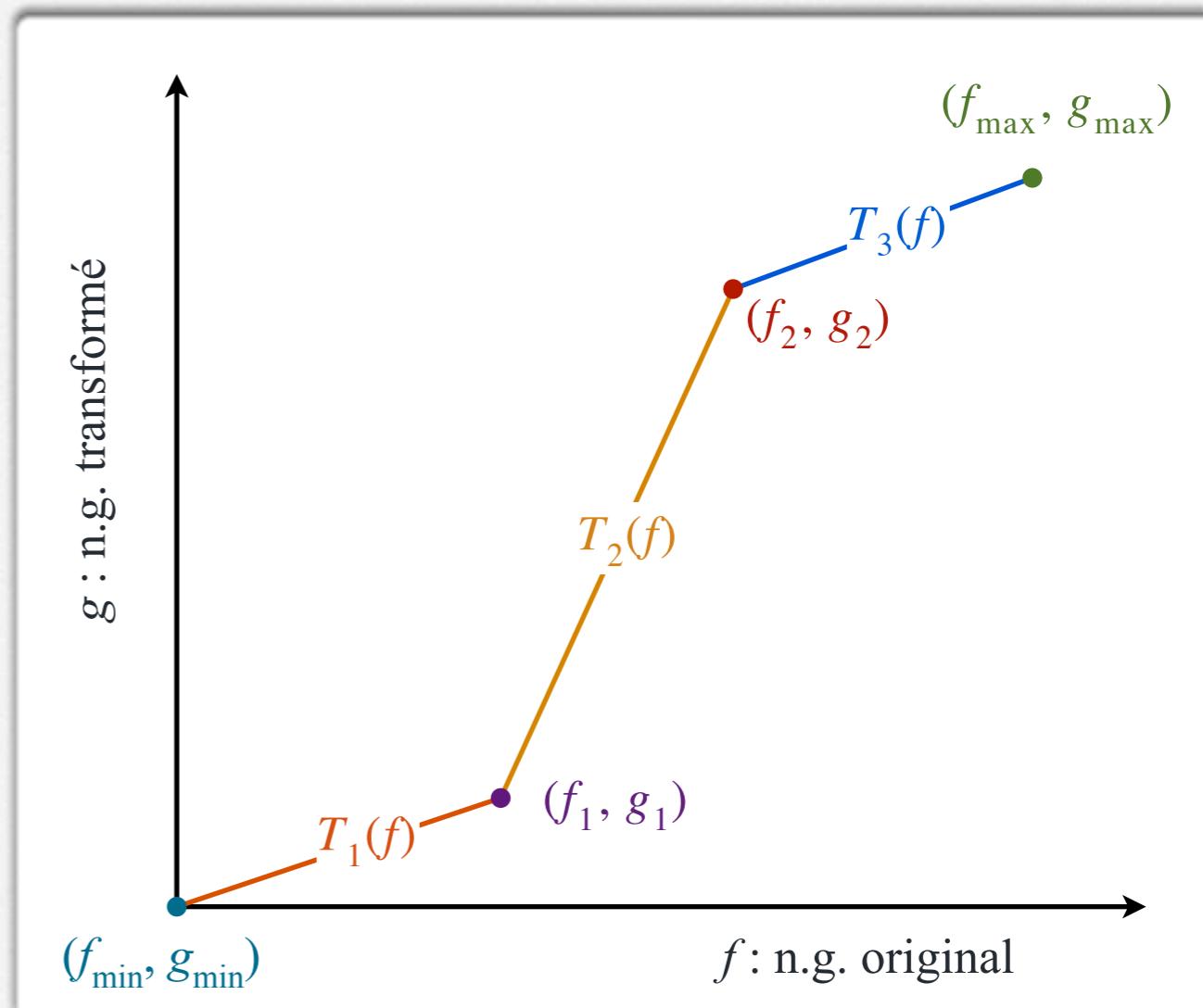


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

4. Transformation linéaire par morceaux

Intérêt :

- Offre un contrôle plus fin du contraste
- ✓ Semblable au changement de dynamique mais en plusieurs morceaux

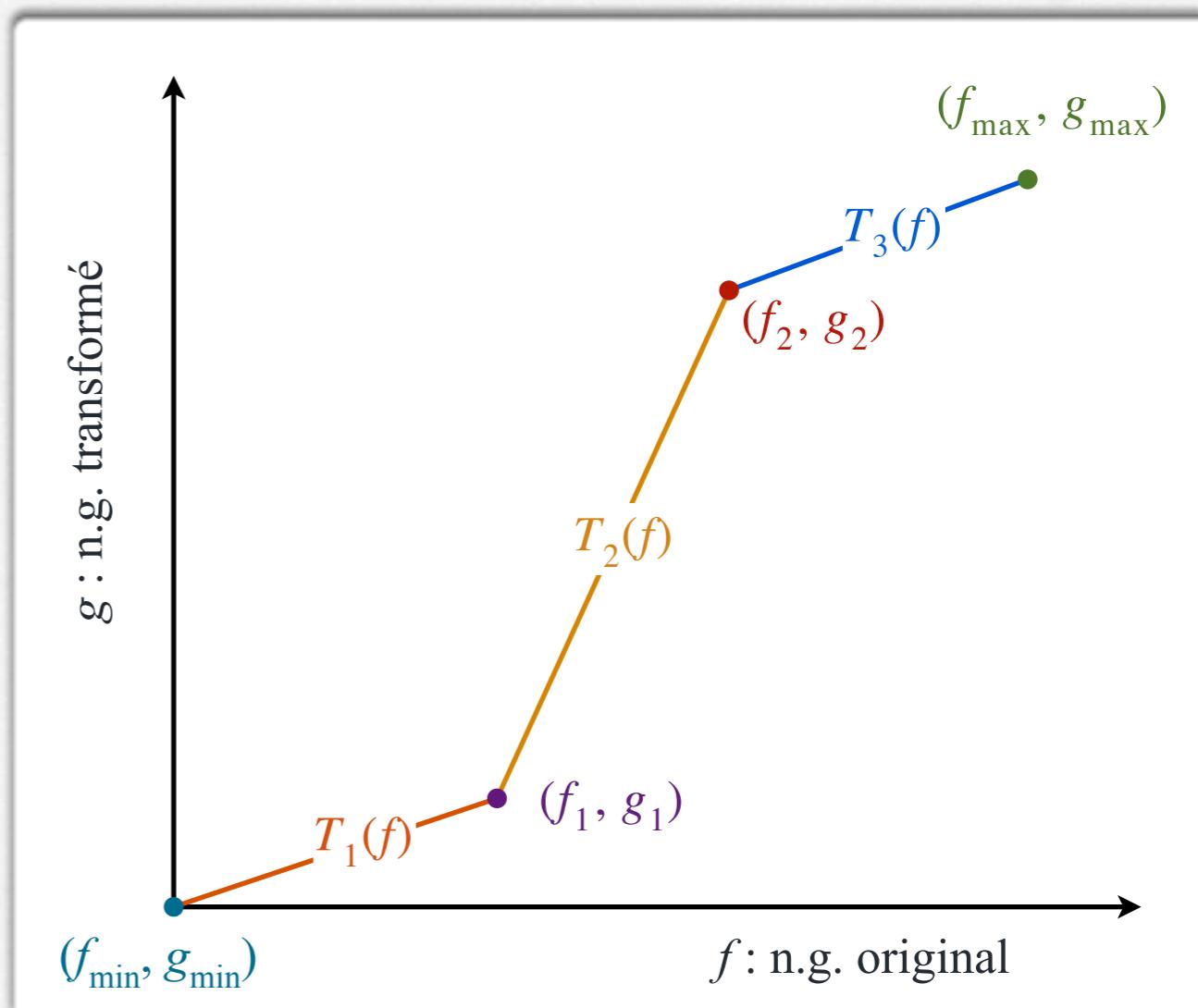


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

4. Transformation linéaire par morceaux

Intérêt :

- Offre un contrôle plus fin du contraste
- ✓ Semblable au changement de dynamique mais en plusieurs morceaux
- ✓ La dynamique de l'image peut ne pas changer



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

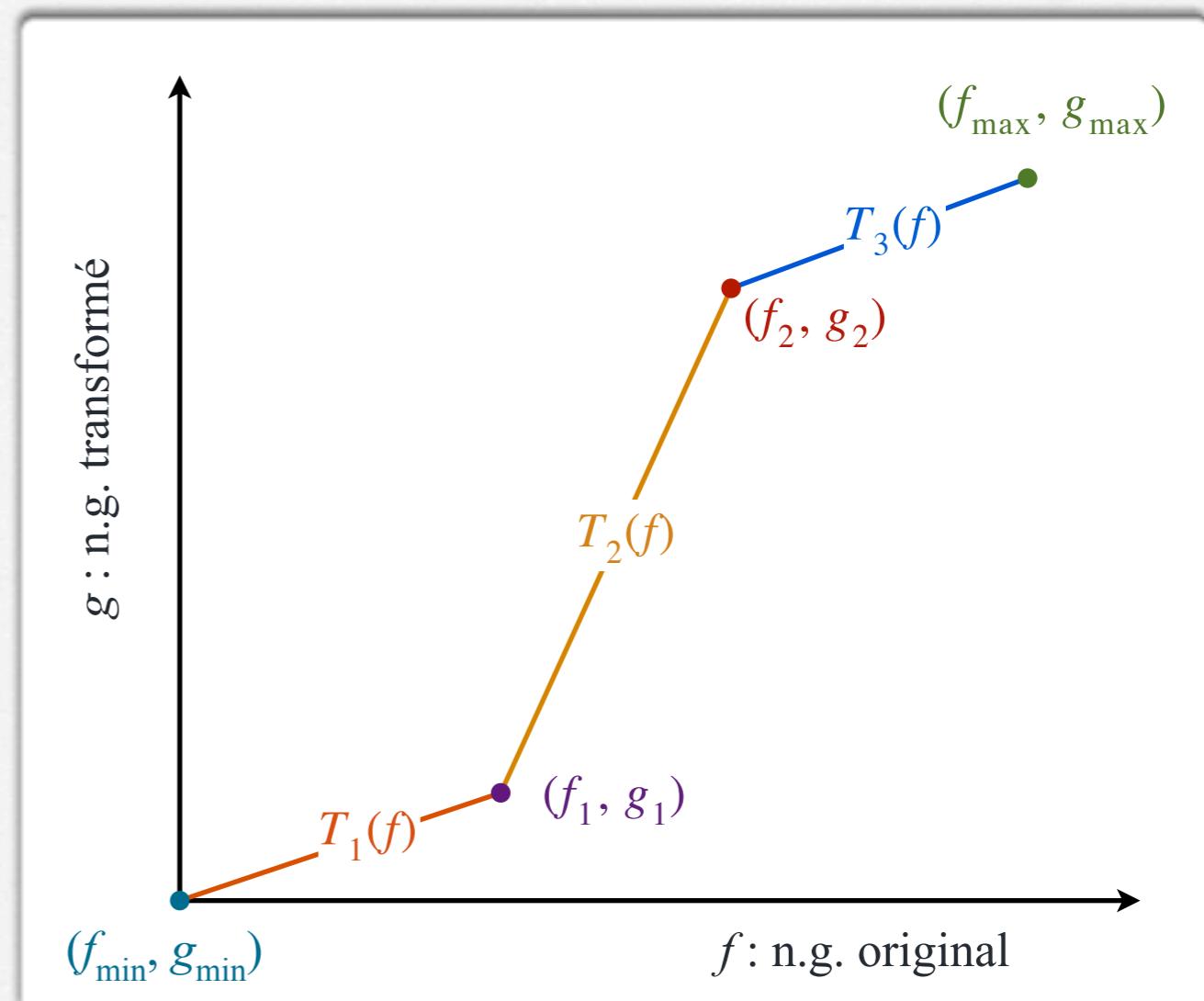
4. Transformation linéaire par morceaux

Intérêt :

- Offre un contrôle plus fin du contraste
- ✓ Semblable au changement de dynamique mais en plusieurs morceaux
- ✓ La dynamique de l'image peut ne pas changer

Remarque :

- on peut ajouter des points de contrôle



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

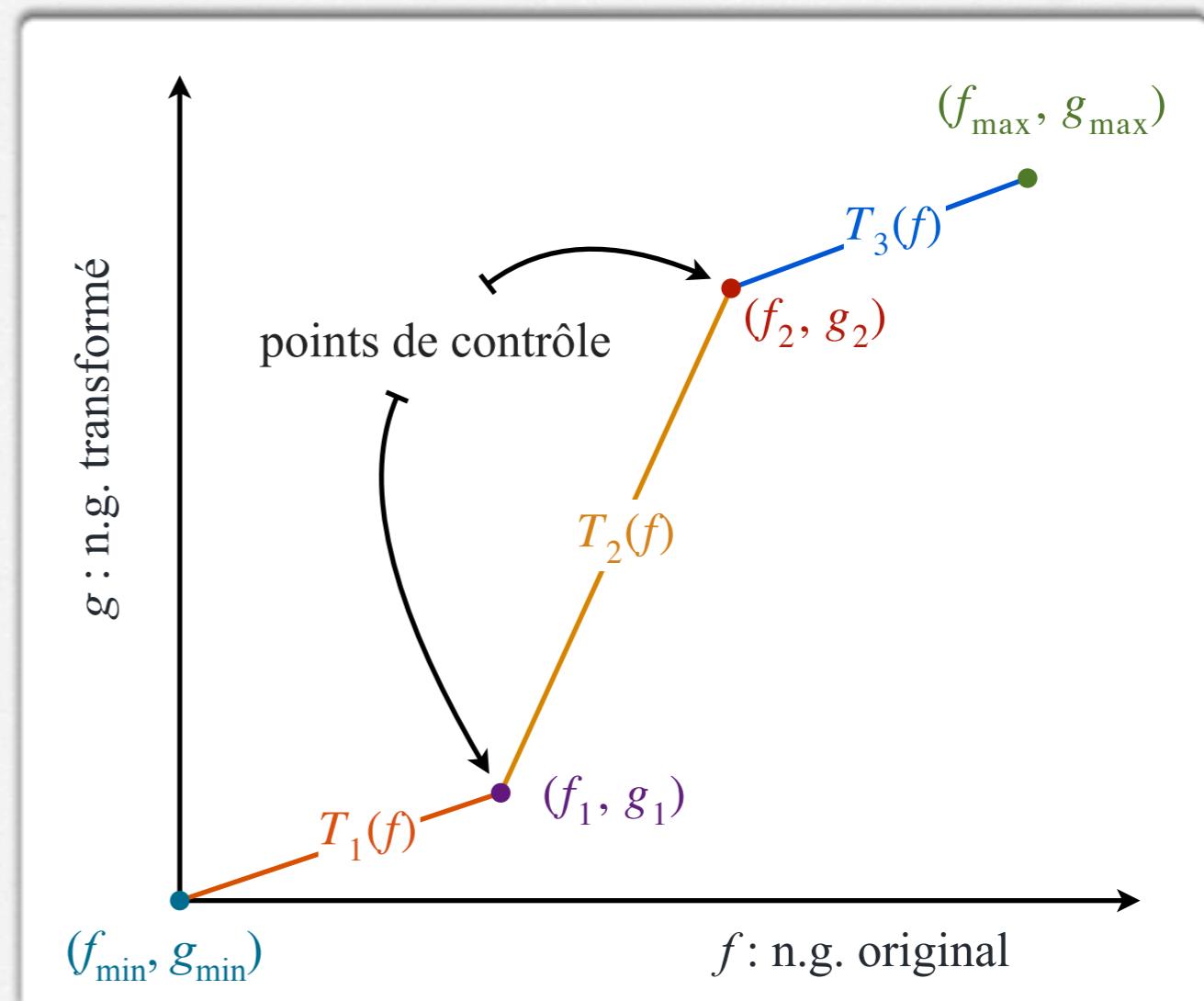
4. Transformation linéaire par morceaux

Intérêt :

- Offre un contrôle plus fin du contraste
- ✓ Semblable au changement de dynamique mais en plusieurs morceaux
- ✓ La dynamique de l'image peut ne pas changer

Remarque :

- on peut ajouter des points de contrôle



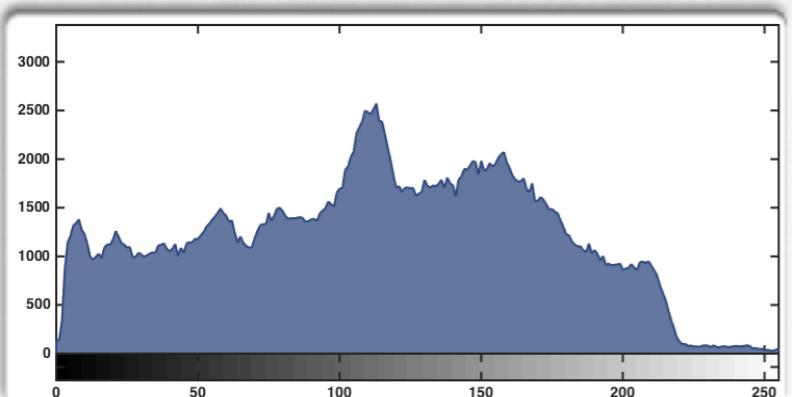
1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

4. Transformation linéaire par morceaux

* Cas fréquent



$f [m, n]$



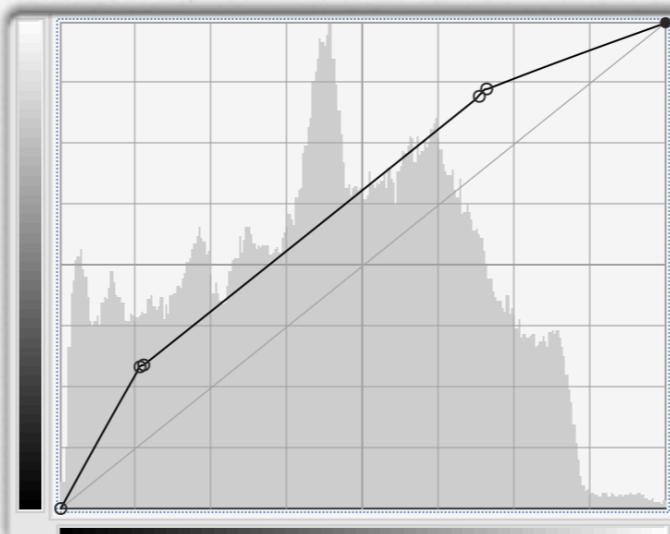
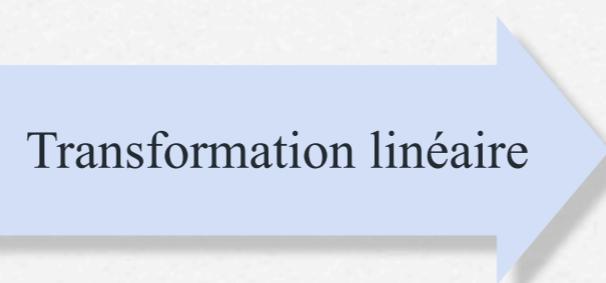
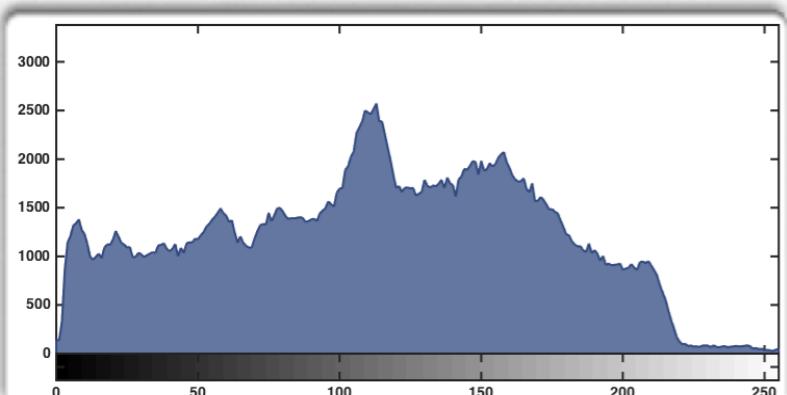
1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

4. Transformation linéaire par morceaux

* Cas fréquent



$f [m, n]$



$$(f_{\min}, g_{\min}) = (0, 0)$$

$$(f_{\max}, g_{\max}) = (255, 255)$$

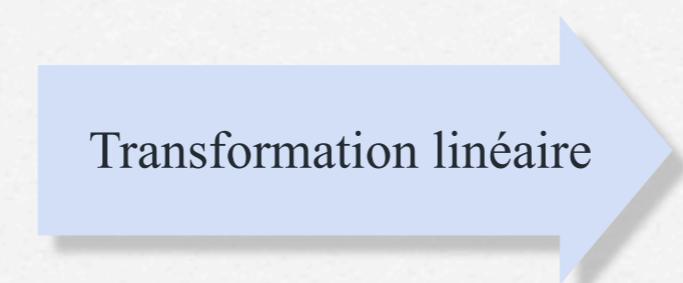
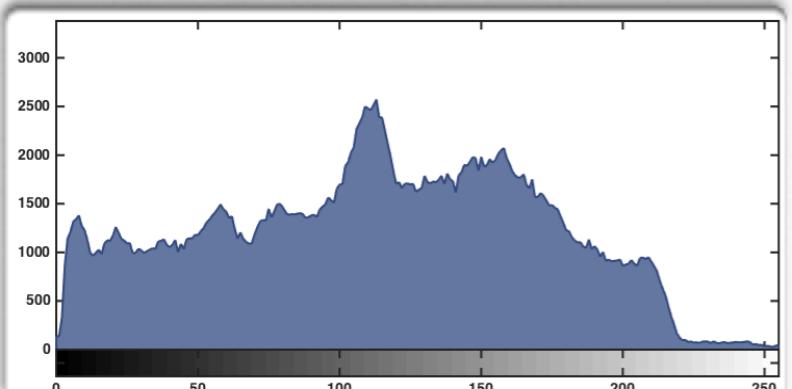
1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

4. Transformation linéaire par morceaux

* Cas fréquent



$f[m, n]$

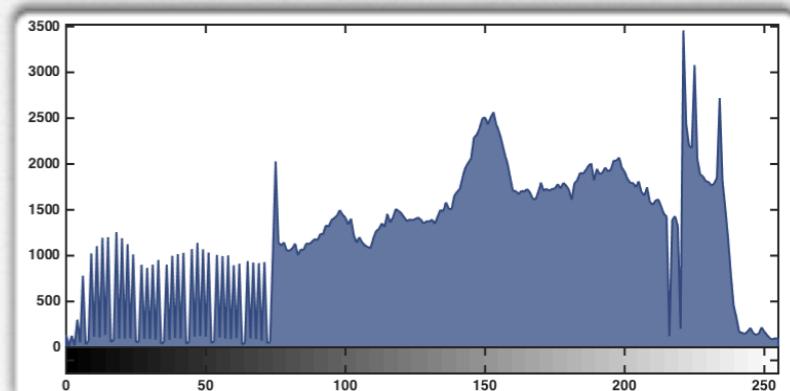


$$(f_{\min}, g_{\min}) = (0, 0)$$

$$(f_{\max}, g_{\max}) = (255, 255)$$



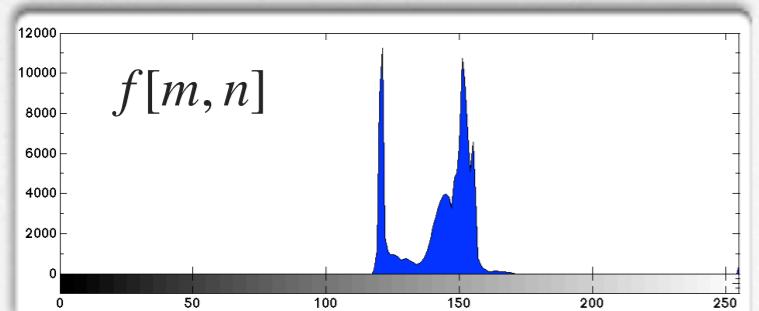
$g[m, n]$



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

4. Transformation linéaire par morceaux

* Cas fréquent



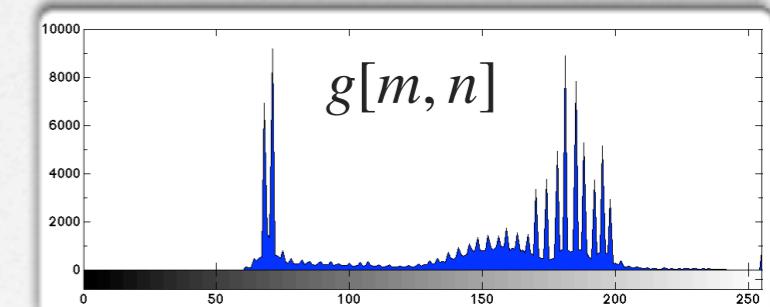
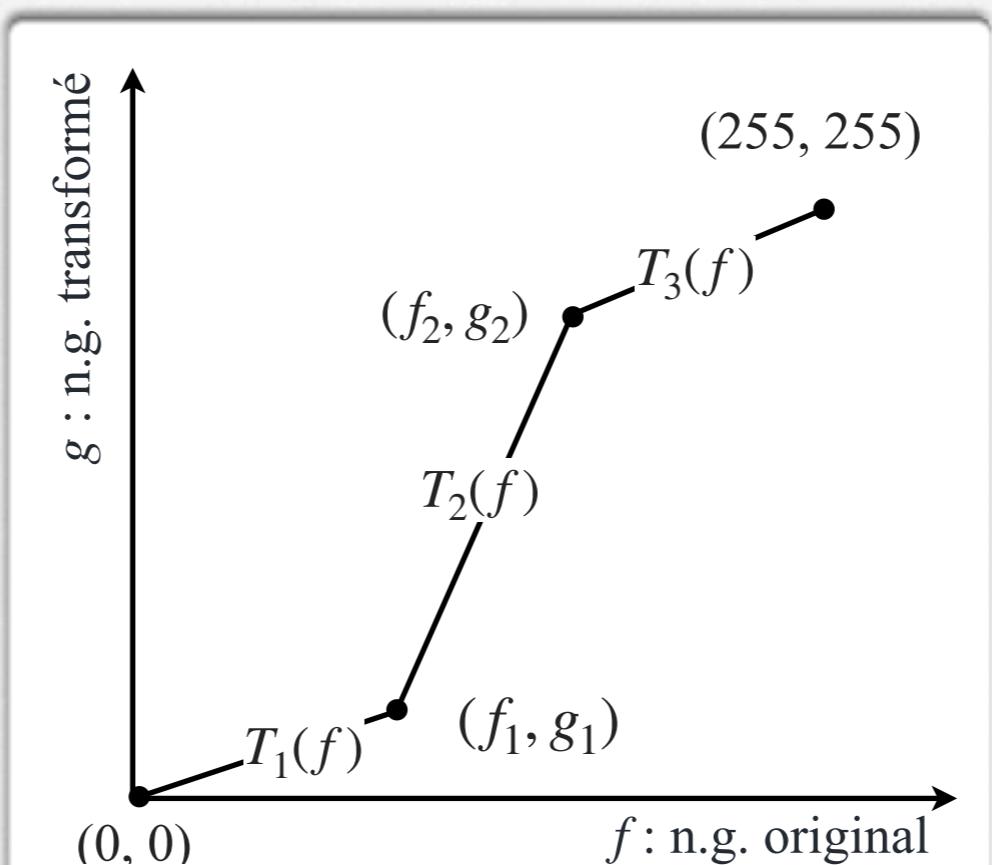
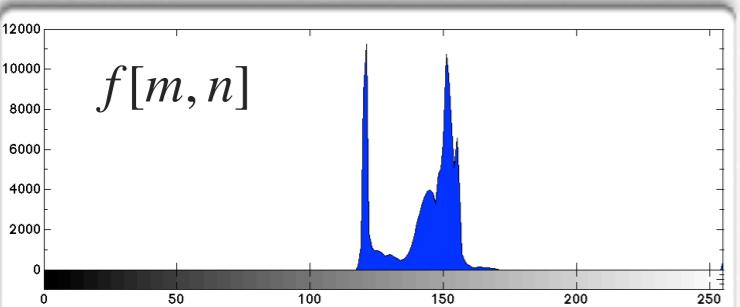
1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

4. Transformation linéaire par morceaux

* Cas fréquent



Transformation linéaire



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

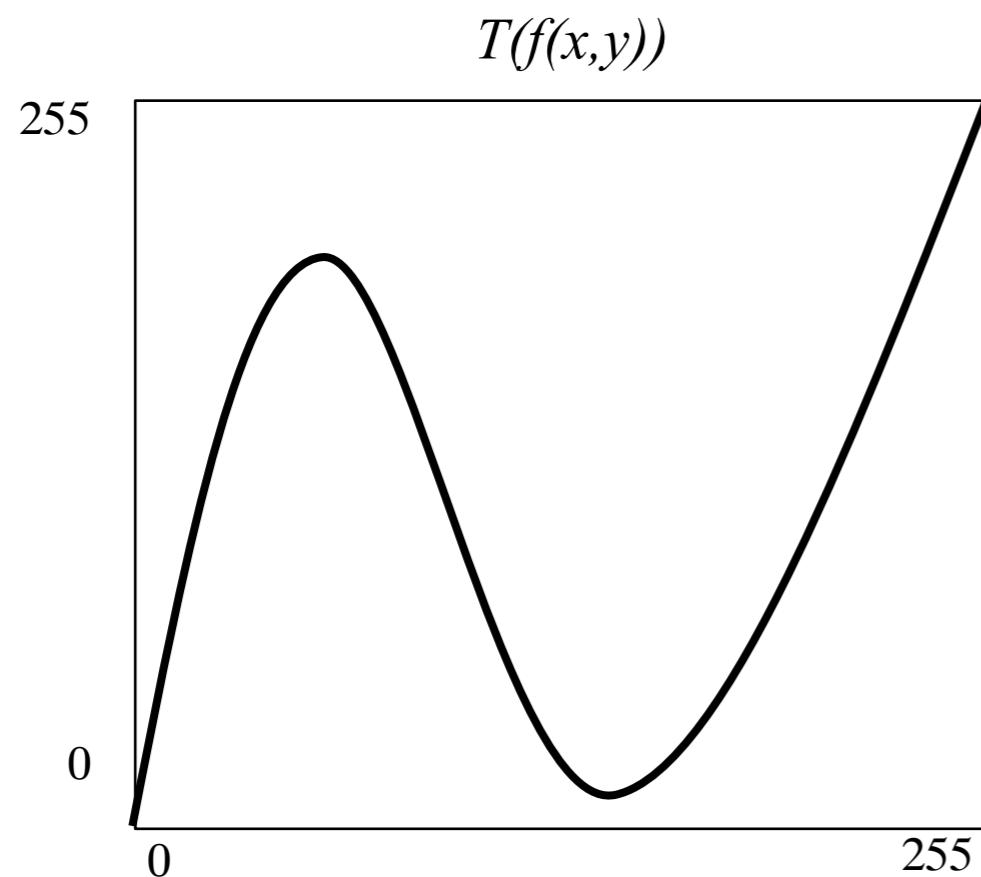
4. Transformation linéaire par morceaux

■ Remarque :

- ✓ Pour accélérer (et simplifier) les calculs, on peut utiliser une table de référence (LUT : Look-up table)

f	$g = T(f)$
0	0
1	0.8
2	1.7
3	2.5
:	:
254	254.8
255	255

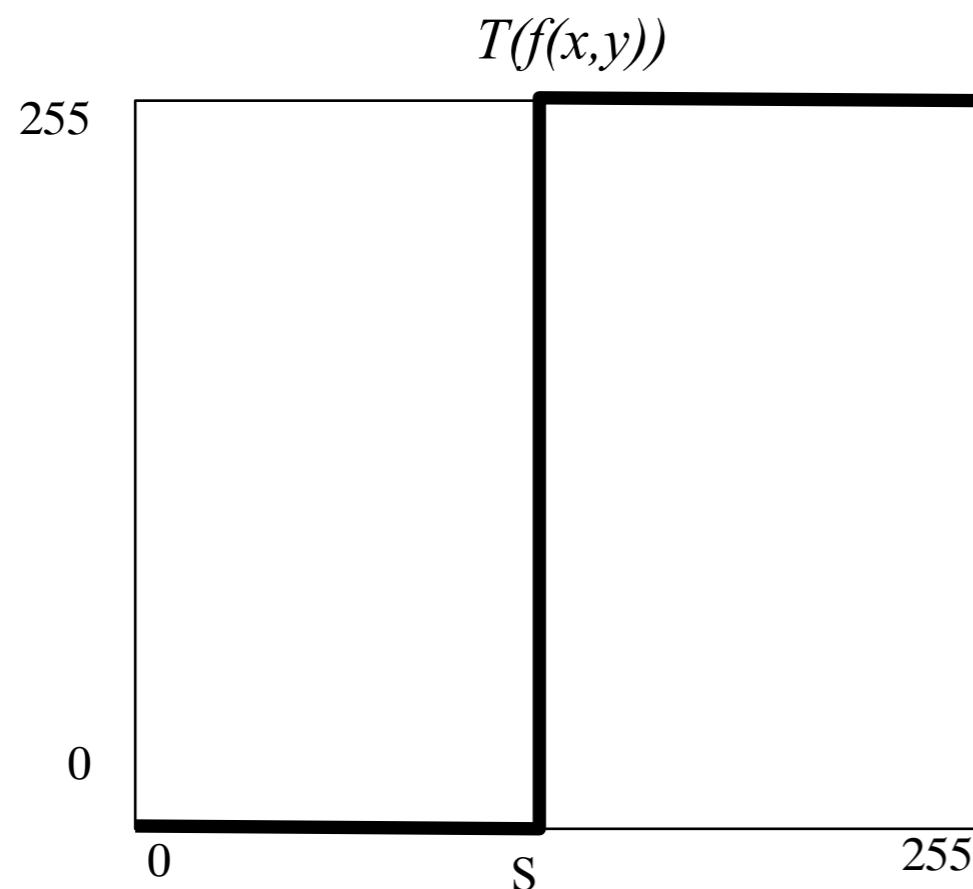
Transformations non linéaires



Remarque: Pente négative = inversion locale de contraste

Transformations linéaires par morceaux

Seuil



$f(x,y)$



$g(x,y)$

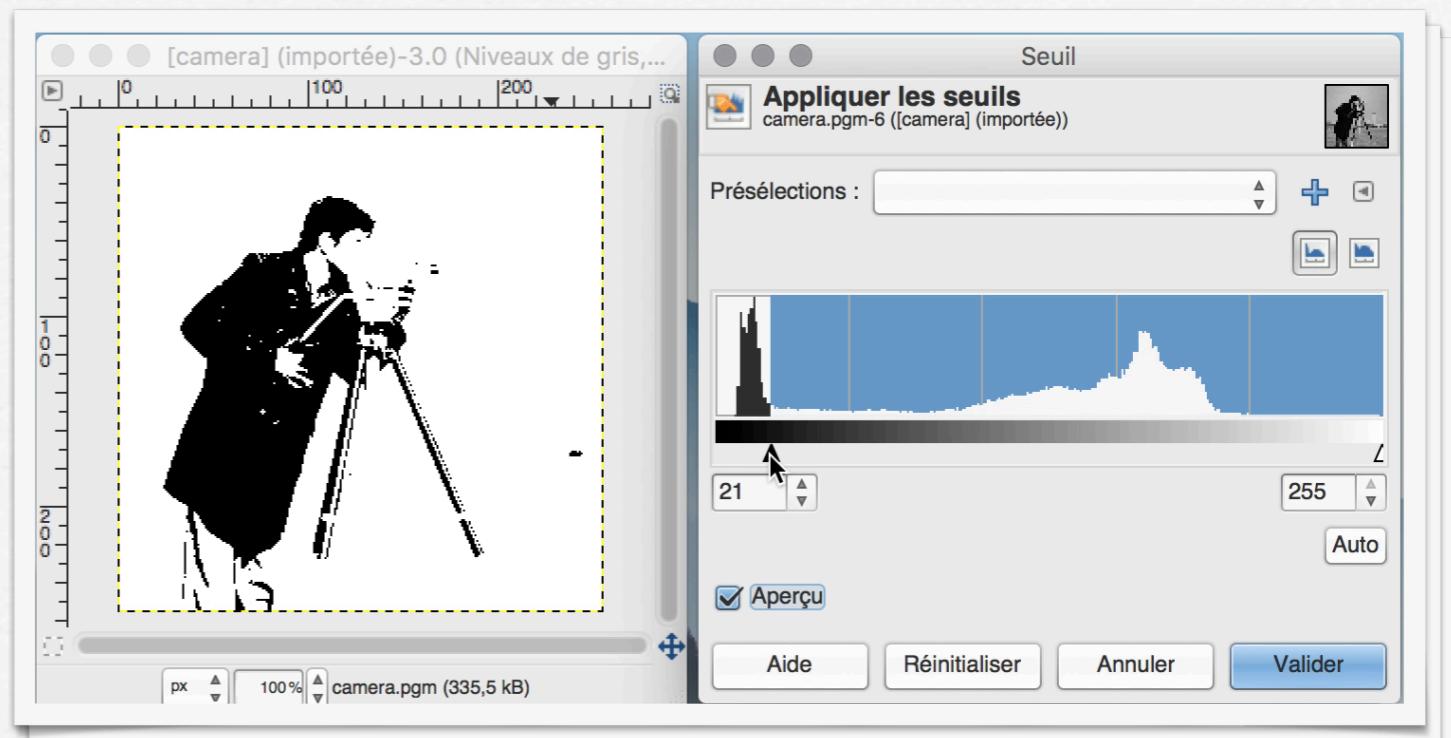


Remarque: les sauts verticaux entraînent des discontinuités

1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

4. Transformation linéaire par morceaux

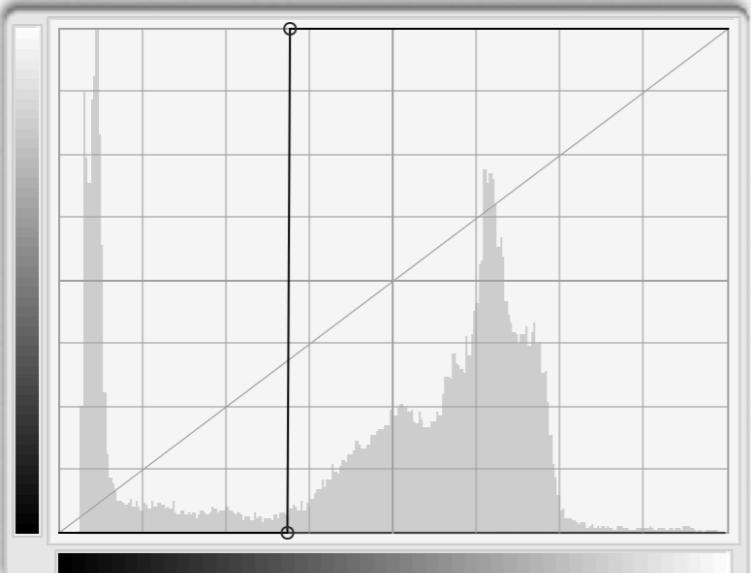
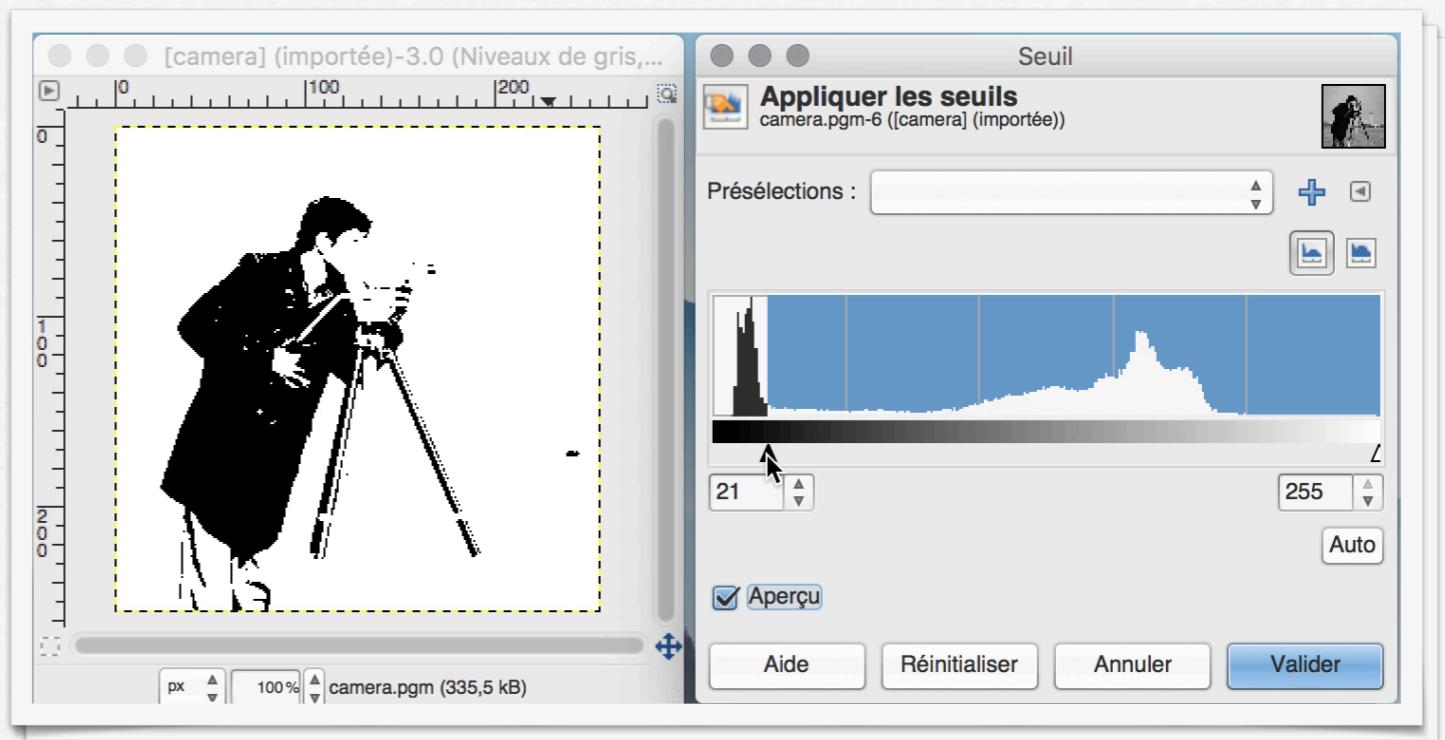
a) Seuillage



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

4. Transformation linéaire par morceaux

a) Seuillage



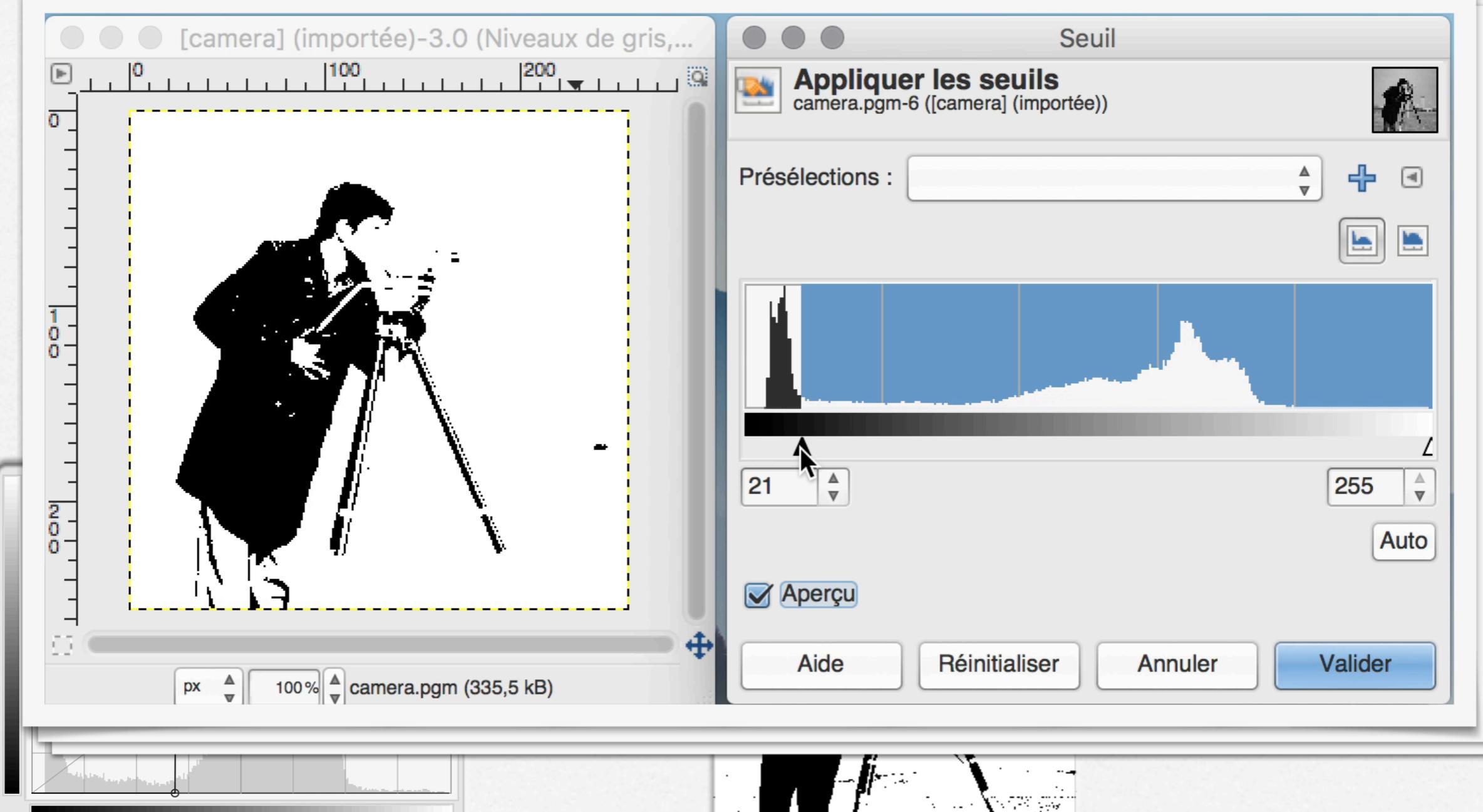
Seuillage
à $T = 88$



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

4. Transformation linéaire par morceaux

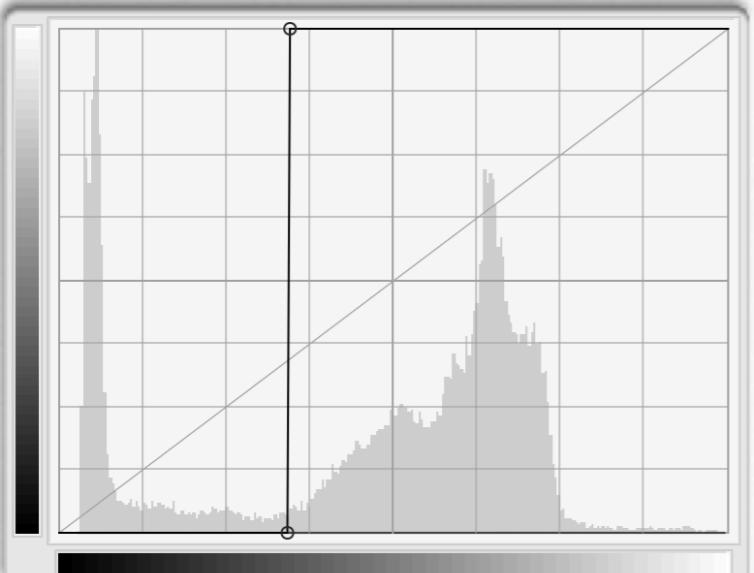
a) Seuillage



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

4. Transformation linéaire par morceaux

a) Seuillage



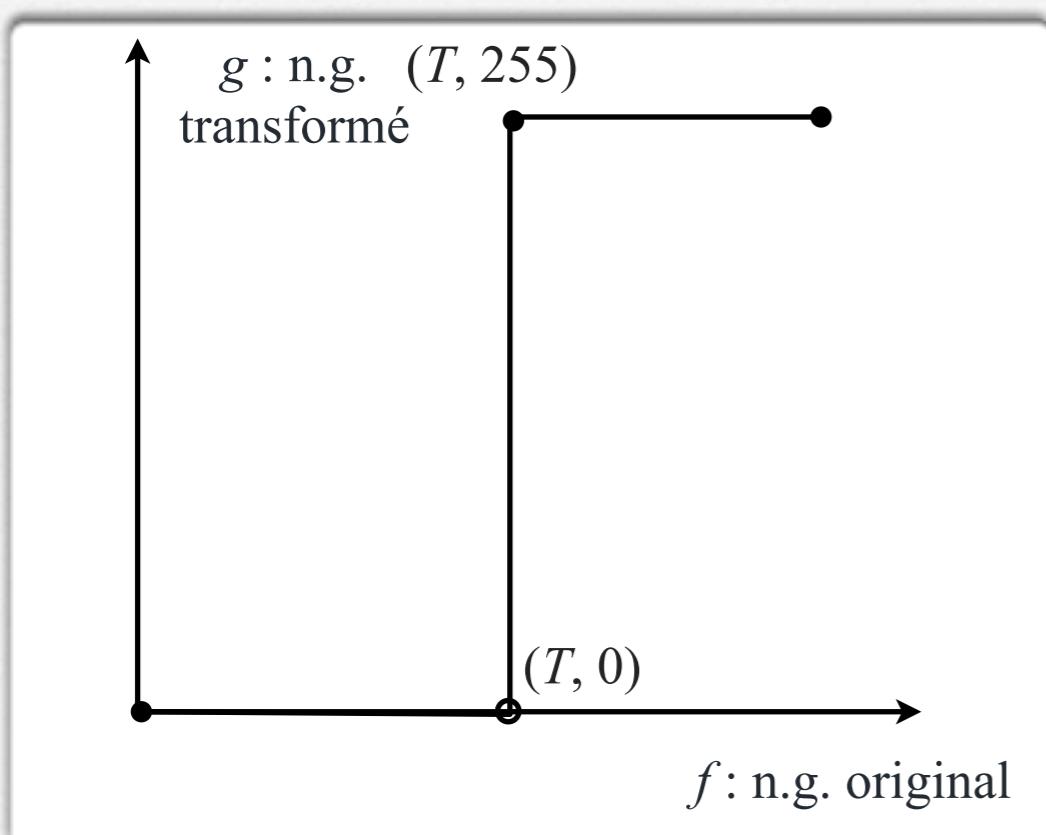
Seuillage
à $T = 88$



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

4. Transformation linéaire par morceaux

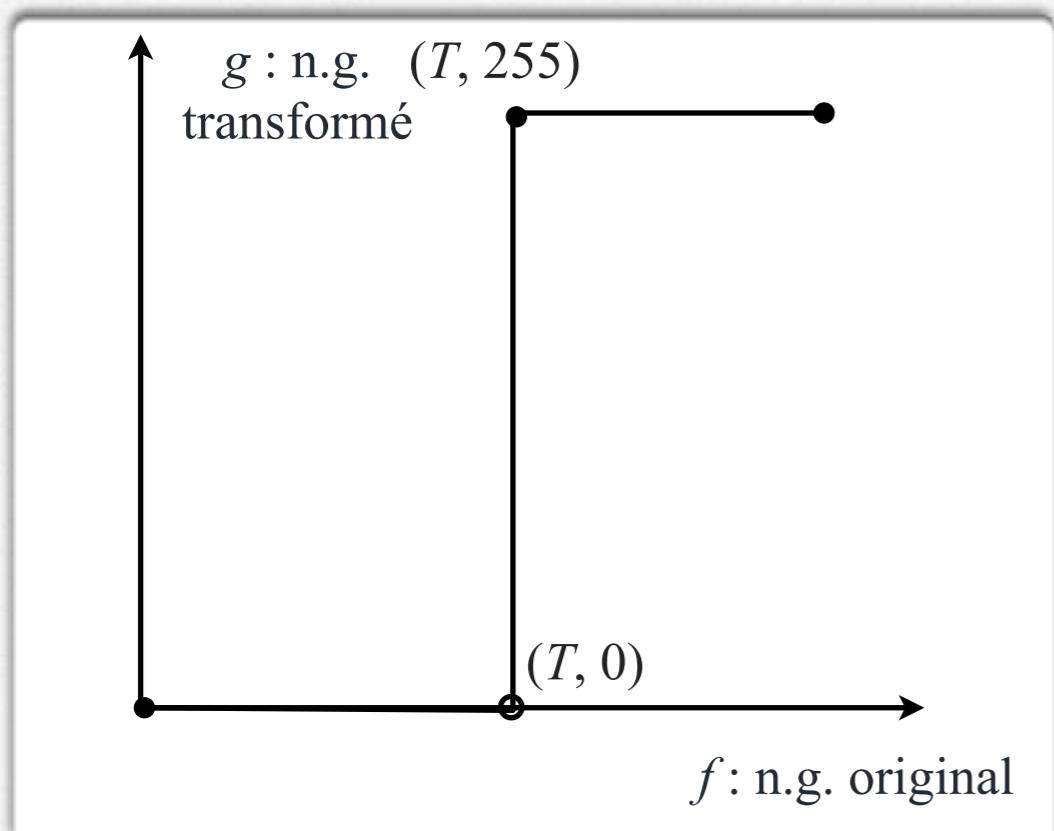
a) Seuillage



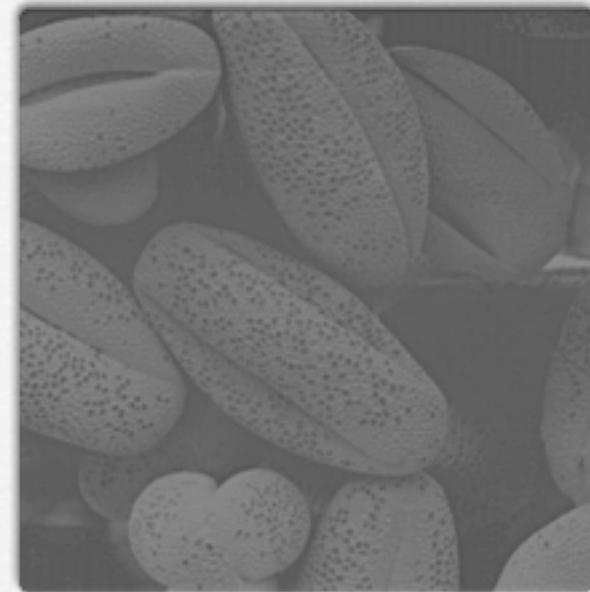
1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

4. Transformation linéaire par morceaux

a) Seuillage



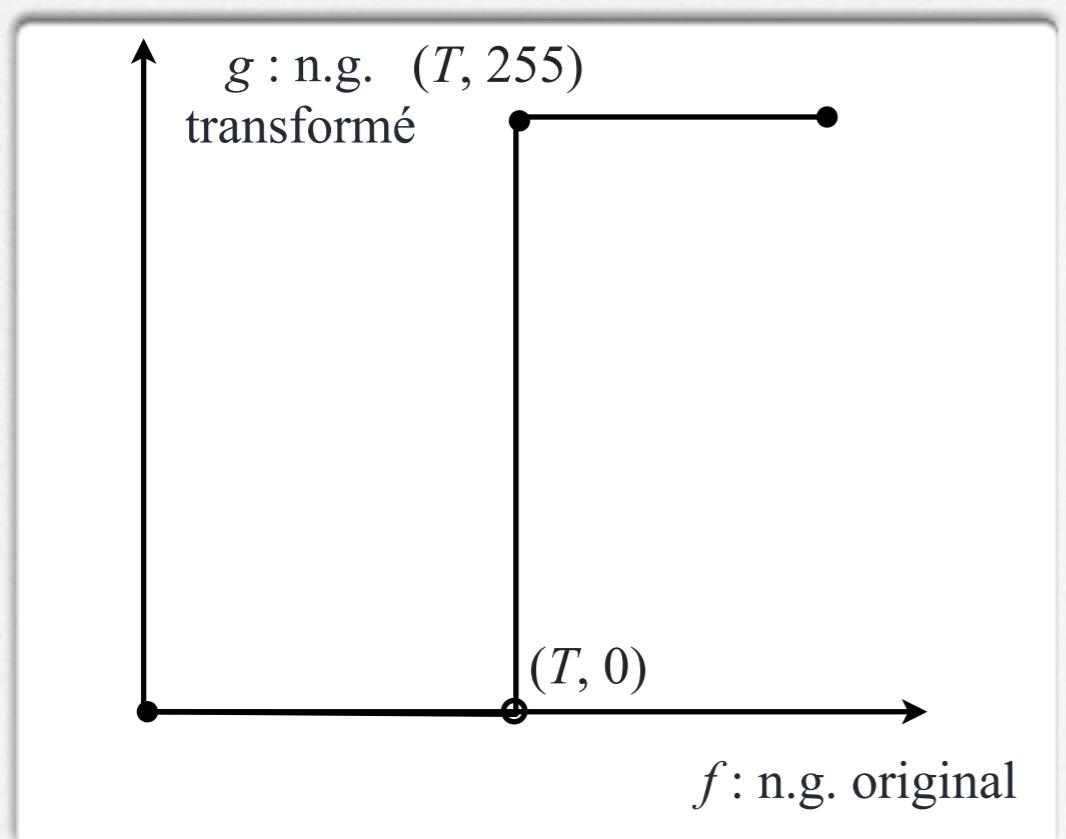
Seuillage à $T = 109$



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

4. Transformation linéaire par morceaux

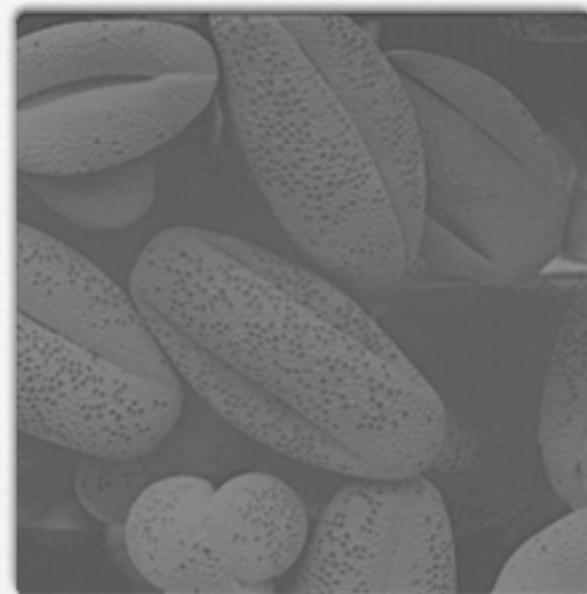
a) Seuillage



Seuillage à $T = 109$

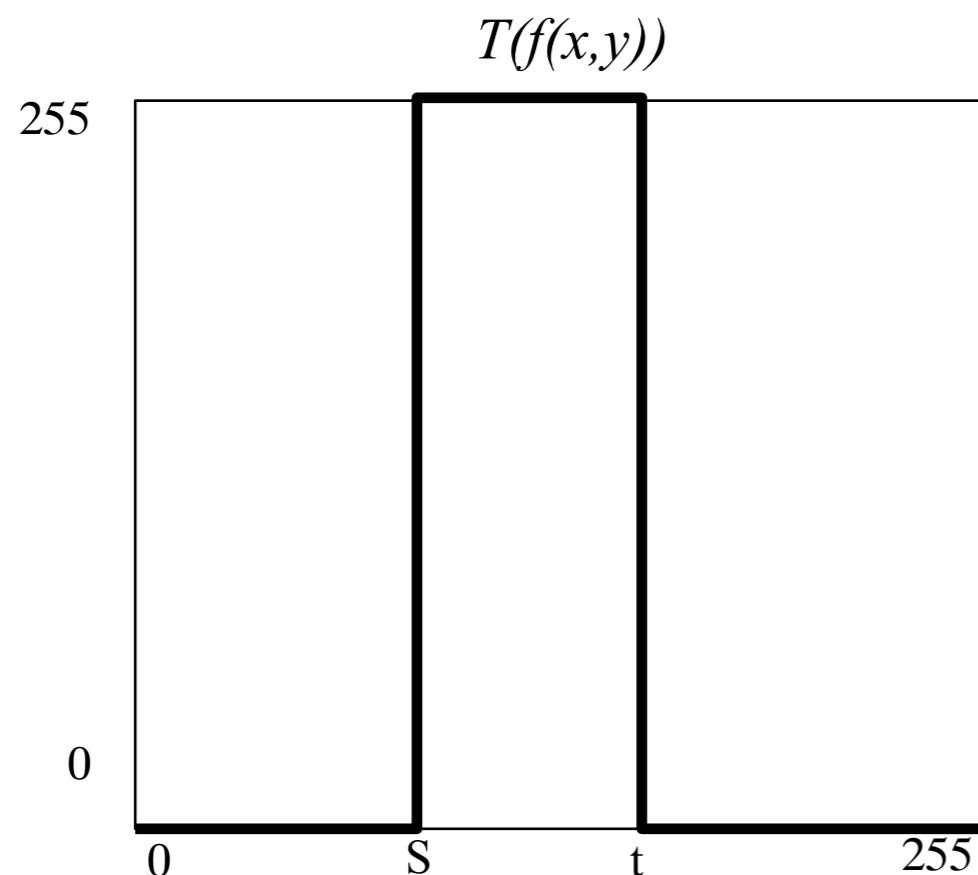


Seuillage à $T = 119$



Transformations linéaires par morceaux

Slicing



$f(x,y)$

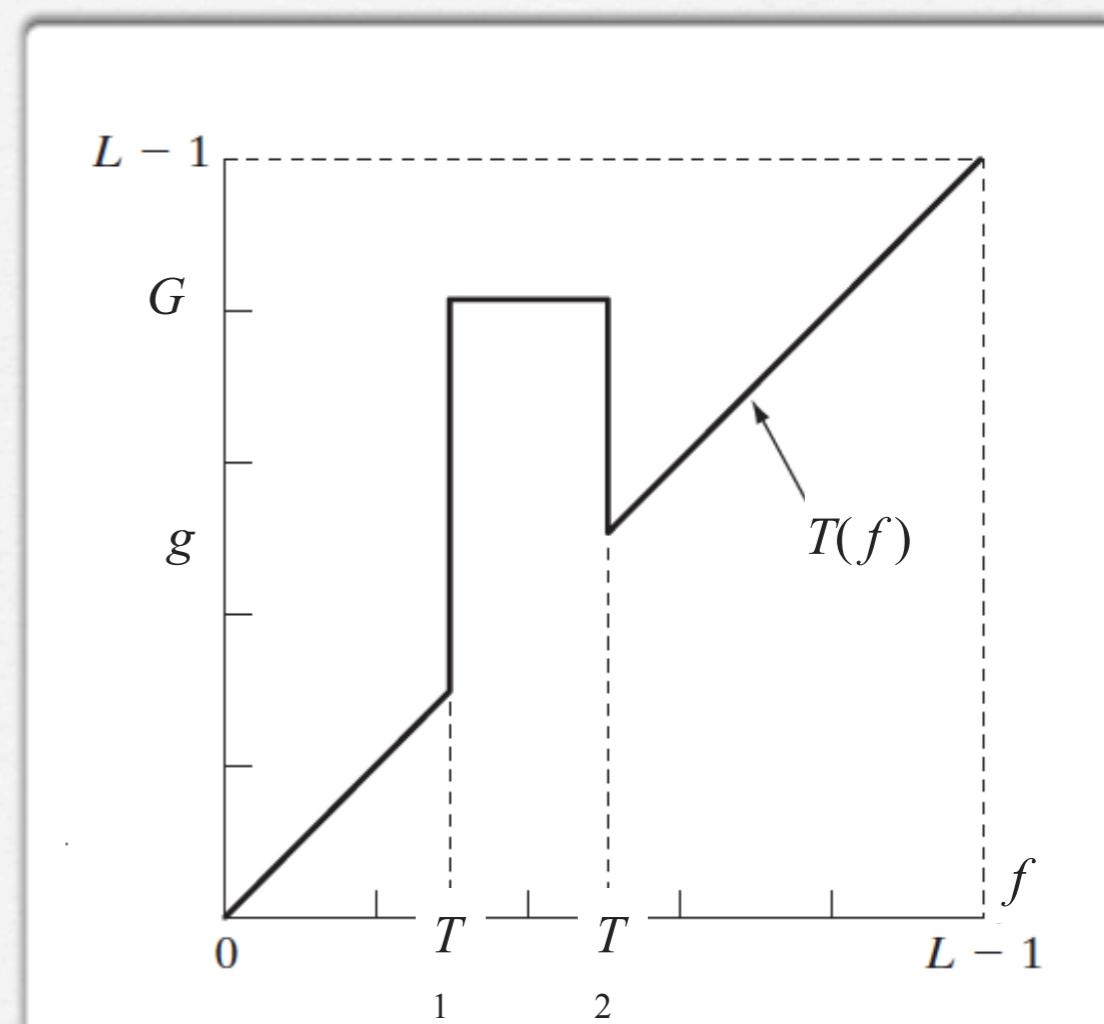
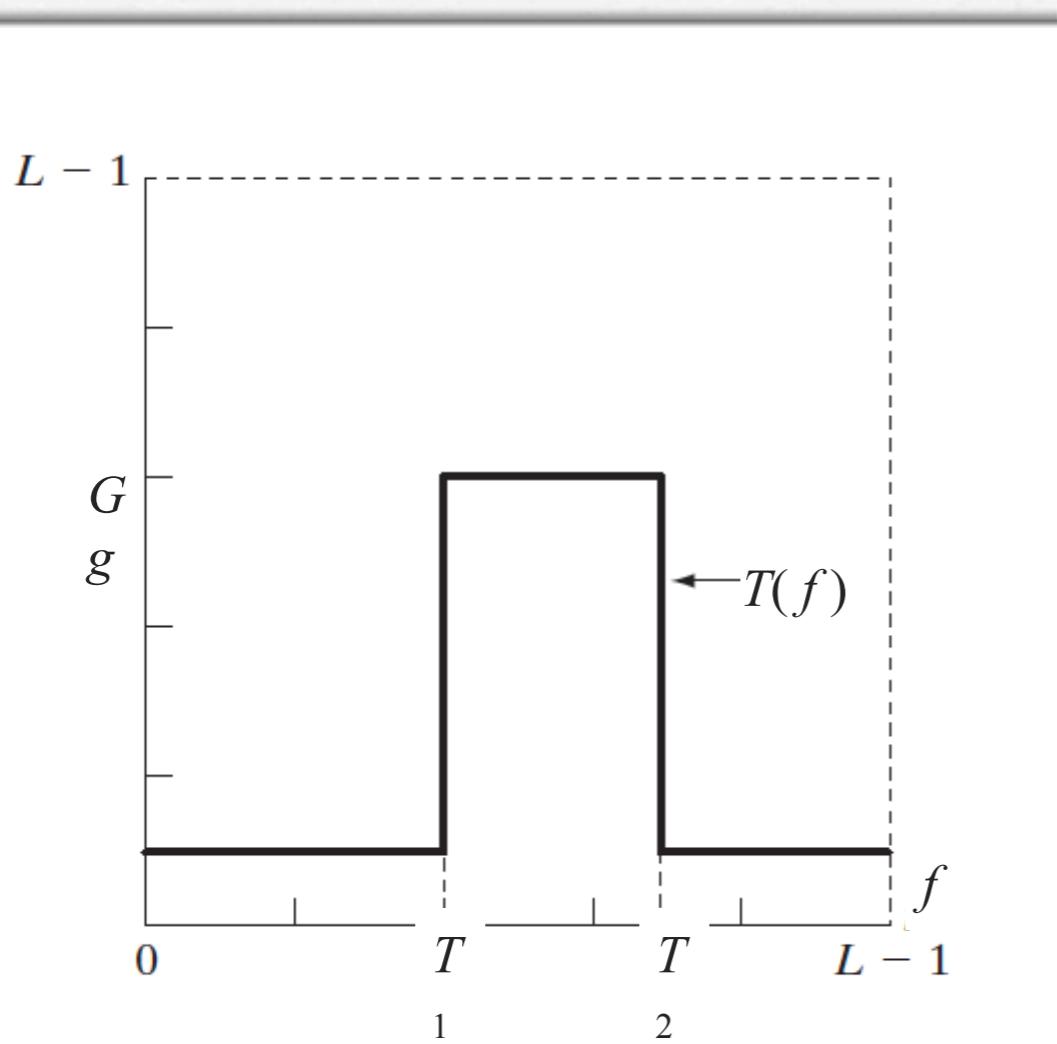


$g(x,y)$



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

5. Tranches de niveaux de gris



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

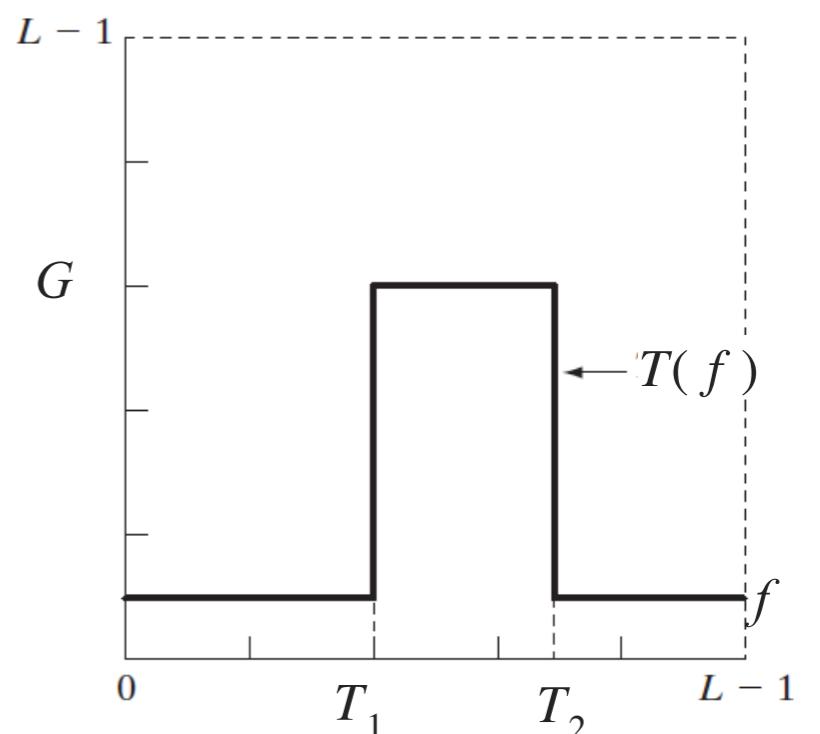
5. Tranches de niveaux de gris

a) Binaire



- Rehausse une plage de niveaux de gris en particulier

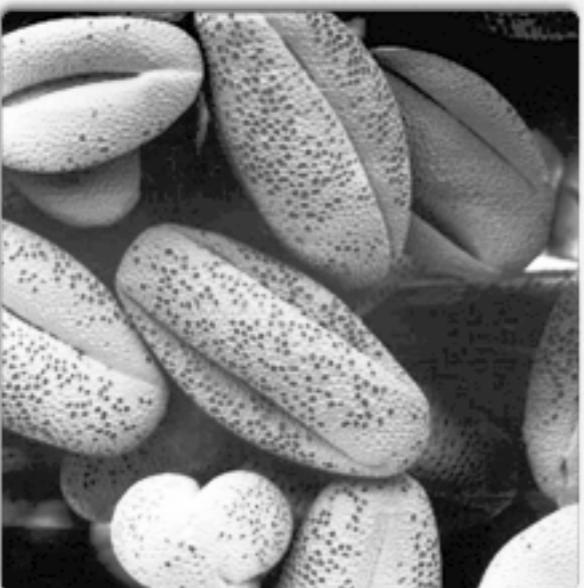
On tranche les n.g. entre 80 et 130
 $G = 255$



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

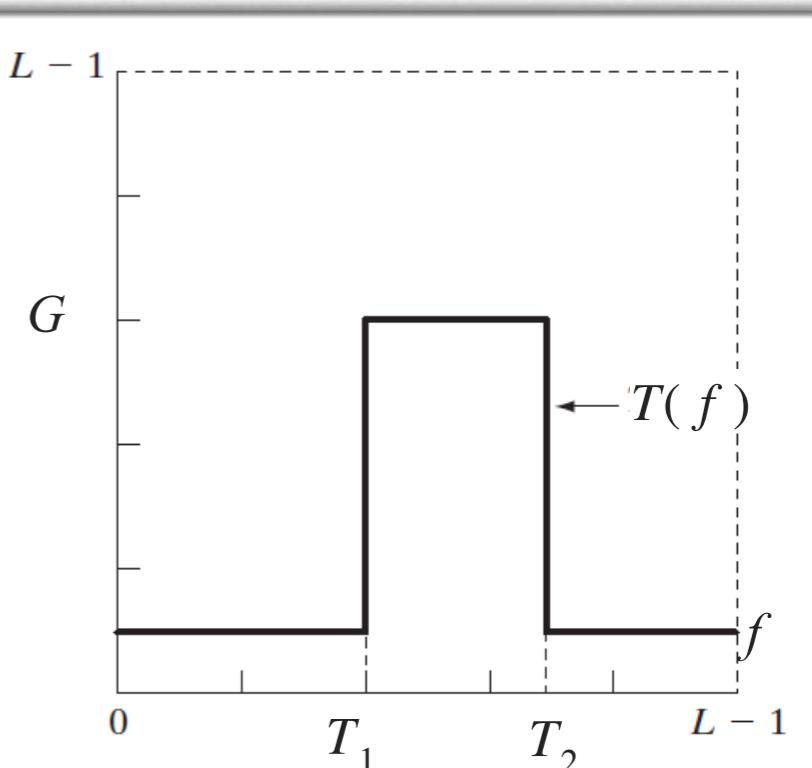
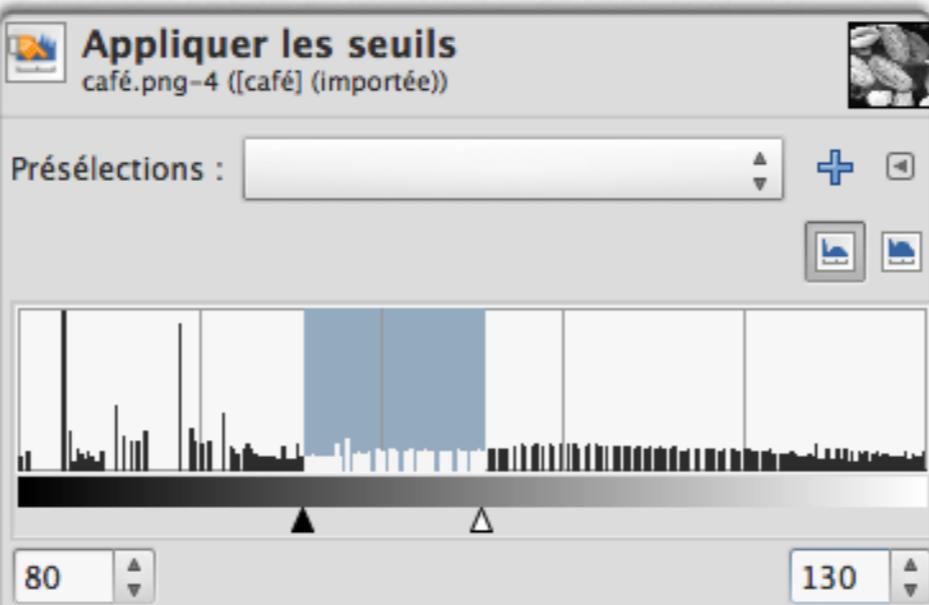
5. Tranches de niveaux de gris

a) Binaire



- Rehausse une plage de niveaux de gris en particulier

On tranche les n.g. entre 80 et 130
 $G = 255$

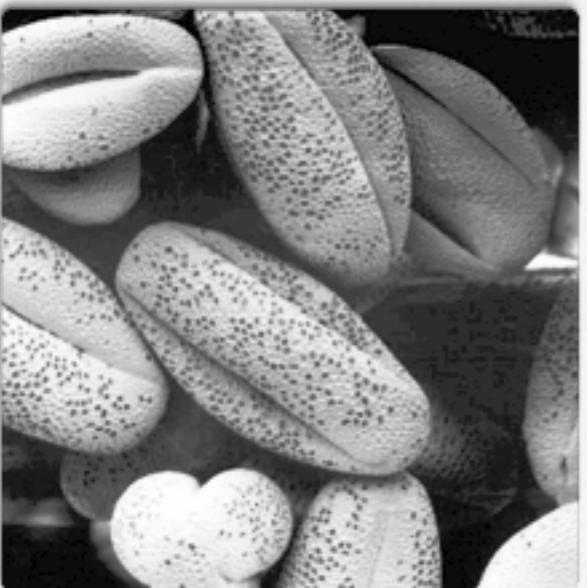


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

5. Tranches de niveaux de gris

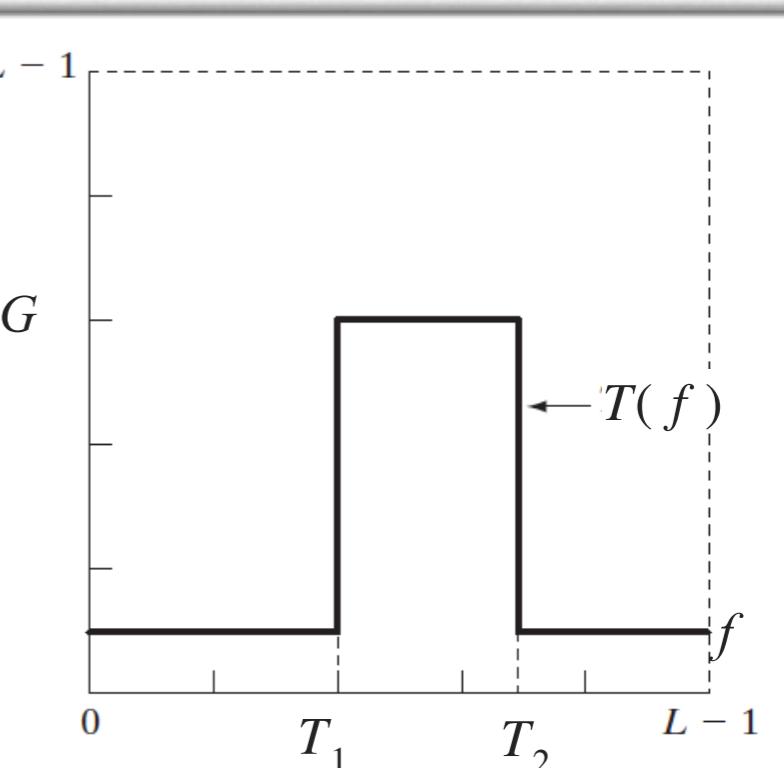
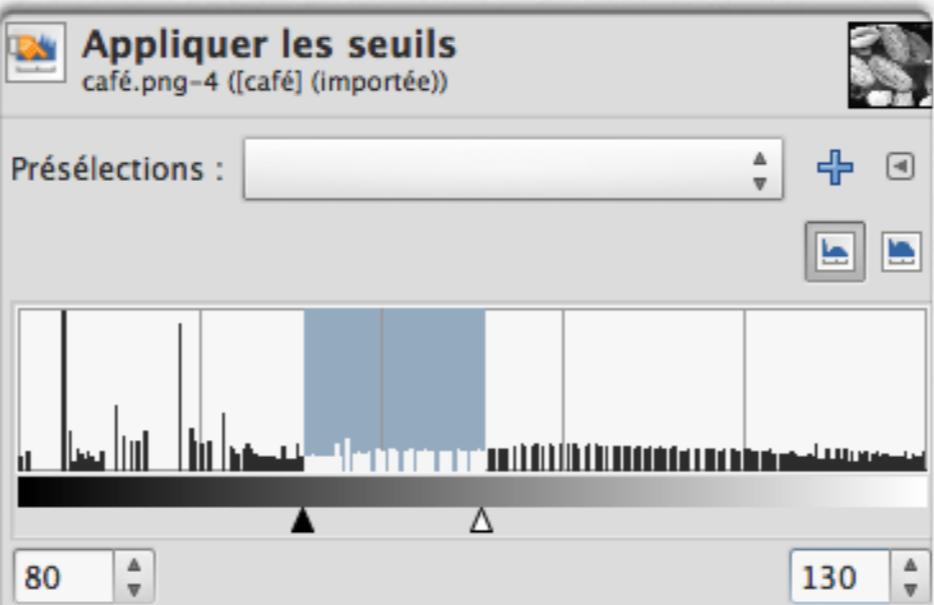
a) Binaire

- Rehausse une plage de niveaux de gris en particulier



On tranche les n.g. entre 80 et 130

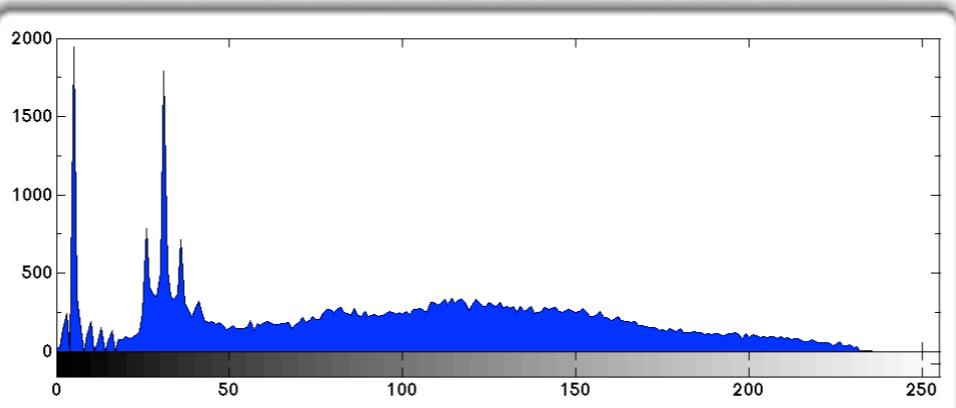
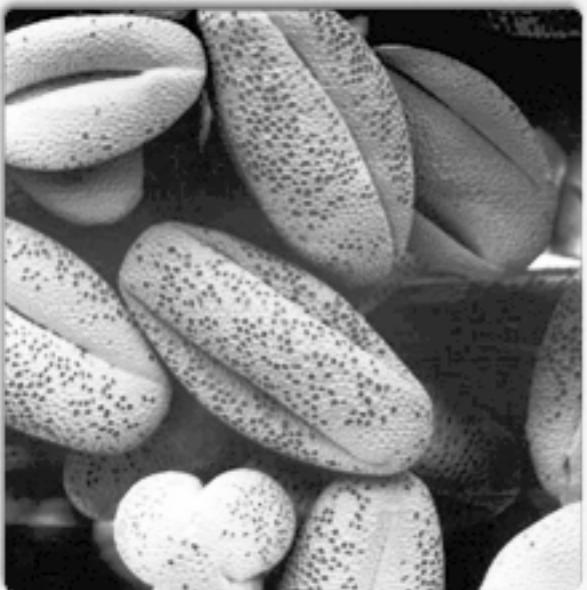
$$G = 255$$



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

5. Tranches de niveaux de gris

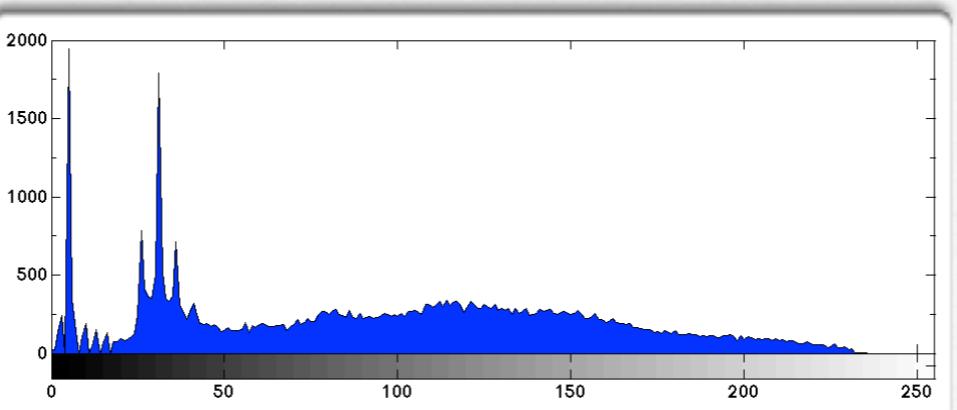
b) Niveaux de gris



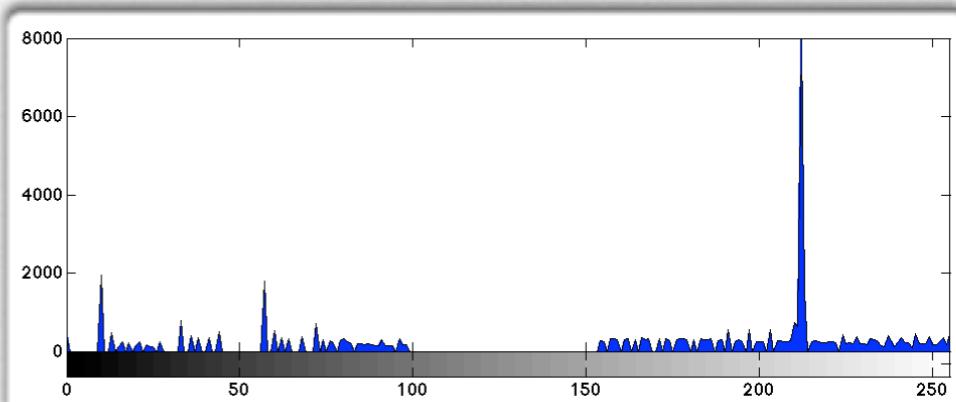
1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

5. Tranches de niveaux de gris

b) Niveaux de gris



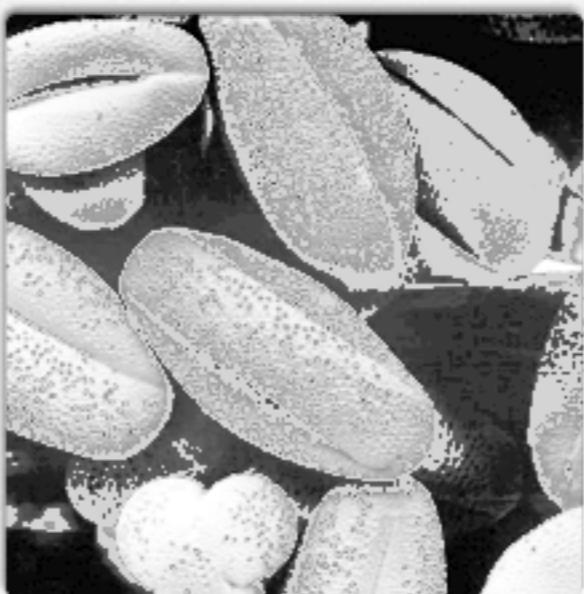
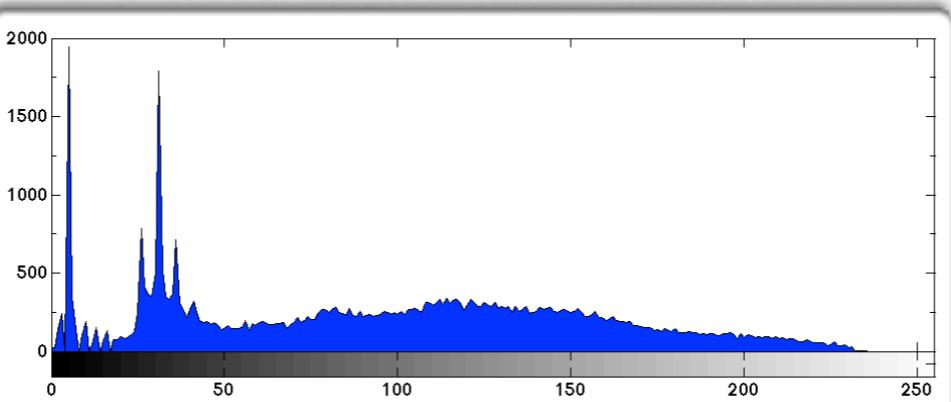
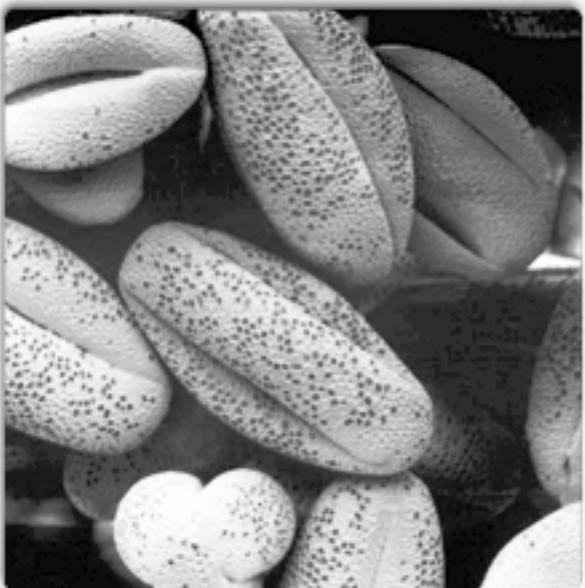
On tranche les n.g. entre 80 et 130
 $G = 212$



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

5. Tranches de niveaux de gris

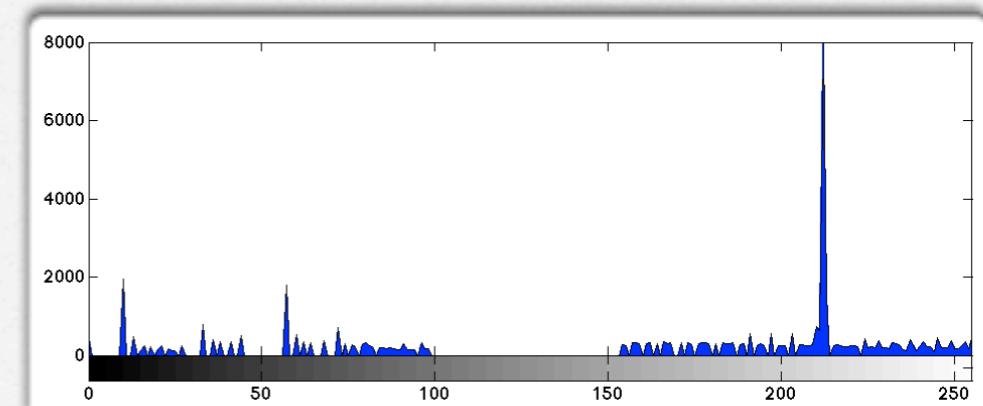
b) Niveaux de gris



Remarque :

- Toutes les variations sont possibles au besoin.
- ✓ Exemple : conserver une tranche de n.g. en conservant leur valeur et mettre tous les autres à 0

On tranche les n.g. entre 80 et 130
 $G = 212$



PLAN

- 1. Opérations ponctuelles**
- 2. Histogramme**

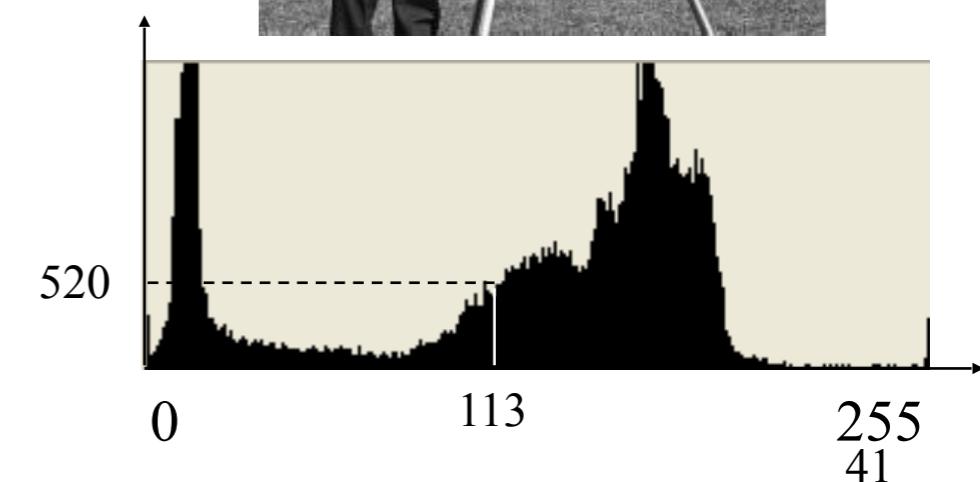
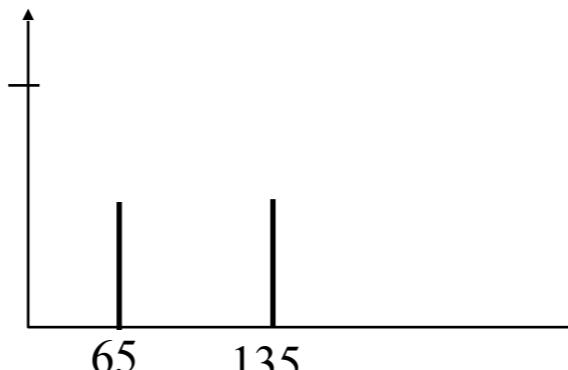
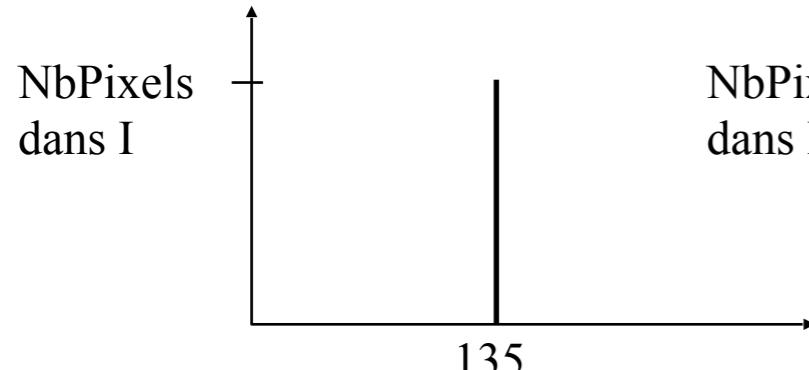
2. Traitement de l'histogramme

Traitement de l'histogramme

Définitions

Un **histogramme** représente le nombre de pixels appartenant à chaque niveaux de gris (ou couleur) pouvant être représenté dans l'image.

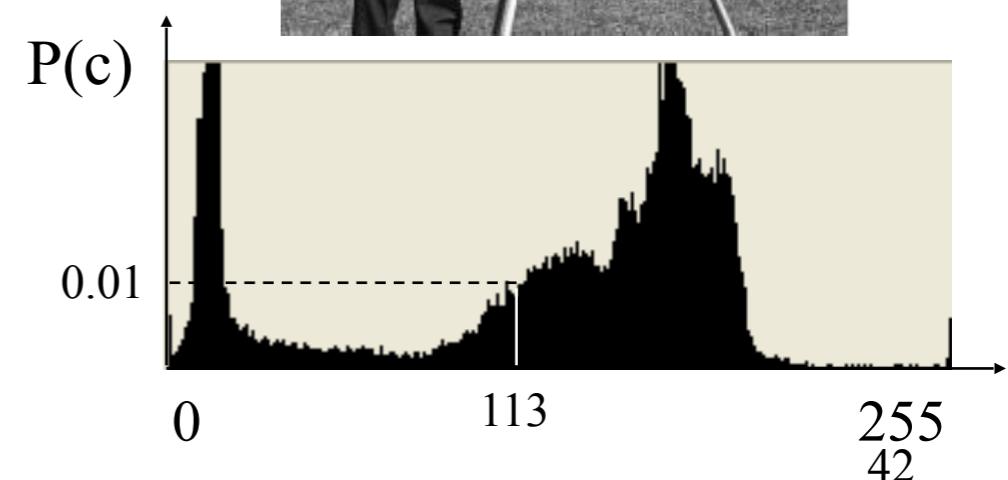
$$H(c) = \text{Nb pixels d'intensité } "c"$$



Traitement de l'histogramme

Parfois l'histogramme est normalisé par le nombre de pixels dans l'image:

$$H'(c) = P(c) = \frac{\text{Nb pixels d'intensité } c}{\text{Nb total de pixels dans l'image}}$$



Traitement de l'histogramme

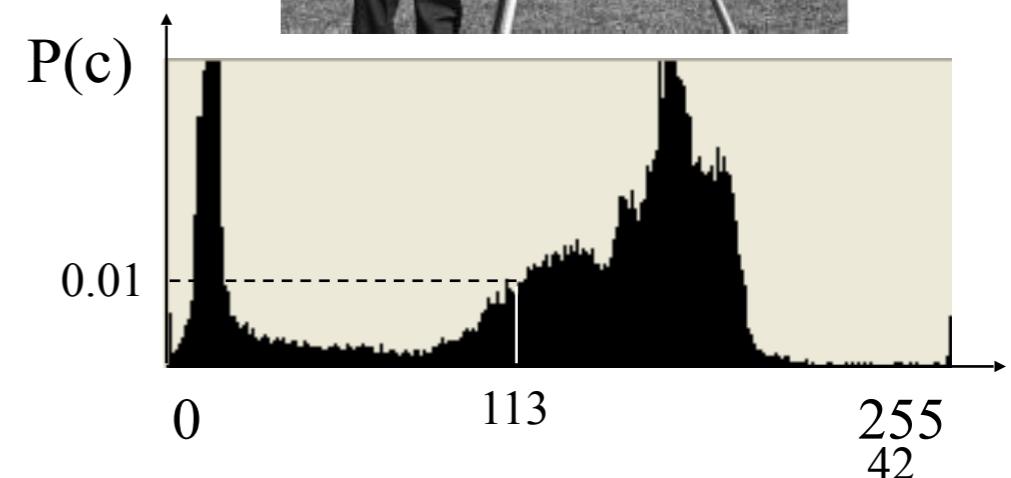
Parfois l'histogramme est normalisé par le nombre de pixels dans l'image:

$$H'(c) = P(c) = \frac{\text{Nb pixels d'intensité } c}{\text{Nb total de pixels dans l'image}}$$

Ainsi défini, $P(c)$ donne une idée de la probabilité d'occurrence d'un pixel de niveau de gris "c".

$$\sum_{c=0}^{255} P(c) = 1$$

Si je tire un pixel au hasard dans l'image, j'ai 1% de chance qu'il soit d'intensité 113.



Histogramme

Algorithme 2.3 : Construction d'un histogramme

Entrée : $f1$ image : $M \times N$ pixels

Sortie : h et $p2$ tableaux 1D de taille L contenant les histogrammes, h et sa version normalisée p

// Typiquement, L sera égal à 256

Histogramme

Algorithme 2.3 : Construction d'un histogramme

Entrée : $f1$ image : $M \times N$ pixels

Sortie : h et $p2$ tableaux 1D de taille L contenant les histogrammes, h et sa version normalisée p

// Typiquement, L sera égal à 256

Pour tous $k = 0$ à $L-1$

// Initialiser le résultat à 0

Histogramme

Algorithme 2.3 : Construction d'un histogramme

Entrée : f image : $M \times N$ pixels

Sortie : h et p deux tableaux 1D de taille L contenant les histogrammes, h et sa version normalisée p

// Typiquement, L sera égal à 256

Pour tous $k = 0$ à $L-1$

// Initialiser le résultat à 0

$h[k] = 0$

Pour tous m de 0 à $M-1$

// tous les pixels de f

Histogramme

Algorithme 2.3 : Construction d'un histogramme

Entrée : f image : $M \times N$ pixels

Sortie : h et p deux tableaux 1D de taille L contenant les histogrammes, h et sa version normalisée p

// Typiquement, L sera égal à 256

Pour tous $k = 0$ à $L-1$

// Initialiser le résultat à 0

$h[k] = 0$

Pour tous m de 0 à $M-1$

// tous les pixels de f

Pour tous n de 0 à $N-1$

$h[f[m, n]] += 1$

Pour tous $k = 0$ à $L-1$

// histogramme normalisé

Histogramme

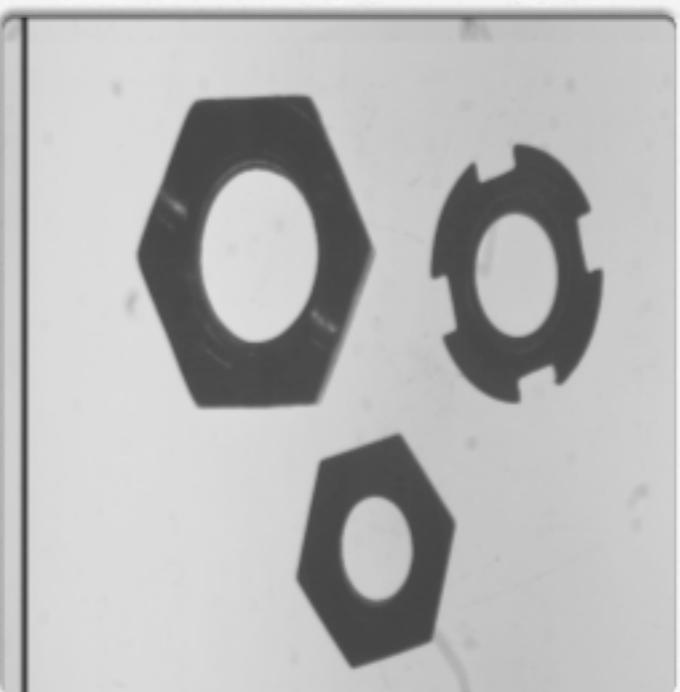
Algorithme 2.3 : Construction d'un histogramme

Entrée : f image : $M \times N$ pixels

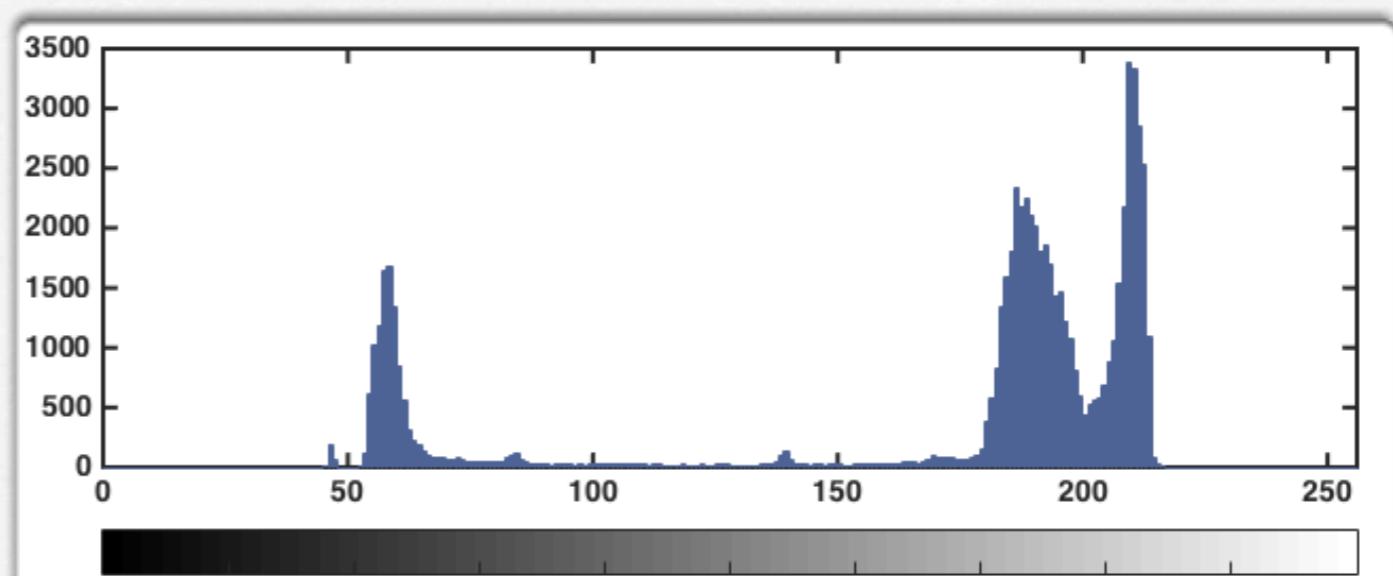
Sortie : h et p 2 tableaux 1D de taille L contenant les histogrammes, h et sa version normalisée p // Typiquement, L sera égal à 256

Pour tous $k = 0$ à $L-1$	// Initialiser le résultat à 0
$h[k] = 0$	
Pour tous m de 0 à $M-1$	// tous les pixels de f
Pour tous n de 0 à $N-1$	
$h[f[m, n]] += 1$	
Pour tous $k = 0$ à $L-1$	// histogramme normalisé
$p[k] = h[k] / (M \times N)$	

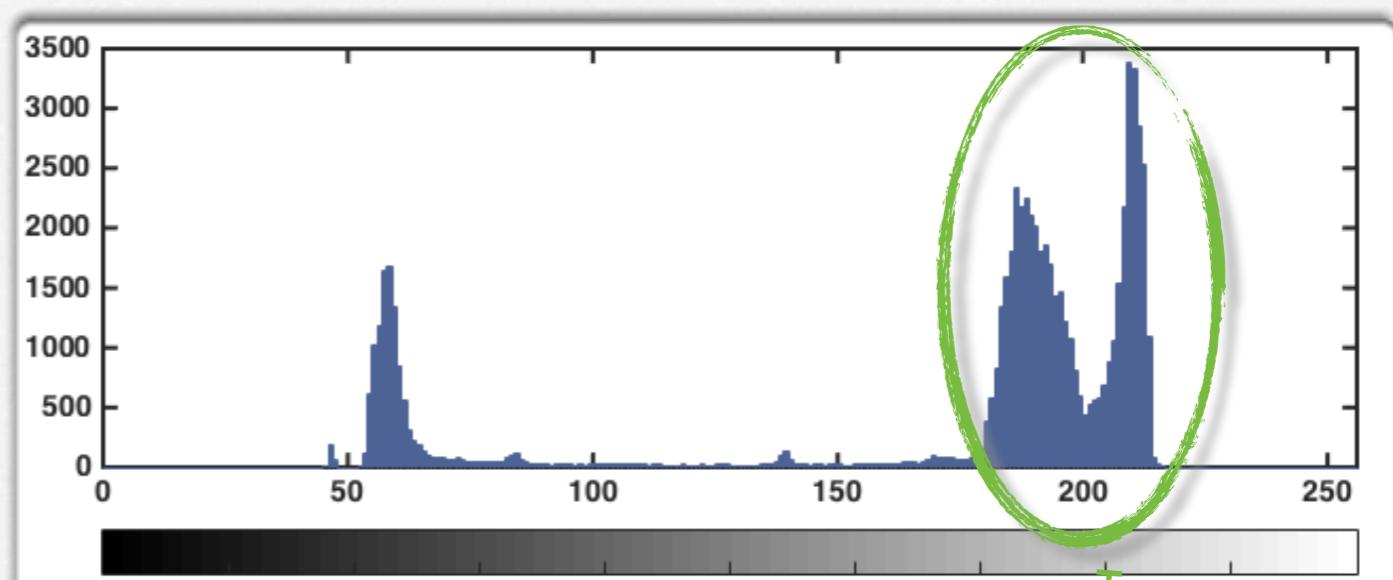
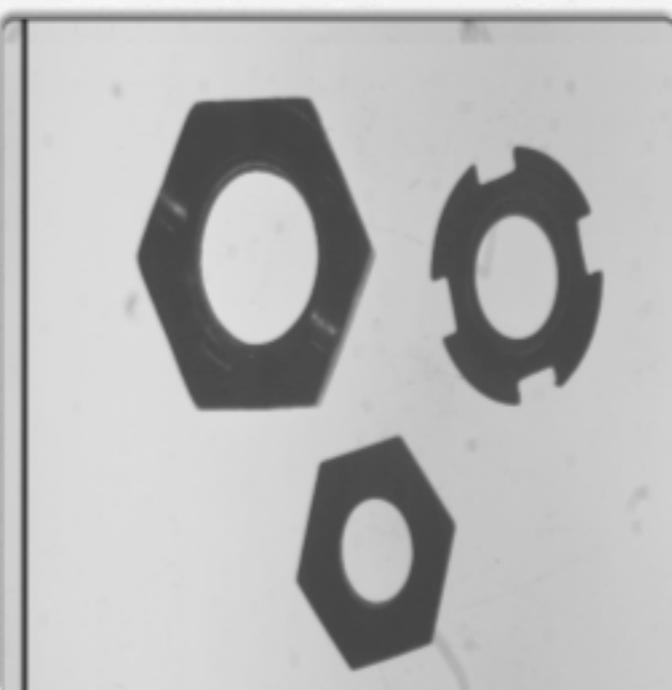
Histogramme



Histogramme

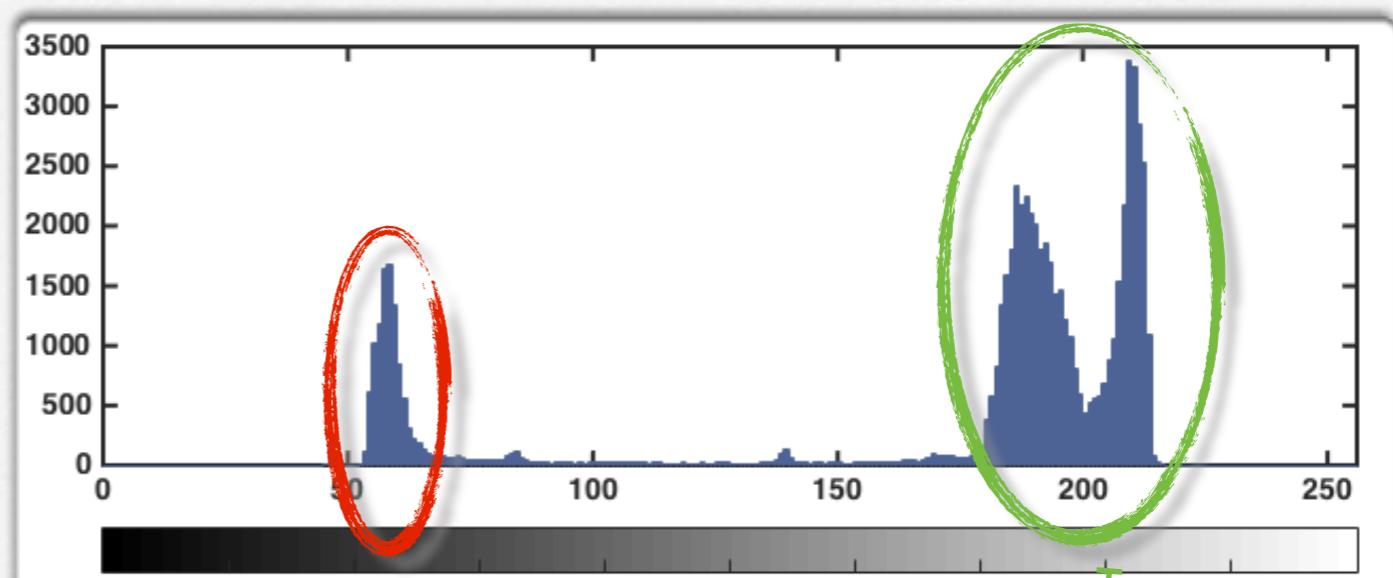
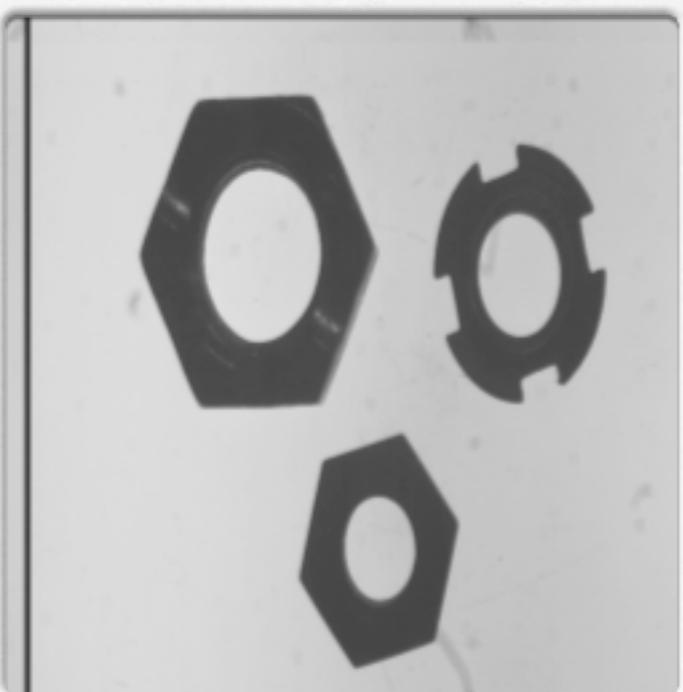


Histogramme



Fond

Histogramme

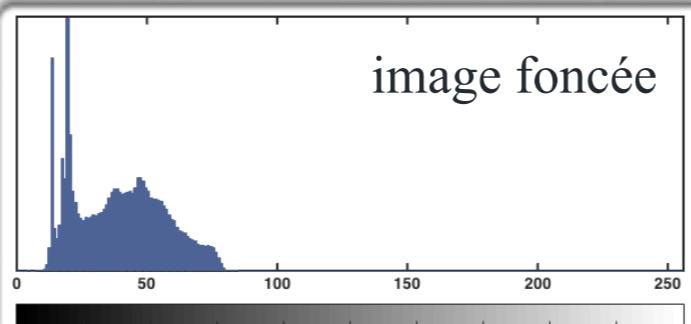
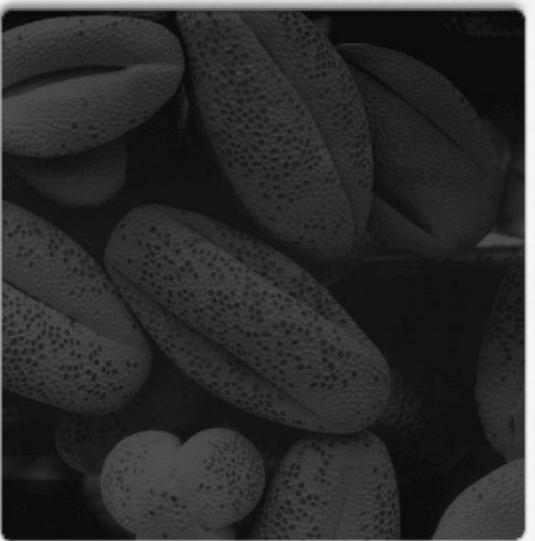


Objet

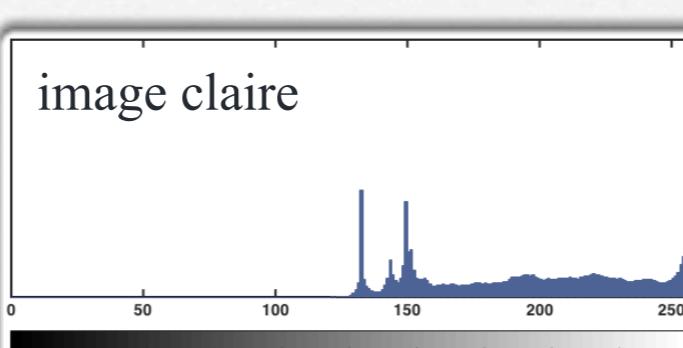
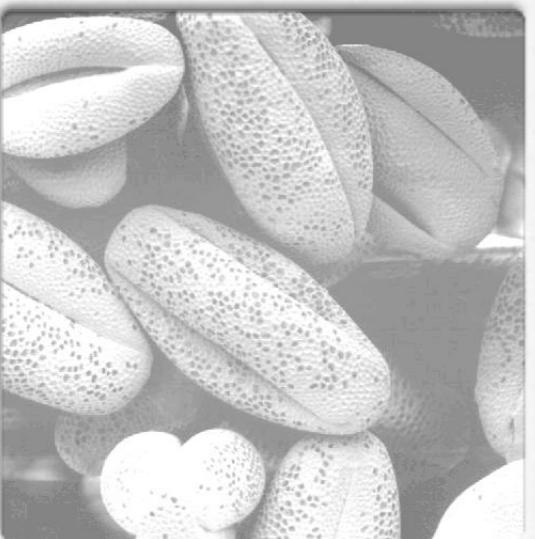
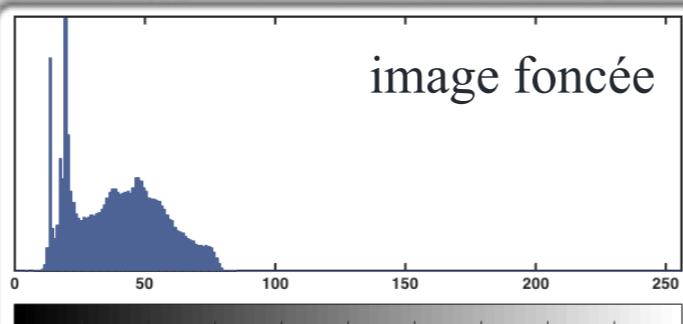
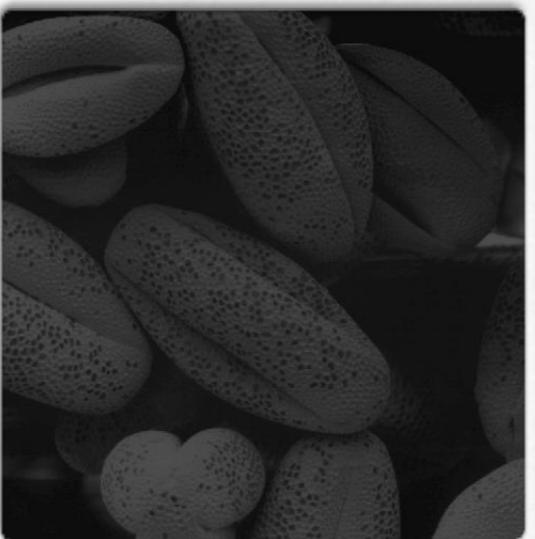
Fond

Histogramme

Histogramme



Histogramme



Histogramme

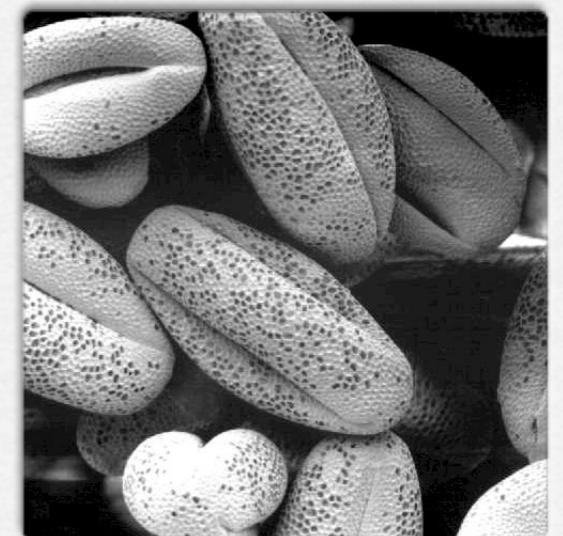
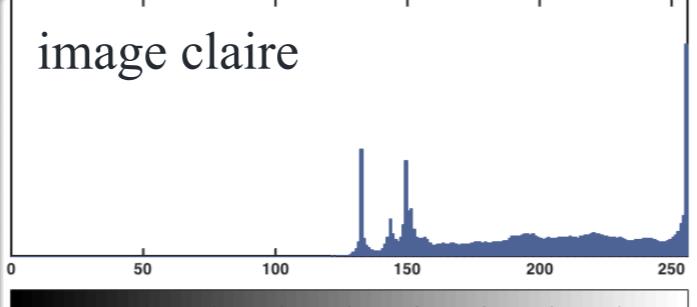
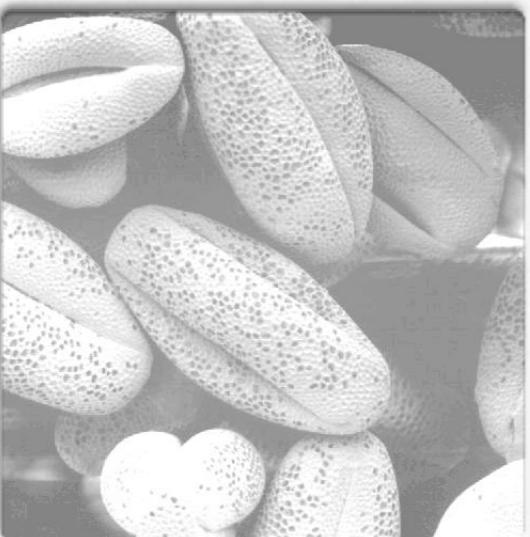
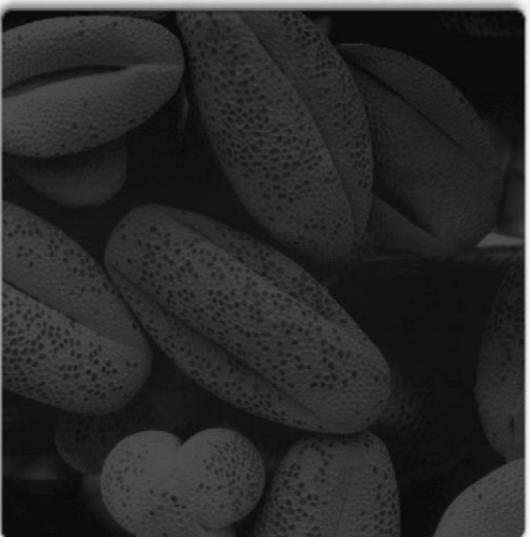
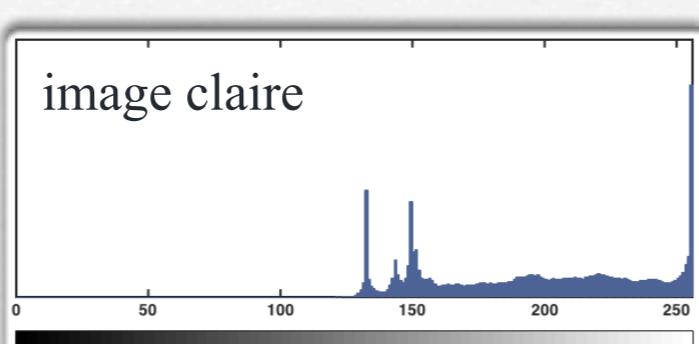
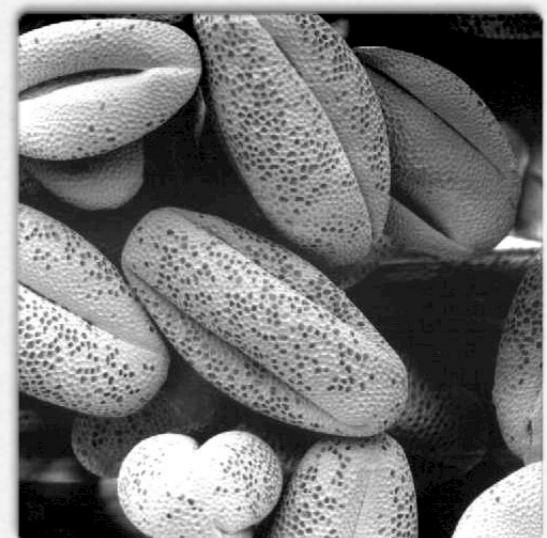
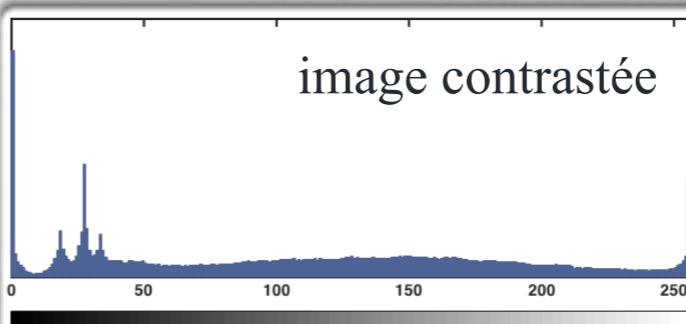
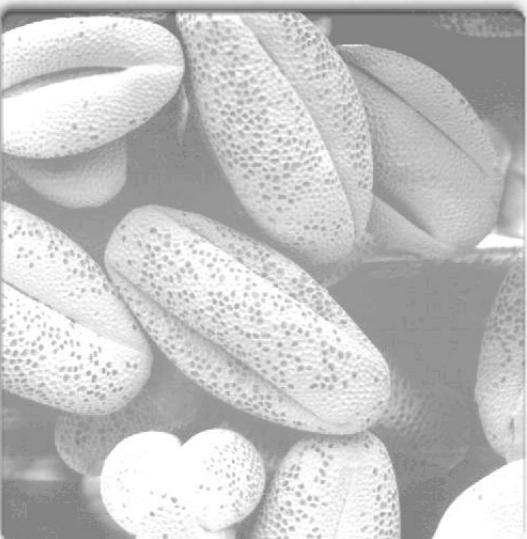
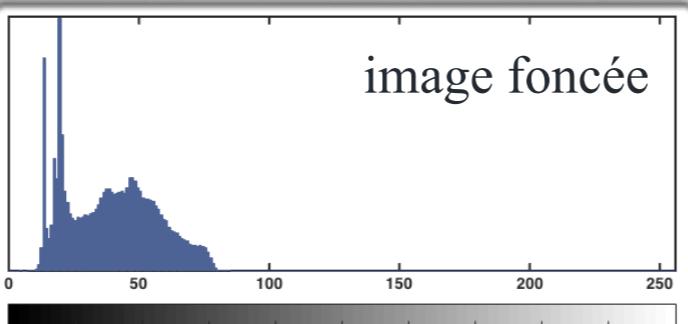
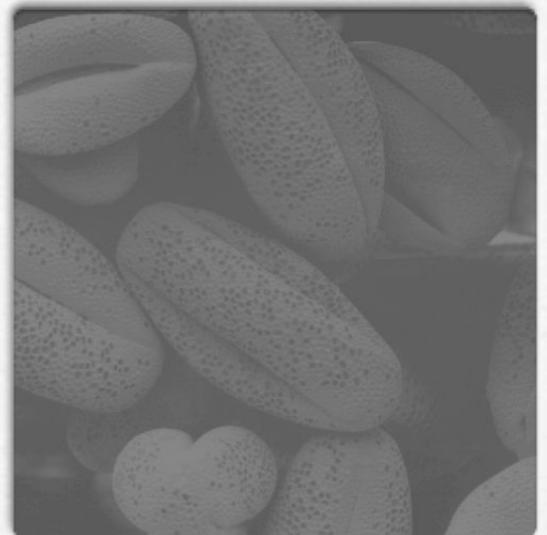
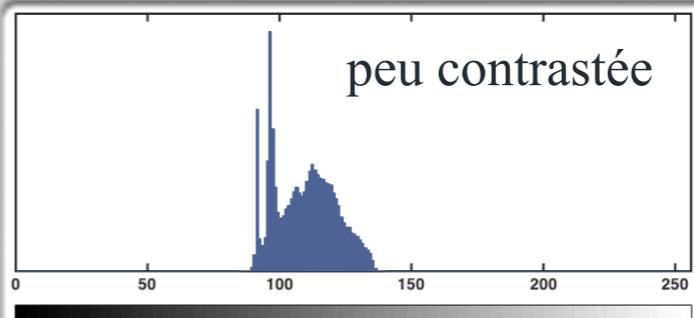
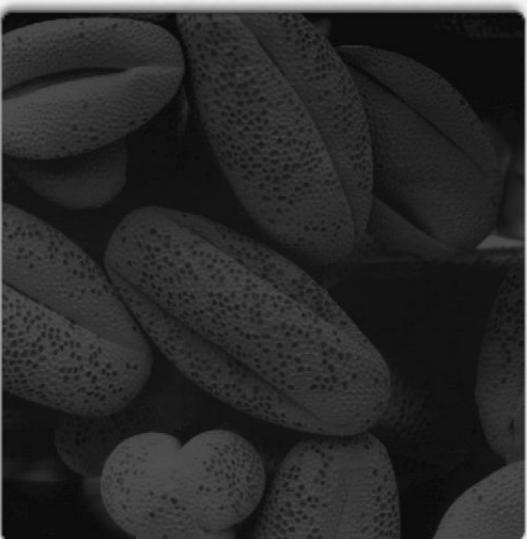


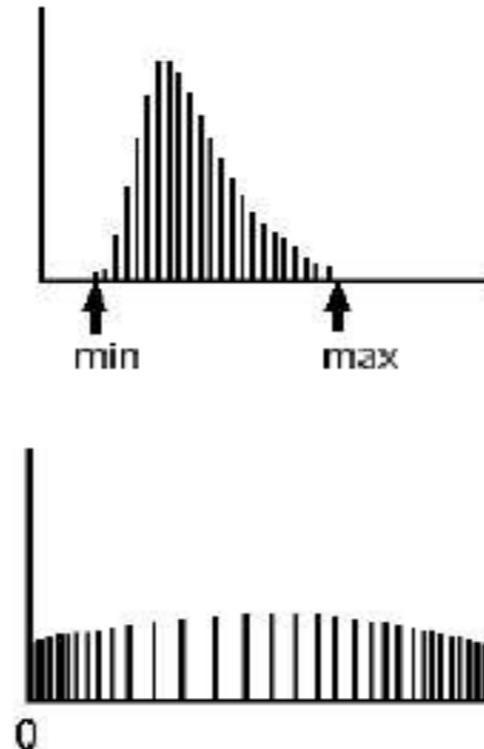
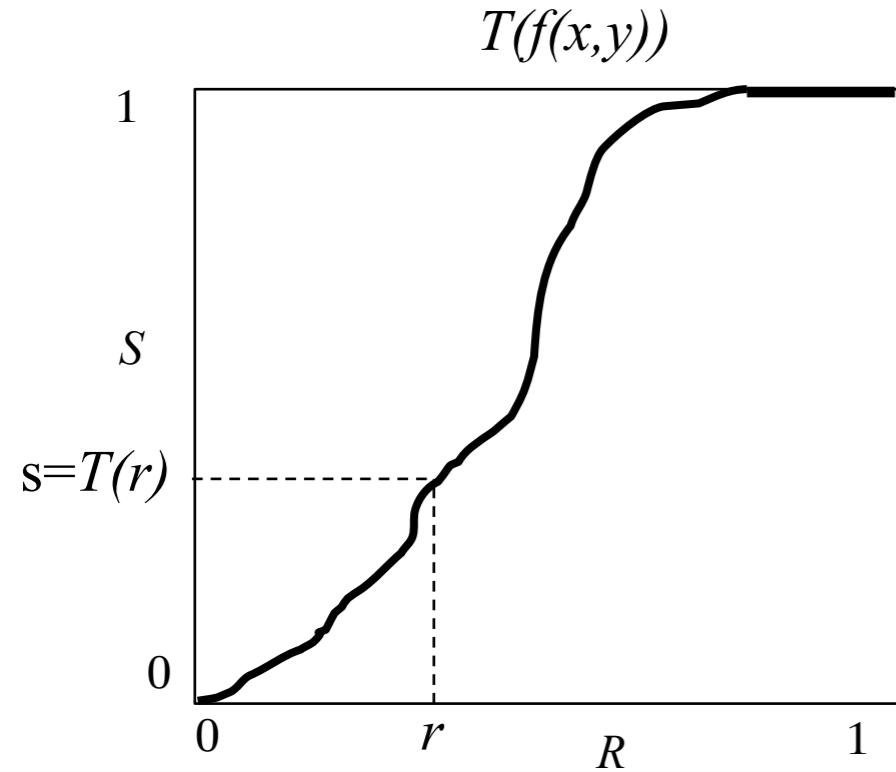
image contrastée

Histogramme



Traitement de l'histogramme

Égalisation d'histogramme



$f(x,y)$



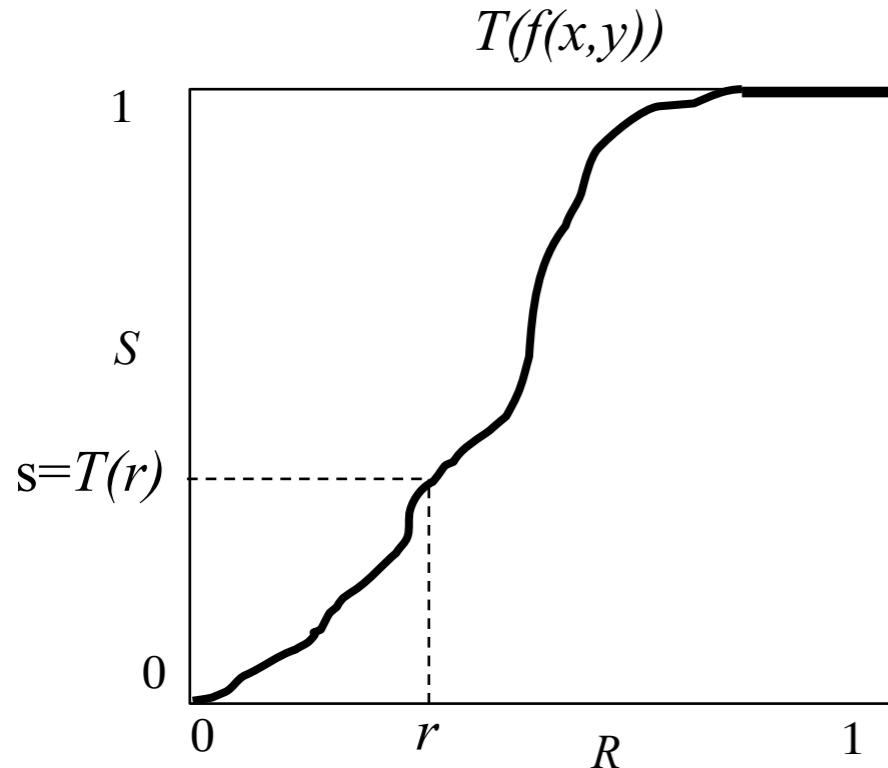
$g(x,y)$



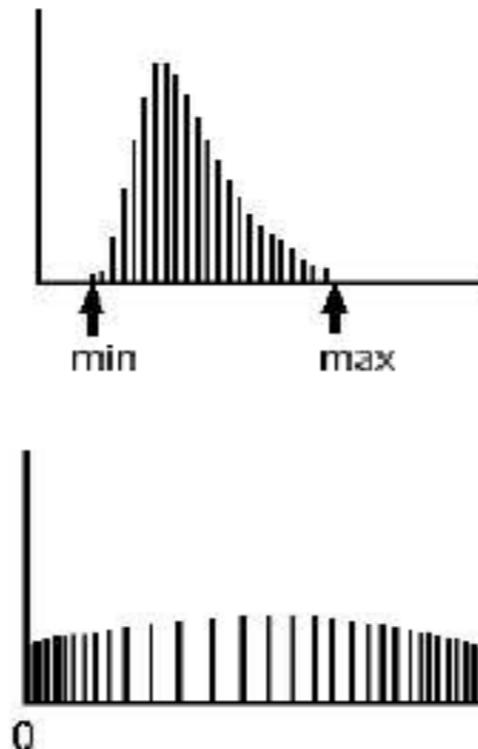
Note : s = niveaux de gris de $g(x,y)$, r = niveaux de gris de $f(x,y)$.

Traitement de l'histogramme

Égalisation d'histogramme



$f(x,y)$



$g(x,y)$

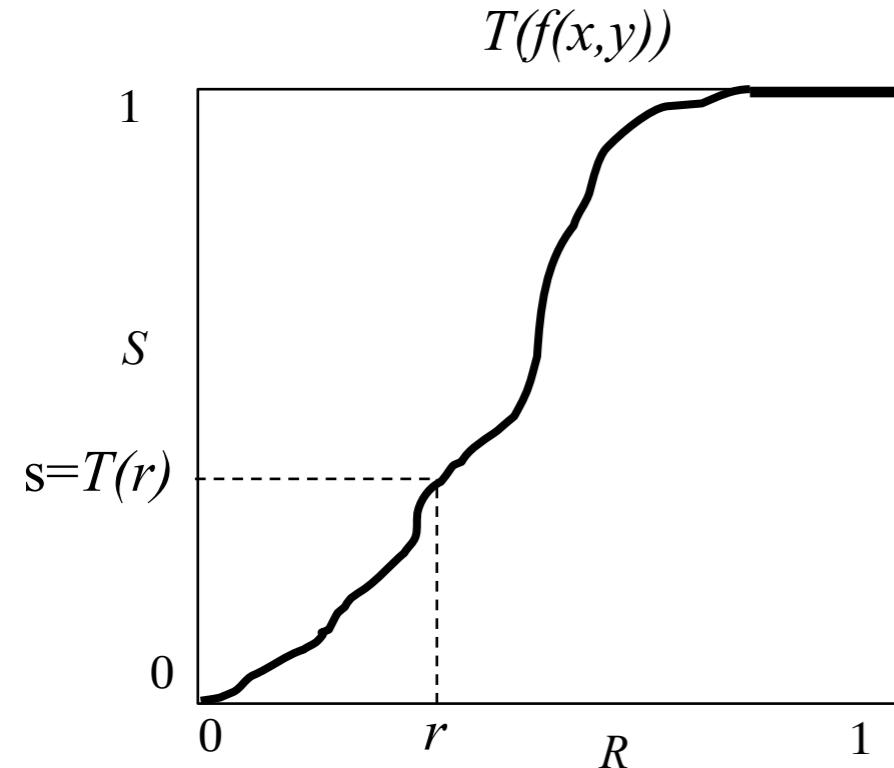


Soit $P(i)$, l'histogramme normalisée (ou si vous préférez la *densité de probabilité*) de l'image $f(x,y)$. Pour effectuer une égalisation d'histogramme, la fonction de transfert prend la forme d'une *densité de probabilité cumulative*

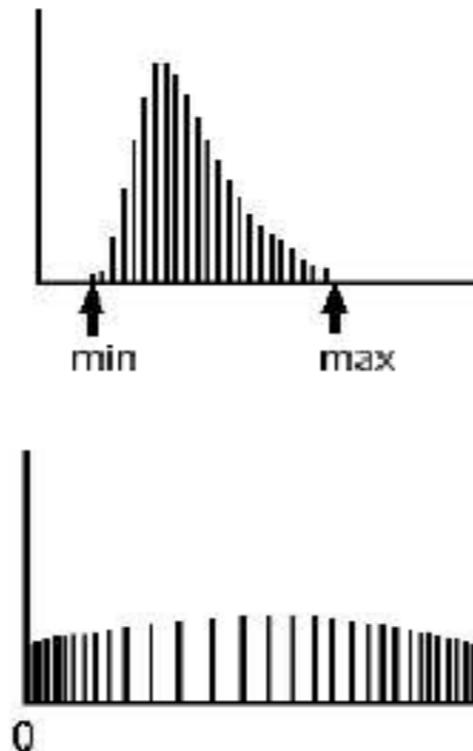
Note : $s = \text{niveaux de gris de } g(x,y)$, $r = \text{niveaux de gris de } f(x,y)$.

Traitement de l'histogramme

Égalisation d'histogramme



$f(x,y)$



Soit $P(i)$, l'histogramme normalisée (ou si vous préférez la *densité de probabilité*) de l'image $f(x,y)$. Pour effectuer une égalisation d'histogramme, la fonction de transfert prend la forme d'une *densité de probabilité cumulative*

$$T(a) = \int_0^a P(r) dr = \sum_{r=0}^a P(r)$$
$$\Rightarrow g(x,y) = T(f(x,y)) * 255$$

$g(x,y)$



Note : $s = \text{niveaux de gris de } g(x,y)$, $r = \text{niveaux de gris de } f(x,y)$.

1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

Algorithme 3.1 : Construction de l'histogramme cumulé

Entrée : $p[n]$ histogramme normalisé (voir algo 2.3)

Sortie : $T[n]$ tableau 1D de taille L contenant la transformation

```
T[0] ← p[0] // Initialiser le premier élément du tableau
```

1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

Algorithme 3.1 : Construction de l'histogramme cumulé

Entrée : $p[n]$ histogramme normalisé (voir algo 2.3)

Sortie : $T[n]$ tableau 1D de taille L contenant la transformation

```
T[0] ← p[0] // Initialiser le premier élément du tableau
```

```
Pour tous k de 1 à L-1
```

1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

Algorithme 3.1 : Construction de l'histogramme cumulé

Entrée : $p[n]$ histogramme normalisé (voir algo 2.3)

Sortie : $T[n]$ tableau 1D de taille L contenant la transformation

```
T[0] ← p[0]                                // Initialiser le premier élément du tableau
Pour tous k de 1 à L-1
    T[k] ← T [k-1] + p [k]                  // Somme récursive
```

1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

Algorithme 3.2 : Égalisation d'histogramme

Entrée : $f[m, n]$ image $M \times N$ pixels

Sortie : $g[m, n]$ image modifiée

Construire l'histogramme normalisé de f (Algo 2.3) : $p[k]$

1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

Algorithme 3.2 : Égalisation d'histogramme

Entrée : $f[m, n]$ image $M \times N$ pixels

Sortie : $g[m, n]$ image modifiée

Construire l'histogramme normalisé de f (Algo 2.3) : $p[k]$

Construire transformation $T[k]$ (Algo 3.1) // (Algo 3.1)

1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

Algorithme 3.2 : Égalisation d'histogramme

Entrée : $f[m, n]$ image $M \times N$ pixels

Sortie : $g[m, n]$ image modifiée

Construire l'histogramme normalisé de f (Algo 2.3) : $p[k]$

Construire transformation $T[k]$ (Algo 3.1) // (Algo 3.1)

Pour tous m de 0 à $M-1$

1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

Algorithme 3.2 : Égalisation d'histogramme

Entrée : $f[m, n]$ image $M \times N$ pixels

Sortie : $g[m, n]$ image modifiée

Construire l'histogramme normalisé de f (Algo 2.3) : $p[k]$

Construire transformation $T[k]$ (Algo 3.1) // (Algo 3.1)

Pour tous m de 0 à $M-1$

Pour tous n de 0 à $N-1$

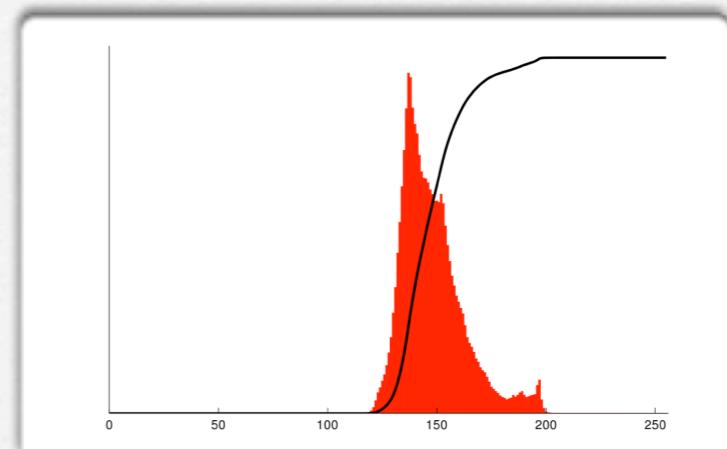
$g[m, n] \leftarrow T[f[m, n]] \times (L-1)$

// Typiquement, L sera égal
à 256

1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

$f [m, n]$



rouge : histogramme

noir : histogramme cumulé

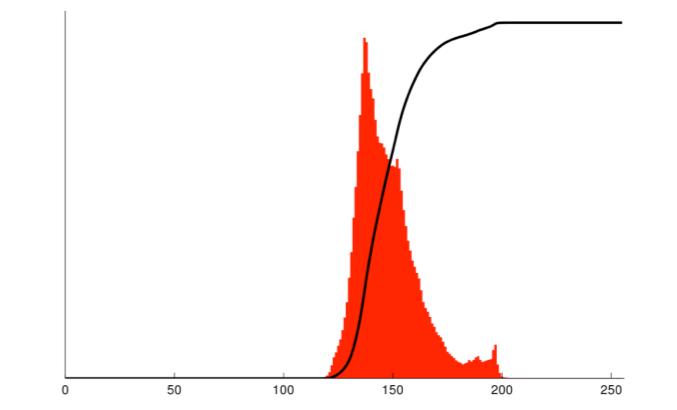
1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

$f[m, n]$

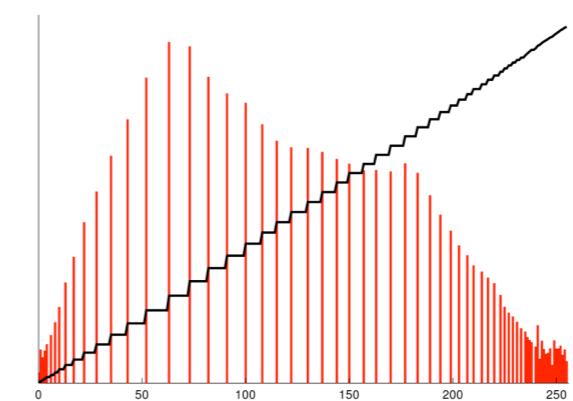


$g[m, n]$



rouge : histogramme

noir : histogramme cumulé

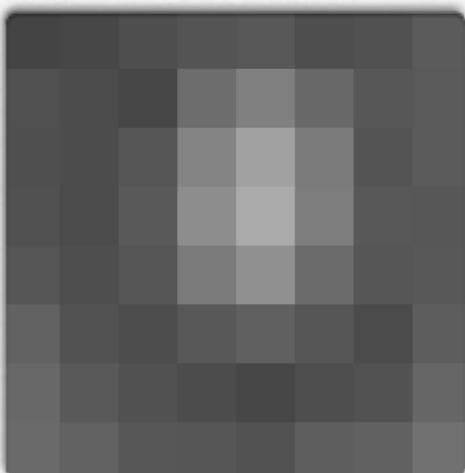


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

$f[m, n]$

51	55	61	66	70	61	66	70
62	60	54	90	108	85	67	71
63	65	66	110	140	104	63	72
64	70	70	120	152	106	71	69
67	75	68	106	124	88	68	68
68	80	60	72	77	66	58	75
69	85	64	58	55	61	65	83
70	90	69	68	65	72	78	90



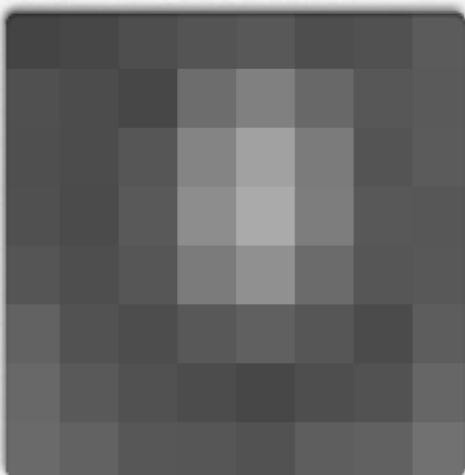
Source des données : [By en:User:Cburnett - Own work in Inkscape based on the following data:, CC BY-SA 3.0](#)

1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

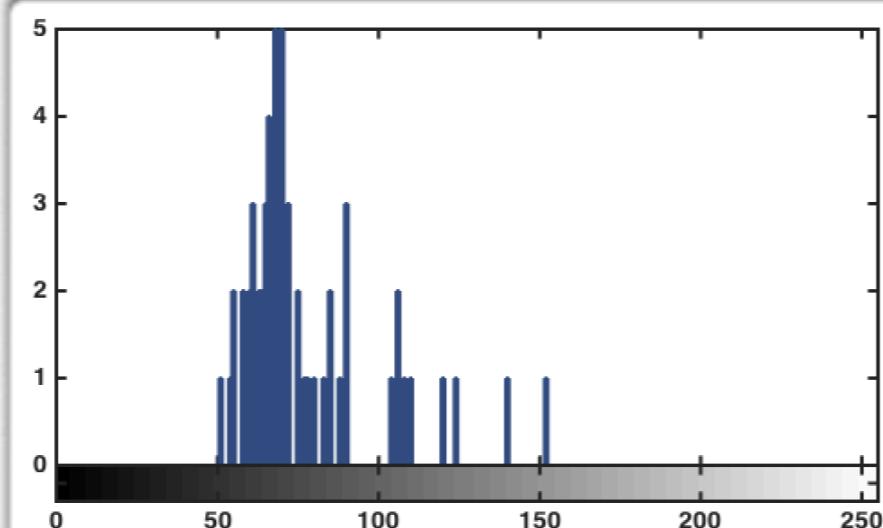
6. Égalisation d'histogramme

$f[m, n]$

51	55	61	66	70	61	66	70
62	60	54	90	108	85	67	71
63	65	66	110	140	104	63	72
64	70	70	120	152	106	71	69
67	75	68	106	124	88	68	68
68	80	60	72	77	66	58	75
69	85	64	58	55	61	65	83
70	90	69	68	65	72	78	90



histogramme

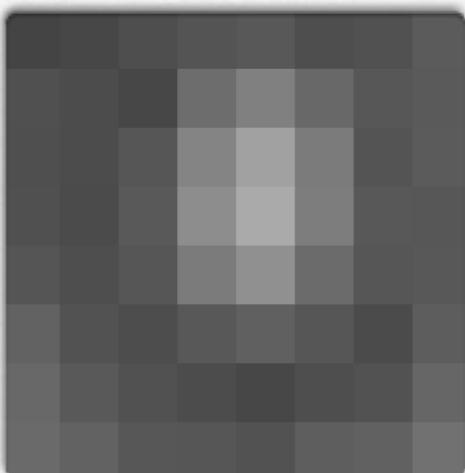


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

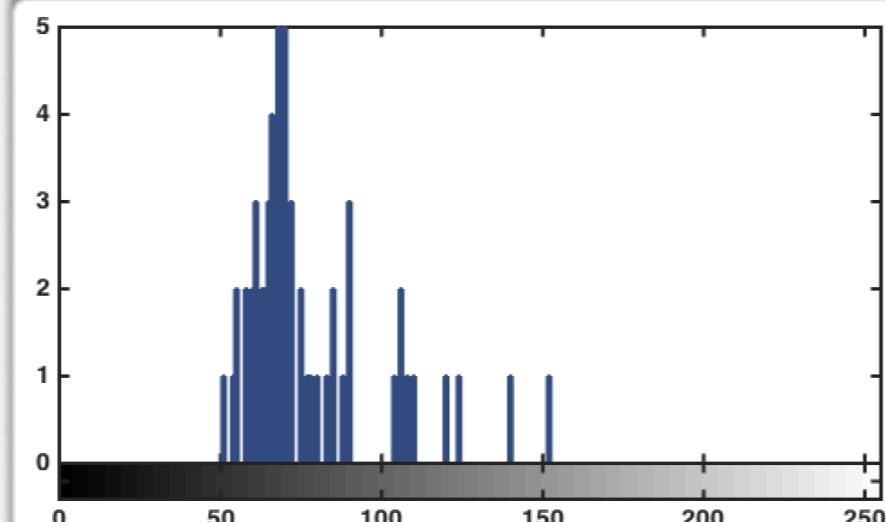
6. Égalisation d'histogramme

$f[m, n]$

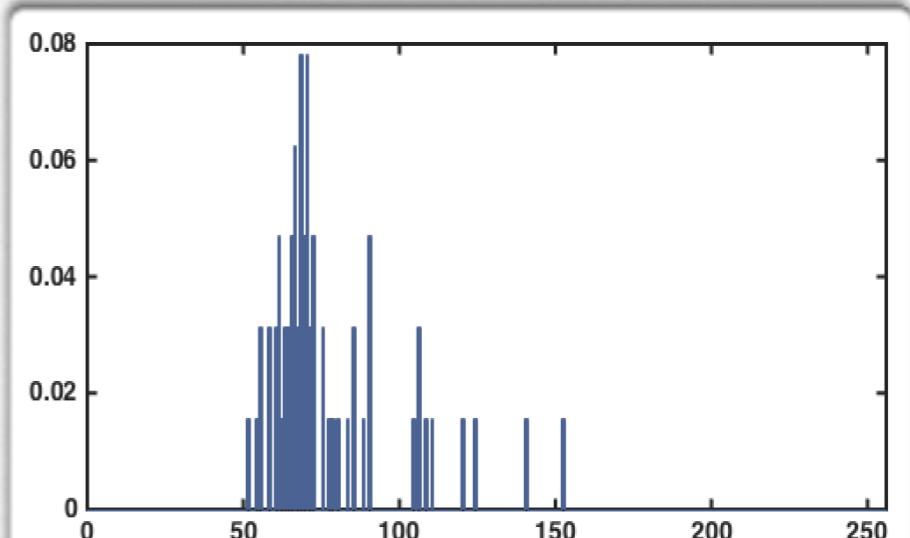
51	55	61	66	70	61	66	70
62	60	54	90	108	85	67	71
63	65	66	110	140	104	63	72
64	70	70	120	152	106	71	69
67	75	68	106	124	88	68	68
68	80	60	72	77	66	58	75
69	85	64	58	55	61	65	83
70	90	69	68	65	72	78	90



histogramme



histogramme normalisé

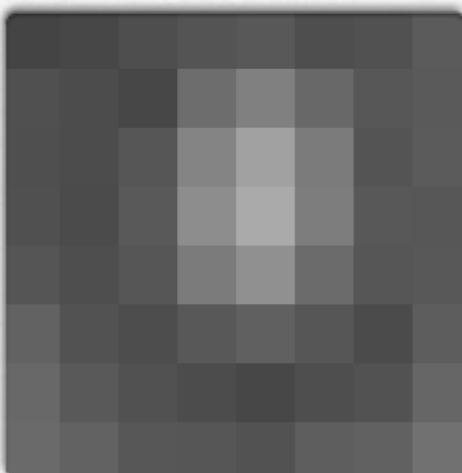


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

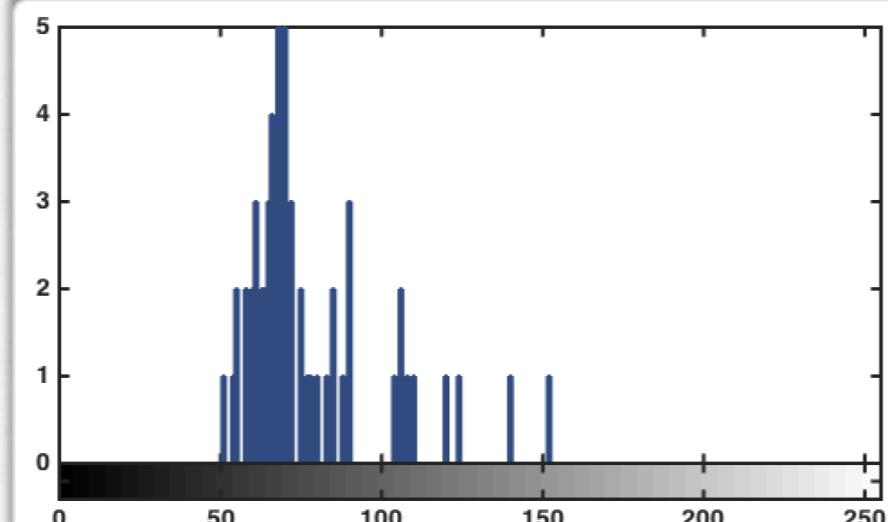
6. Égalisation d'histogramme

$f[m, n]$

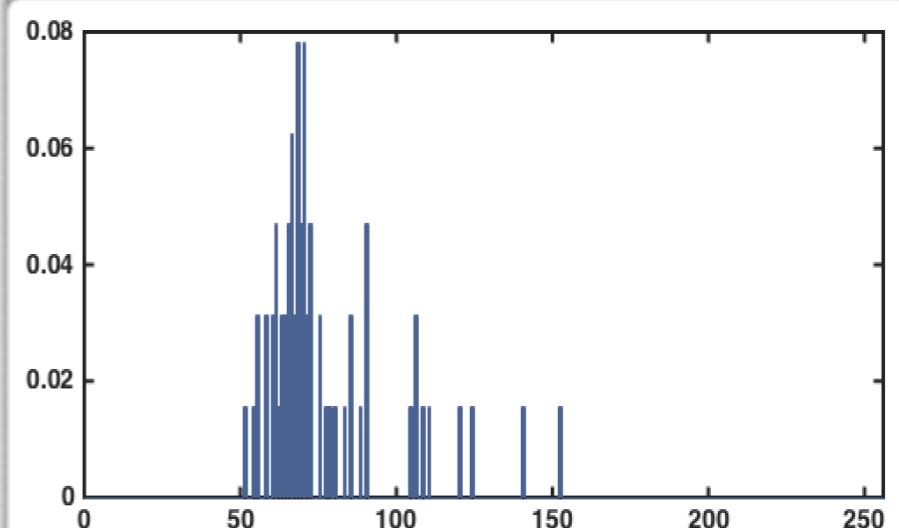
51	55	61	66	70	61	66	70
62	60	54	90	108	85	67	71
63	65	66	110	140	104	63	72
64	70	70	120	152	106	71	69
67	75	68	106	124	88	68	68
68	80	60	72	77	66	58	75
69	85	64	58	55	61	65	83
70	90	69	68	65	72	78	90



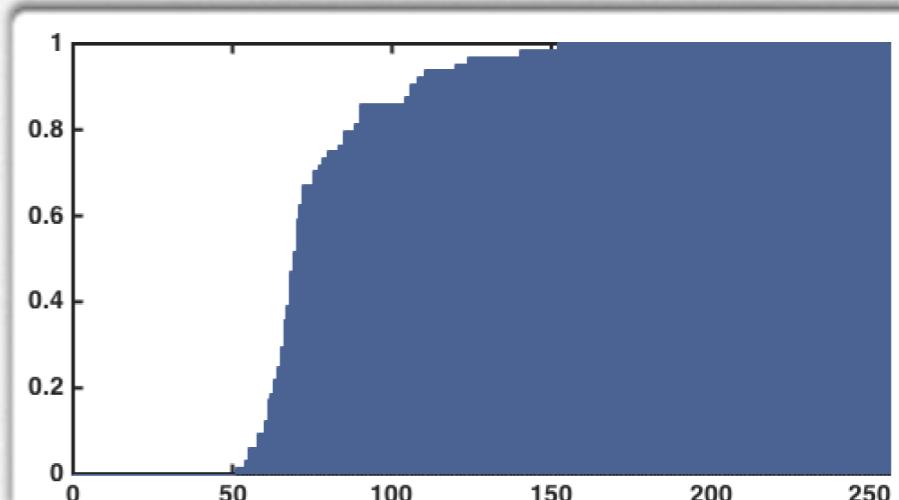
histogramme



histogramme normalisé



histogramme cumulé normalisé

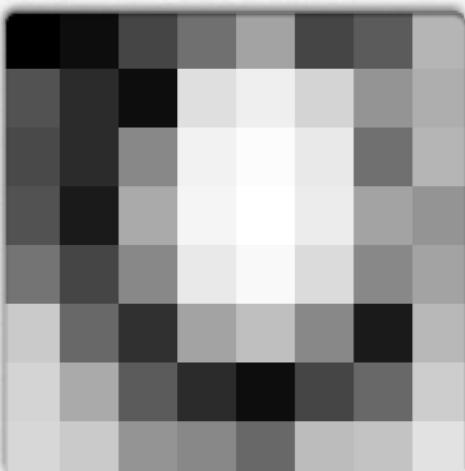


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

$g[m, n]$

0	12	53	93	146	53	73	166
65	32	12	215	235	202	130	158
57	32	117	239	251	227	93	166
65	20	154	243	255	231	146	130
97	53	117	227	247	210	117	146
190	85	36	146	178	117	20	170
202	154	73	32	12	53	85	194
206	190	130	117	85	174	182	219



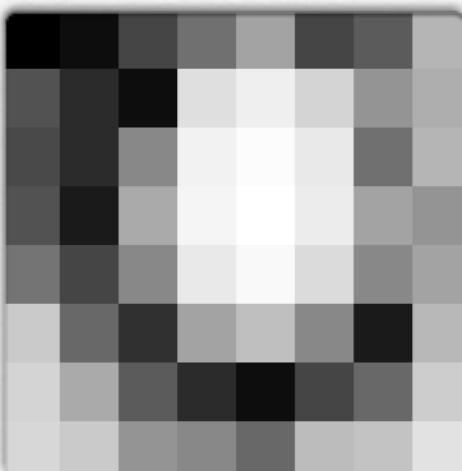
Source des données : [By en:User:Cburnett - Own work in Inkscape based on the following data:, CC BY-SA 3.0](#)

1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

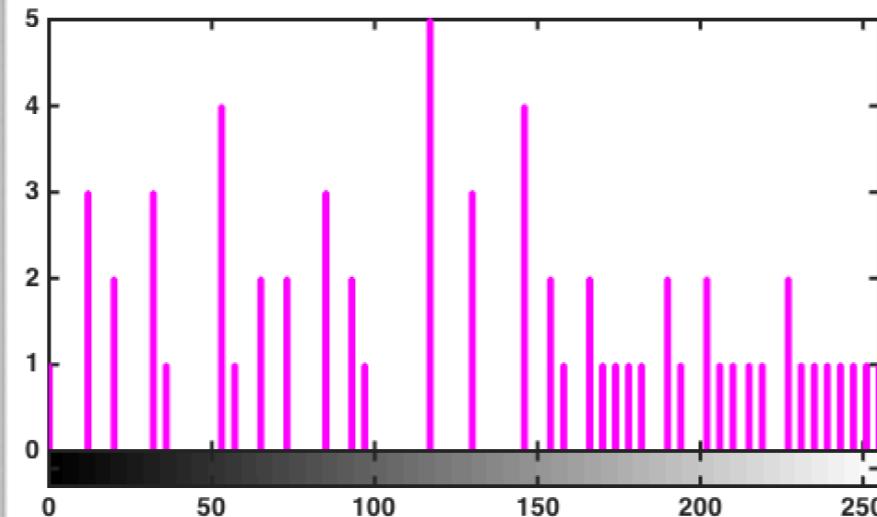
6. Égalisation d'histogramme

$g[m, n]$

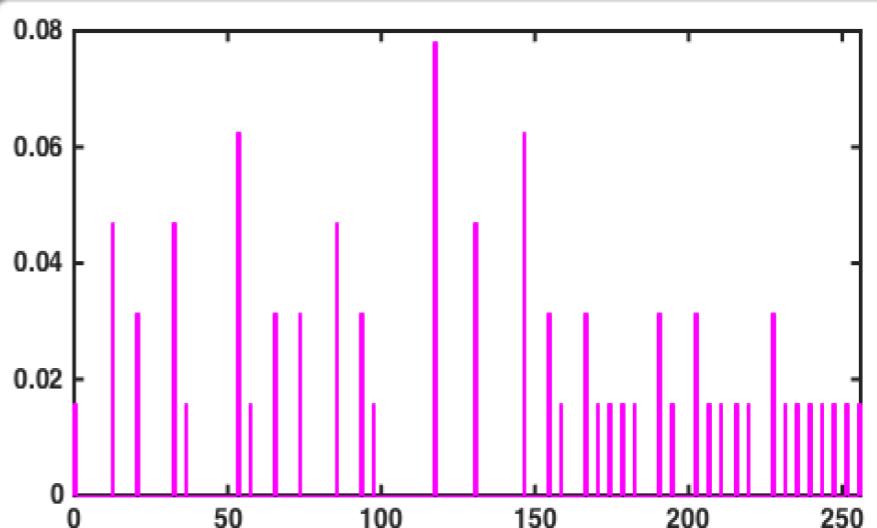
0	12	53	93	146	53	73	166
65	32	12	215	235	202	130	158
57	32	117	239	251	227	93	166
65	20	154	243	255	231	146	130
97	53	117	227	247	210	117	146
190	85	36	146	178	117	20	170
202	154	73	32	12	53	85	194
206	190	130	117	85	174	182	219



histogramme



histogramme normalisé

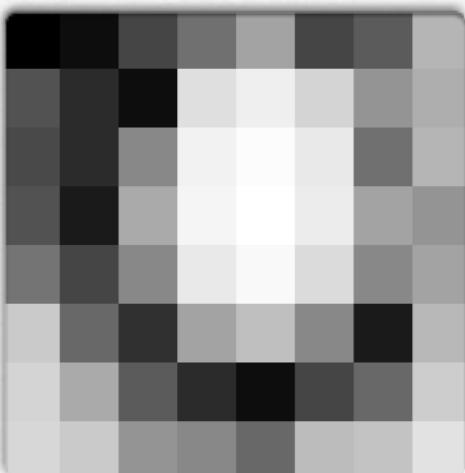


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

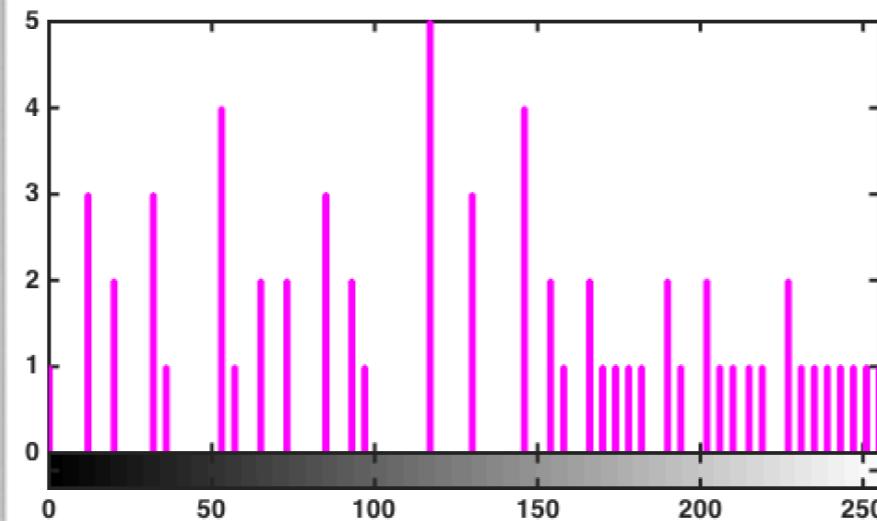
6. Égalisation d'histogramme

$g[m, n]$

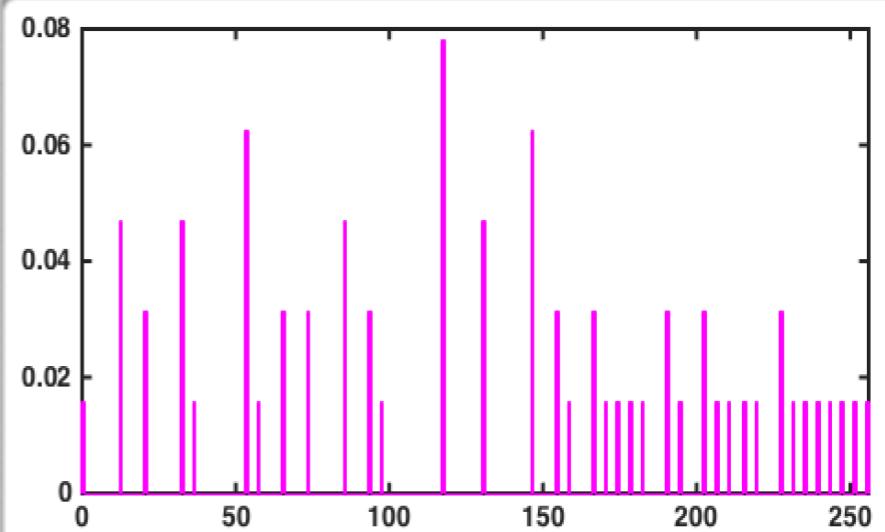
0	12	53	93	146	53	73	166
65	32	12	215	235	202	130	158
57	32	117	239	251	227	93	166
65	20	154	243	255	231	146	130
97	53	117	227	247	210	117	146
190	85	36	146	178	117	20	170
202	154	73	32	12	53	85	194
206	190	130	117	85	174	182	219



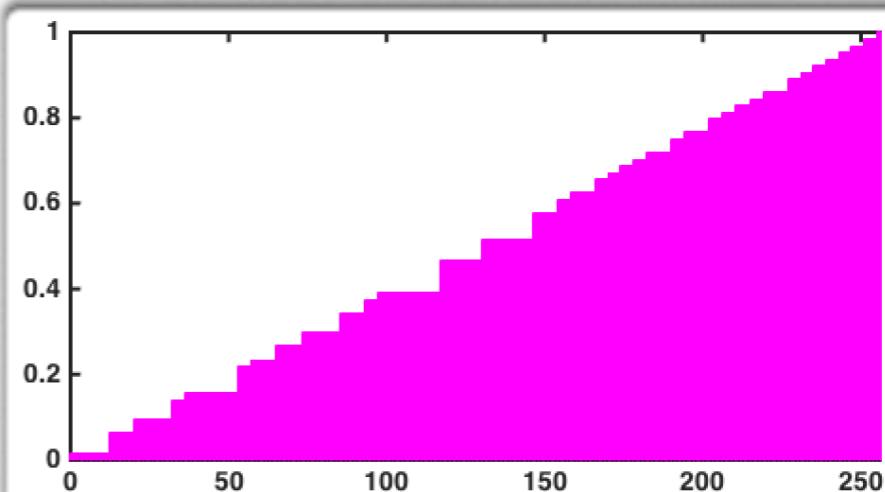
histogramme



histogramme normalisé

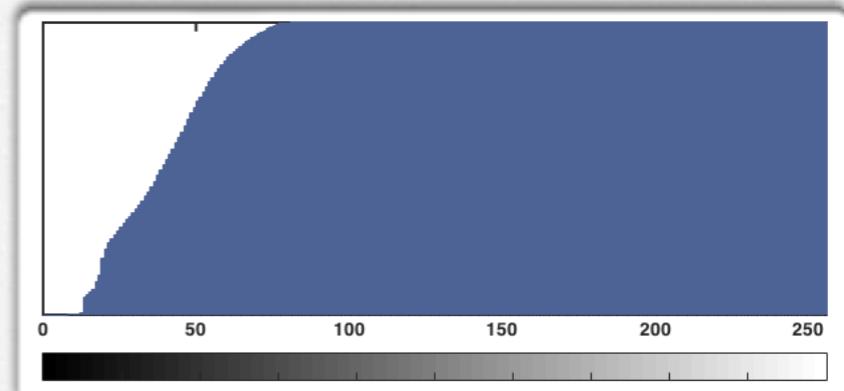
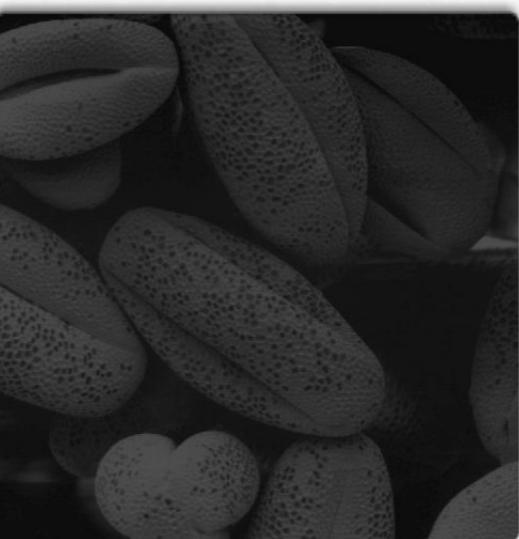
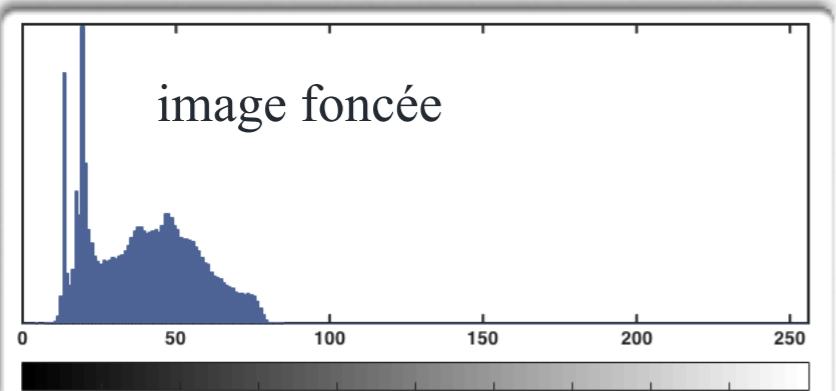


histogramme cumulé normalisé



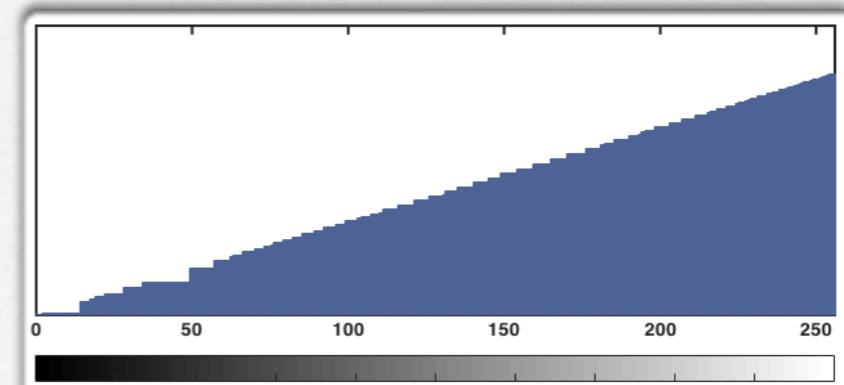
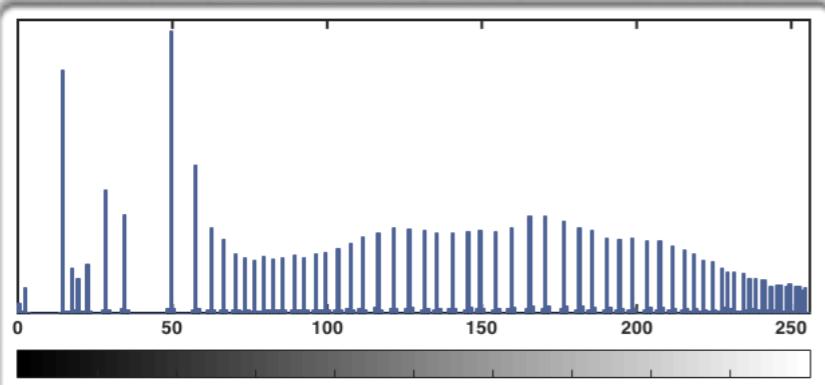
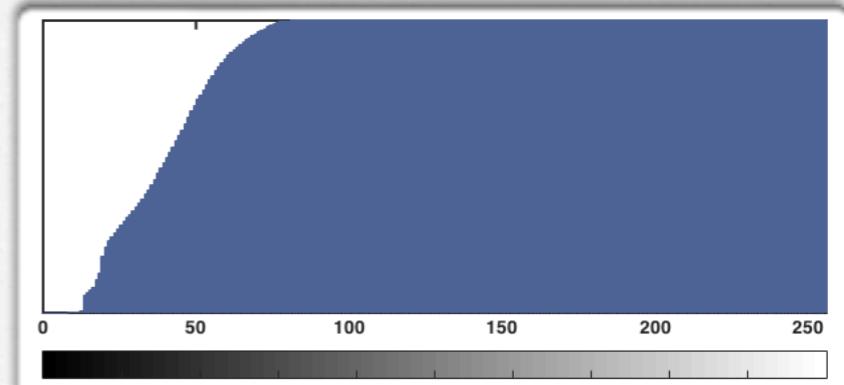
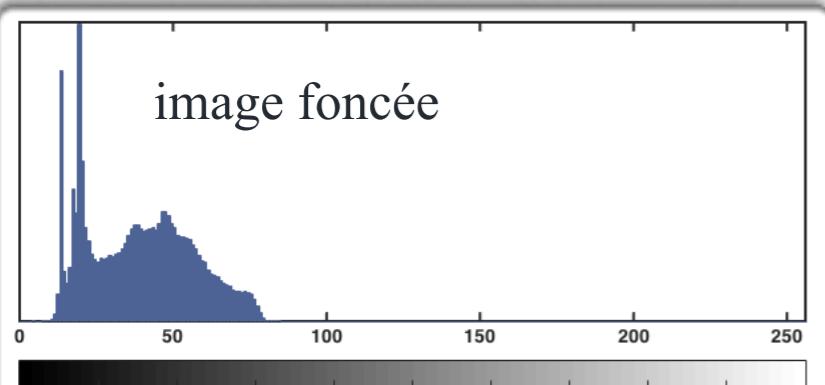
1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

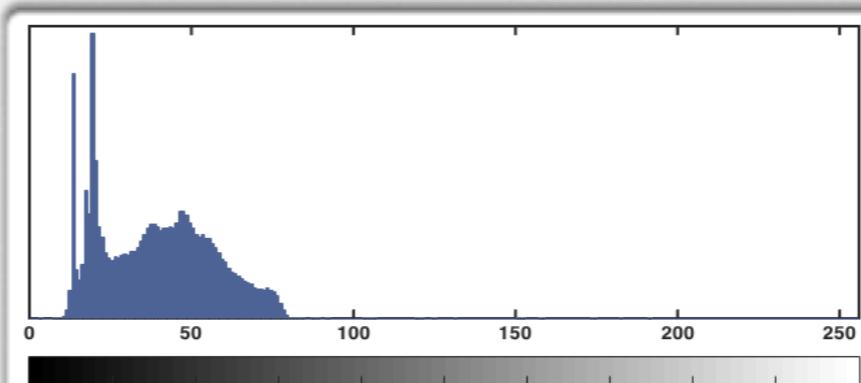
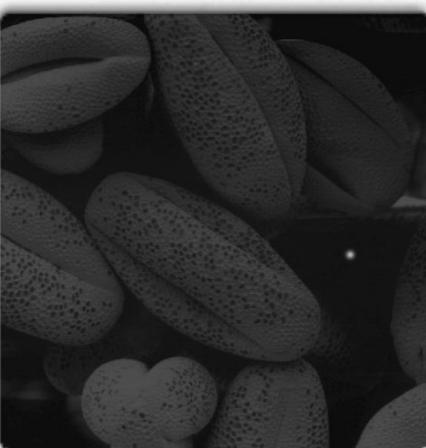
6. Égalisation d'histogramme



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

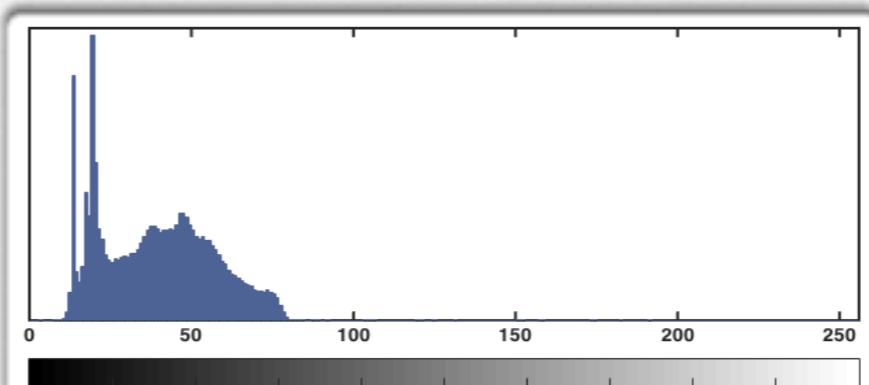
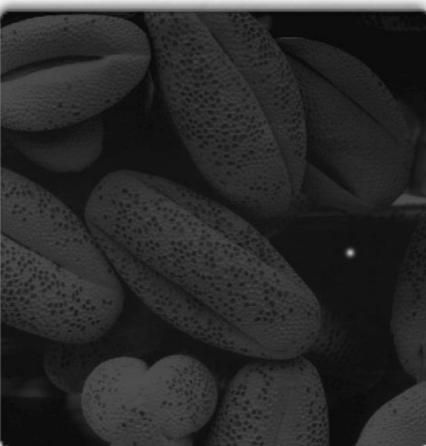
- * Différence entre le changement de dynamique et l'égalisation de l'histogramme



1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

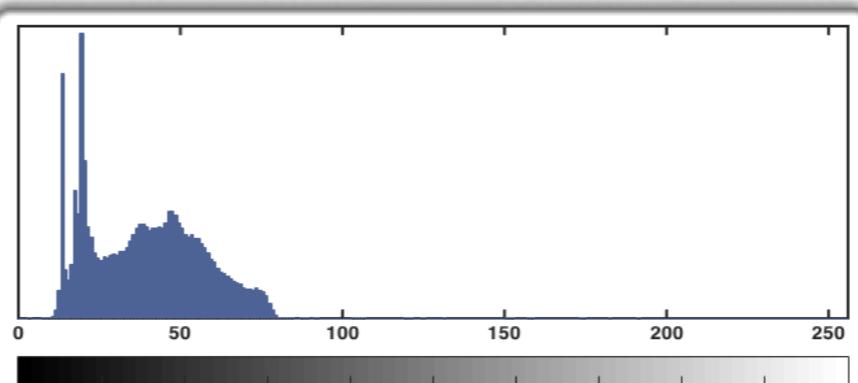
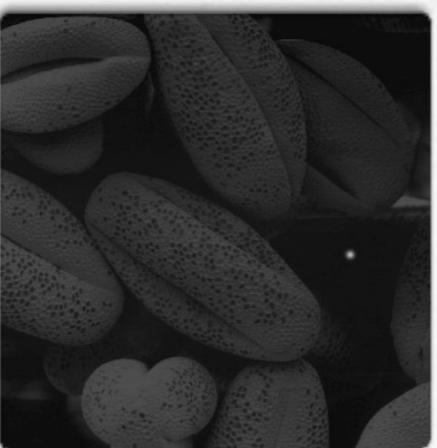
- * Différence entre le changement de dynamique et l'égalisation de l'histogramme
- ✓ Image foncée avec une tache plus claire



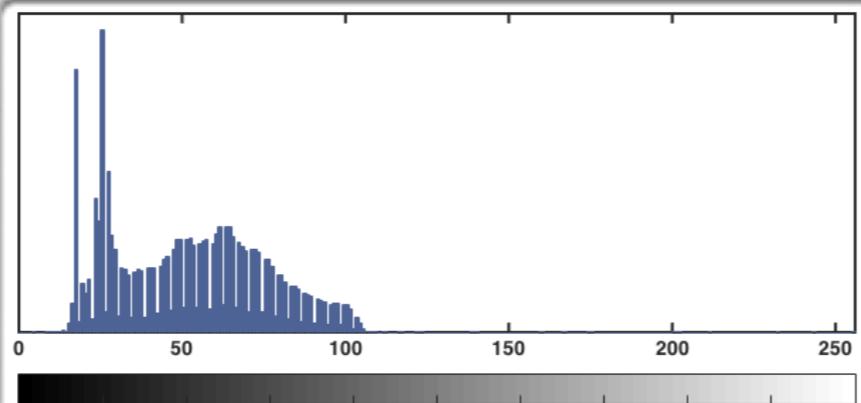
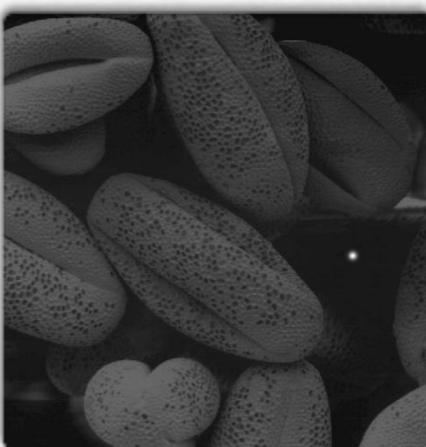
1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

- * Différence entre le changement de dynamique et l'égalisation de l'histogramme
- ✓ Image foncée avec une tache plus claire



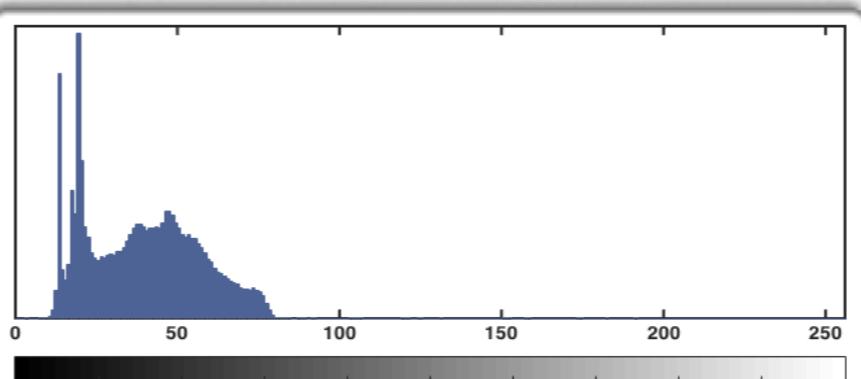
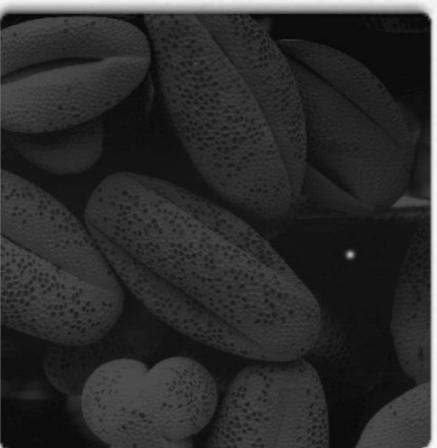
Résultat d'un changement de dynamique



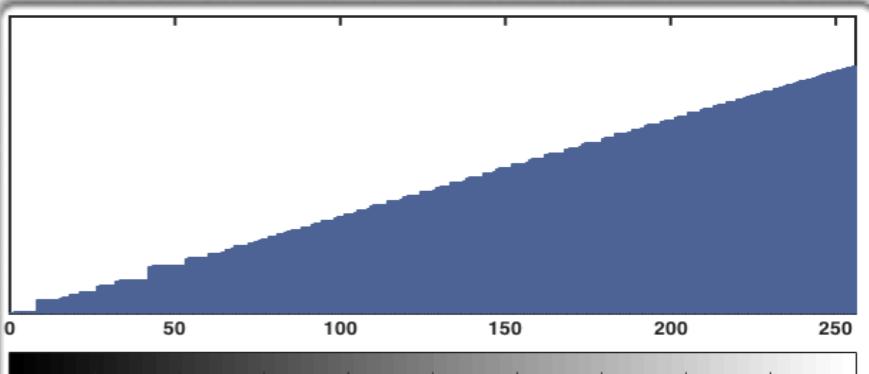
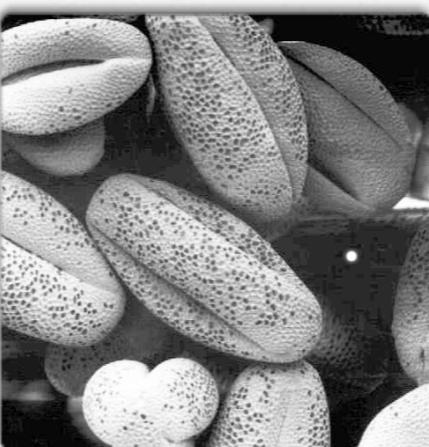
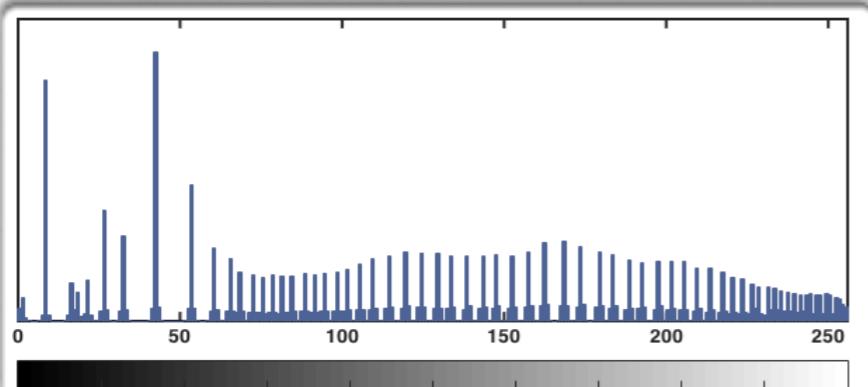
1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

- * Différence entre le changement de dynamique et l'égalisation de l'histogramme
- ✓ Image foncée avec une tache plus claire



Résultat d'une égalisation d'histogramme

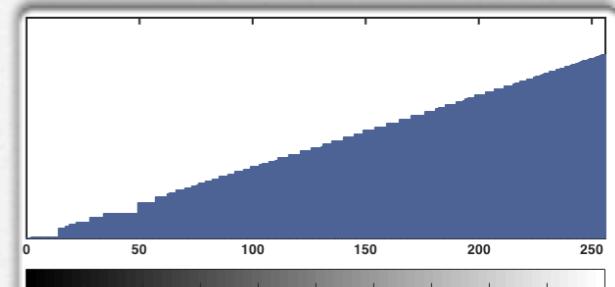
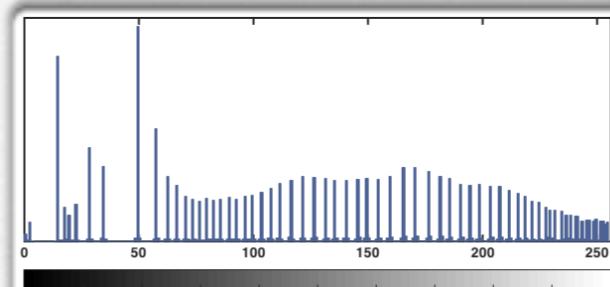
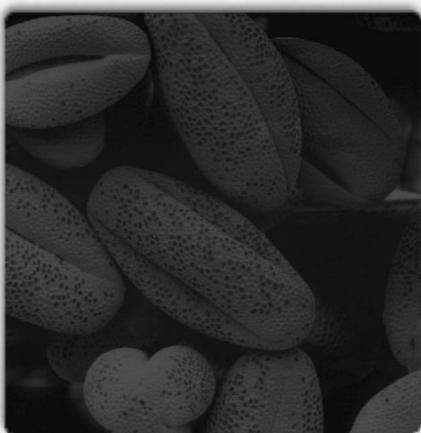


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

- * L'égalisation d'histogramme a l'avantage de s'adapter au contenu de l'image

foncée

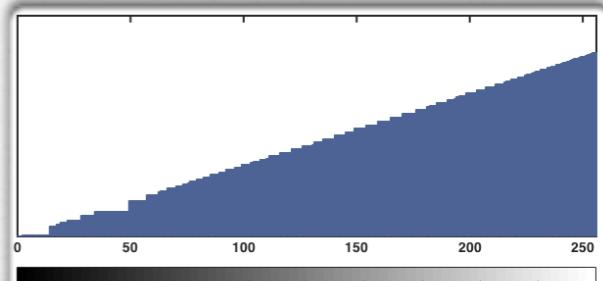
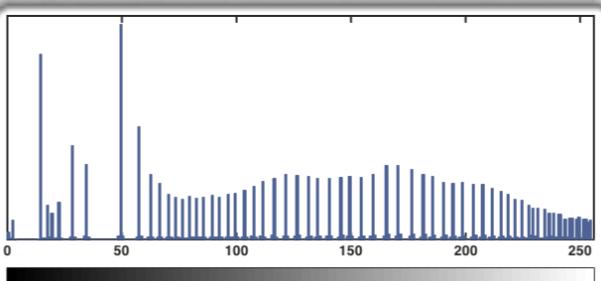
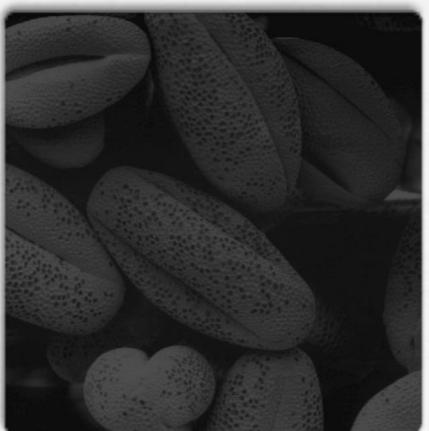


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

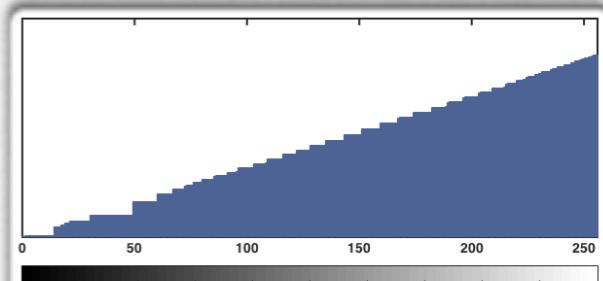
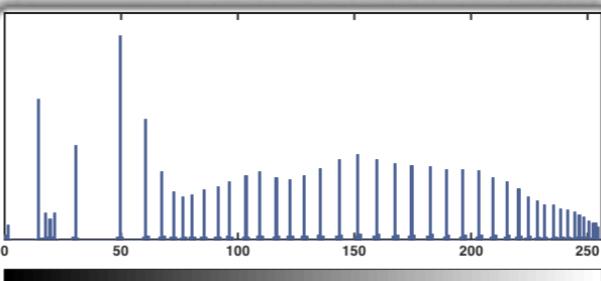
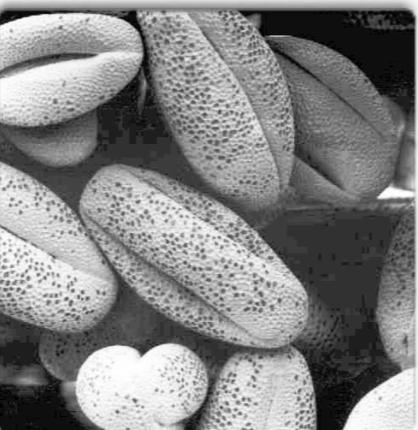
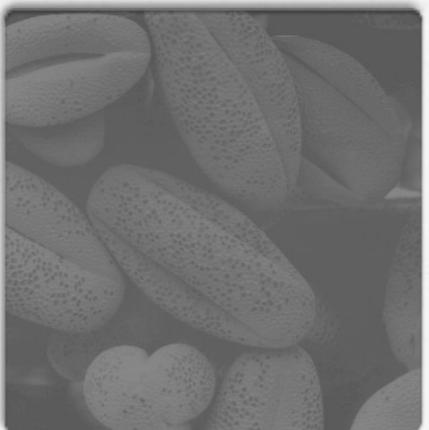
6. Égalisation d'histogramme

- * L'égalisation d'histogramme a l'avantage de s'adapter au contenu de l'image

foncée



peu
contrastée

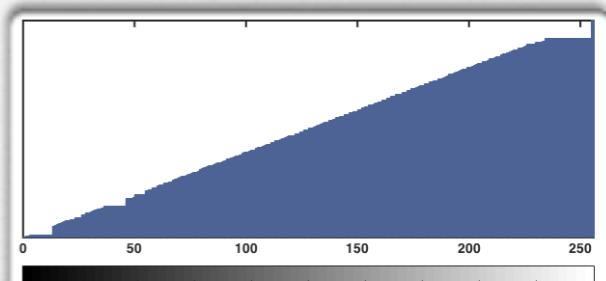
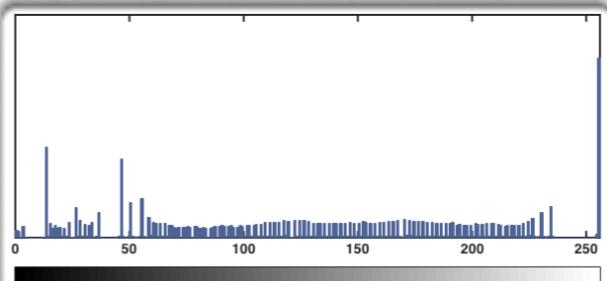
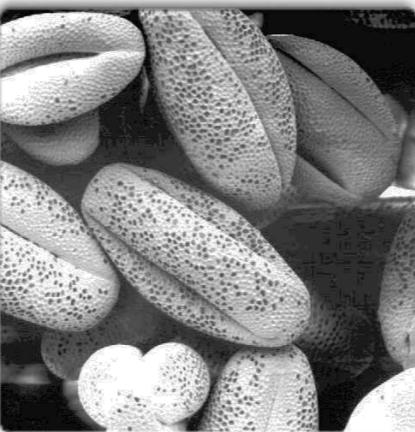
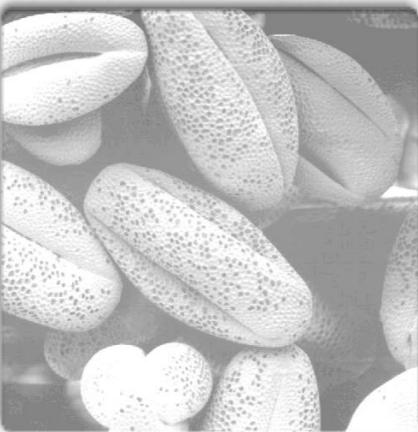


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

6. Égalisation d'histogramme

- * L'égalisation d'histogramme a l'avantage de s'adapter au contenu de l'image

claire

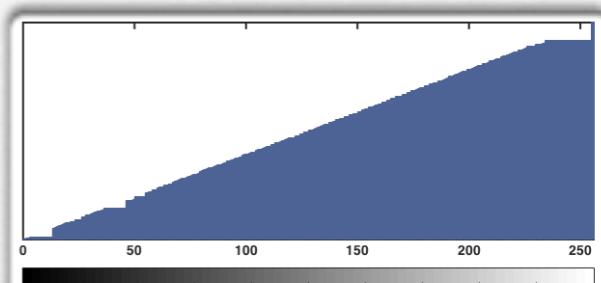
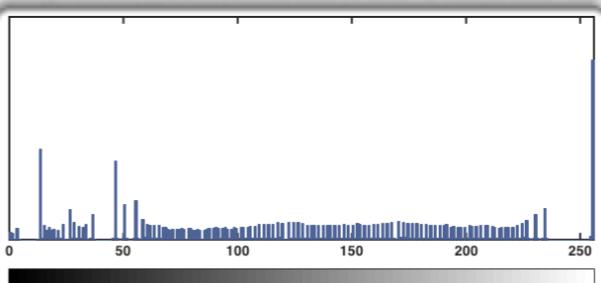
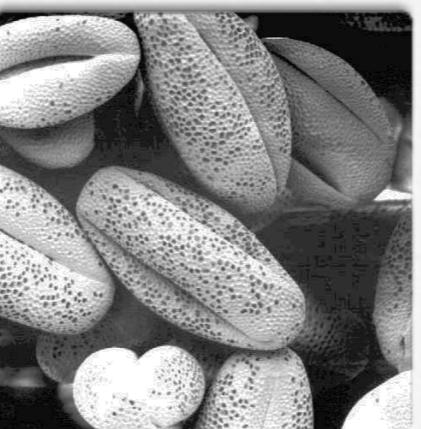
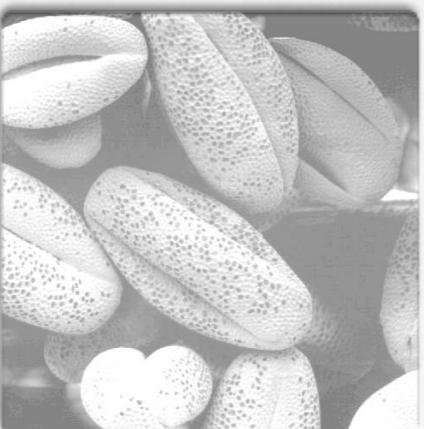


1. REHAUSSEMENT DU CONTRASTE

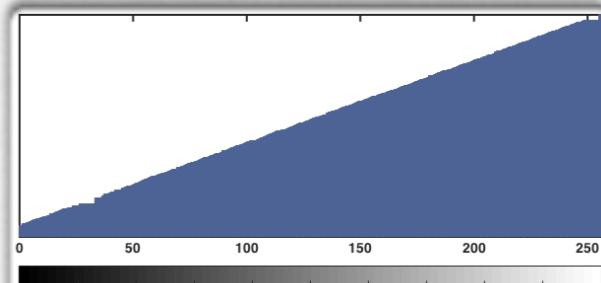
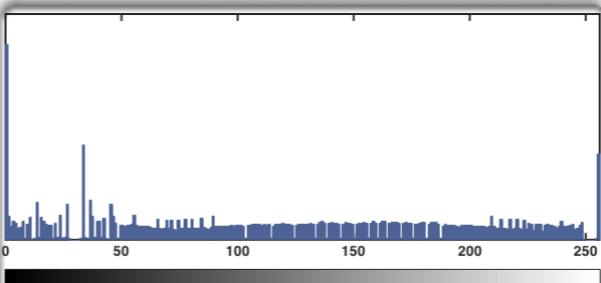
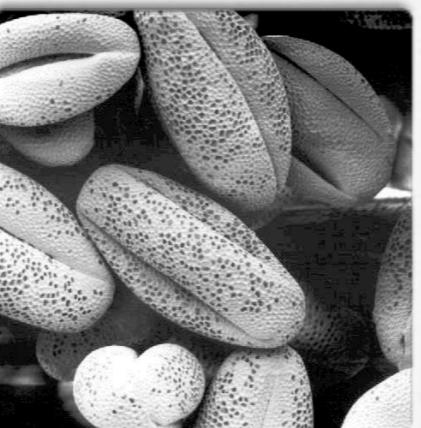
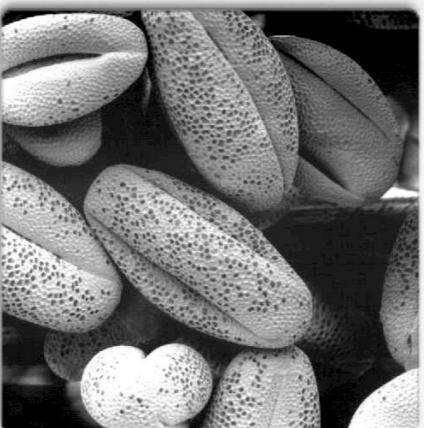
6. Égalisation d'histogramme

- * L'égalisation d'histogramme a l'avantage de s'adapter au contenu de l'image

claire

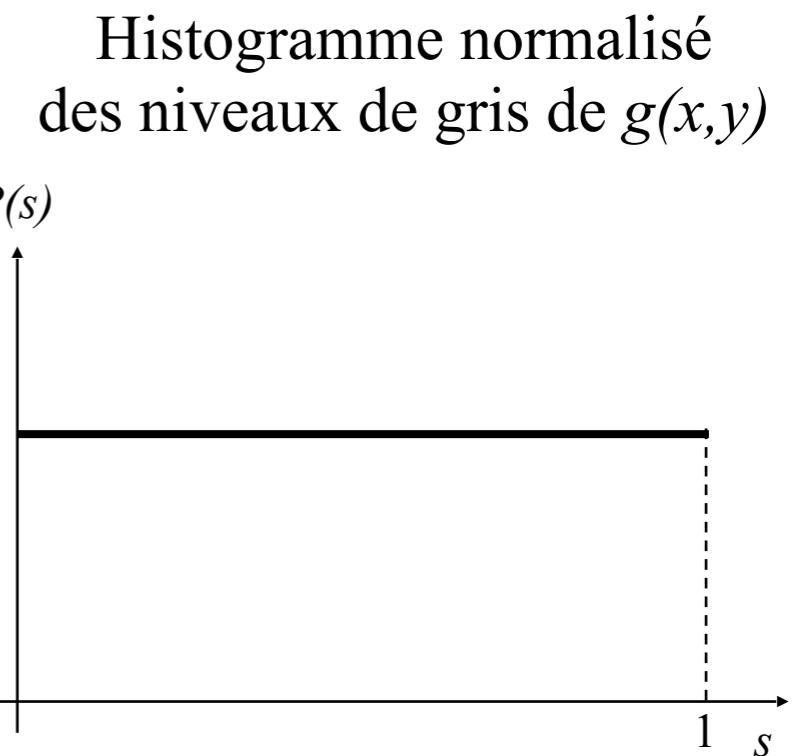
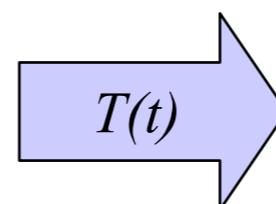
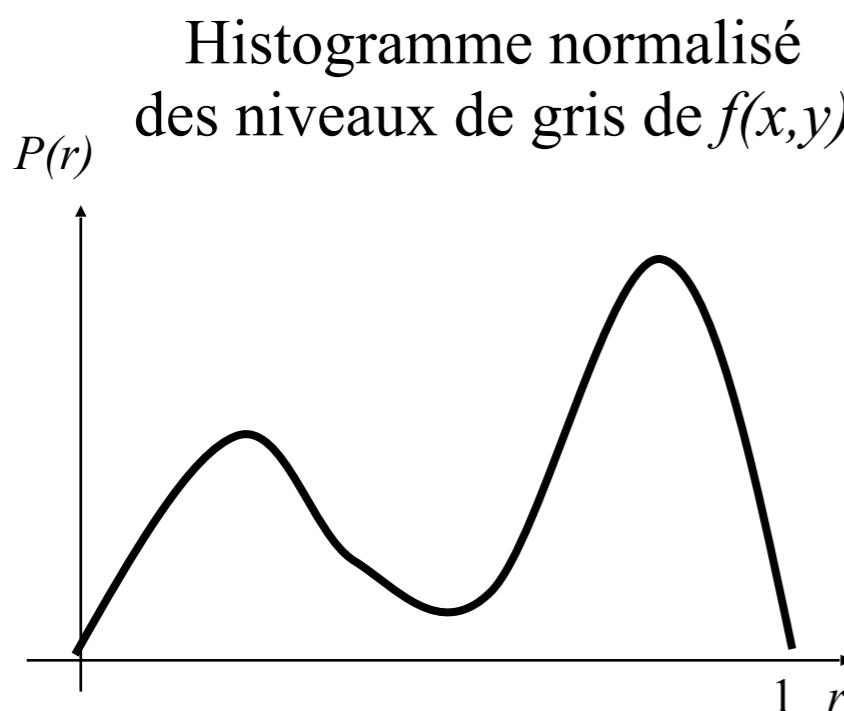


contrastée



Traitement de l'histogramme

En conclusion, si $T(r)$ est un densité de probabilité cumulative alors $P(s)=1$



Traitement de l'histogramme

Différence entre un changement de dynamique ordinaire et l'égalisation d'histogramme

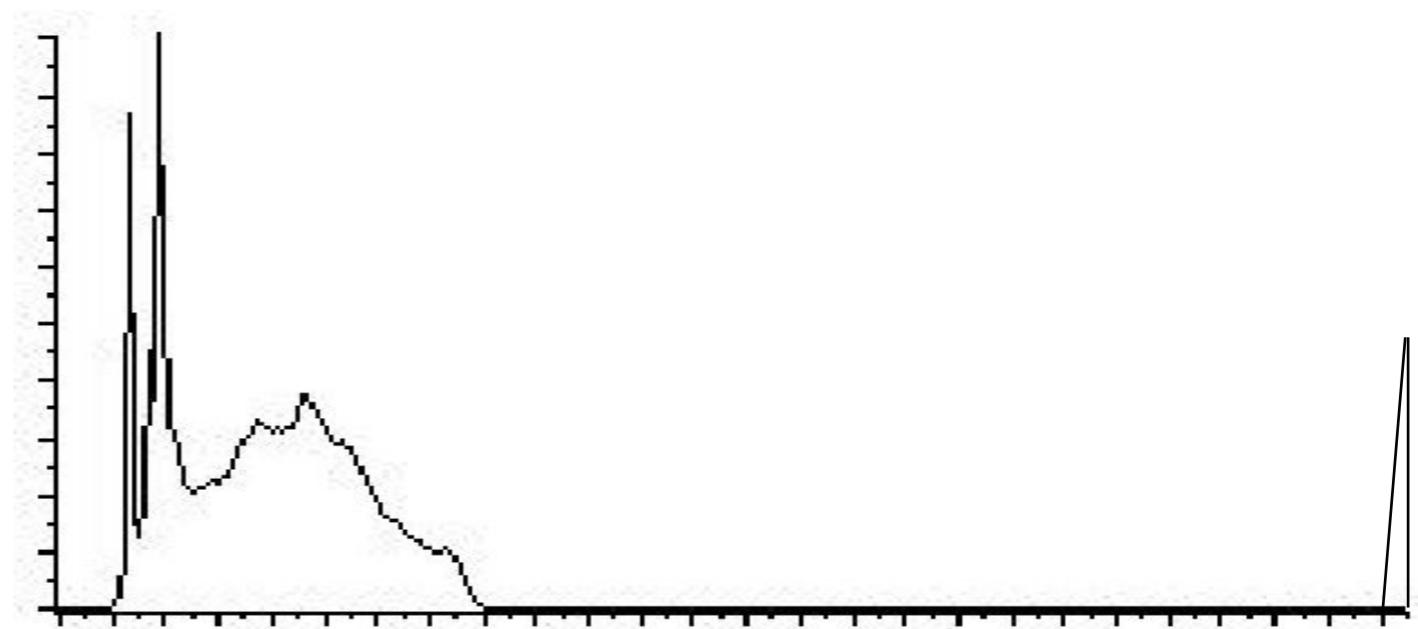
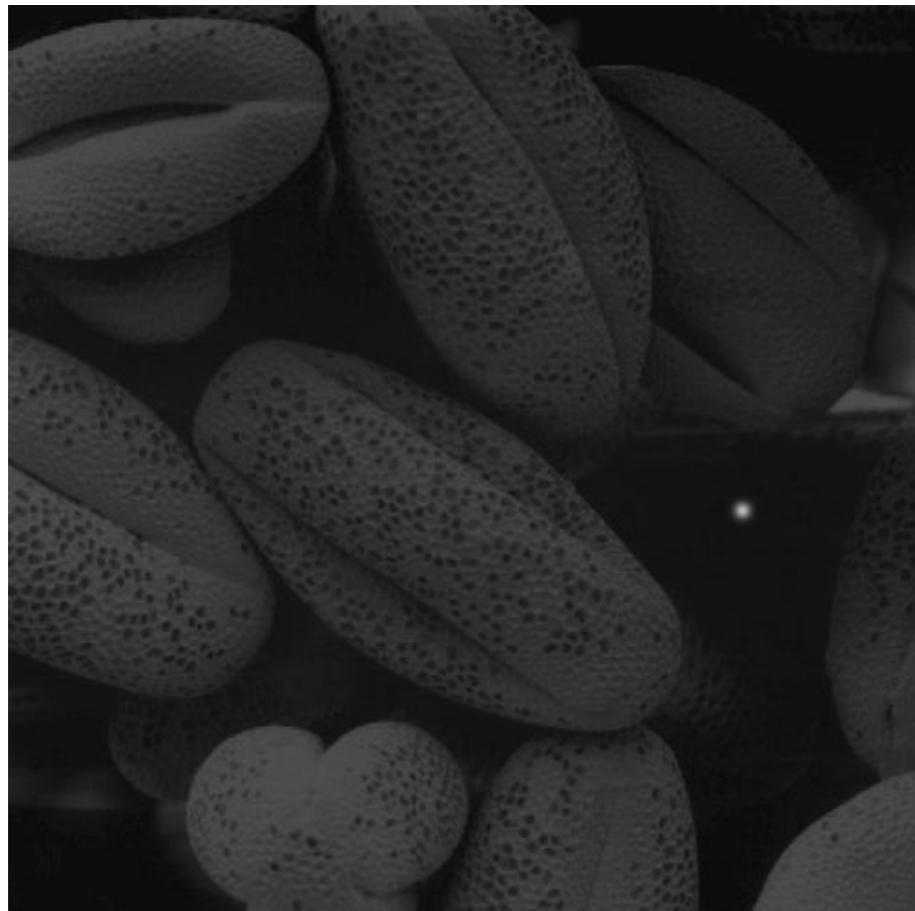
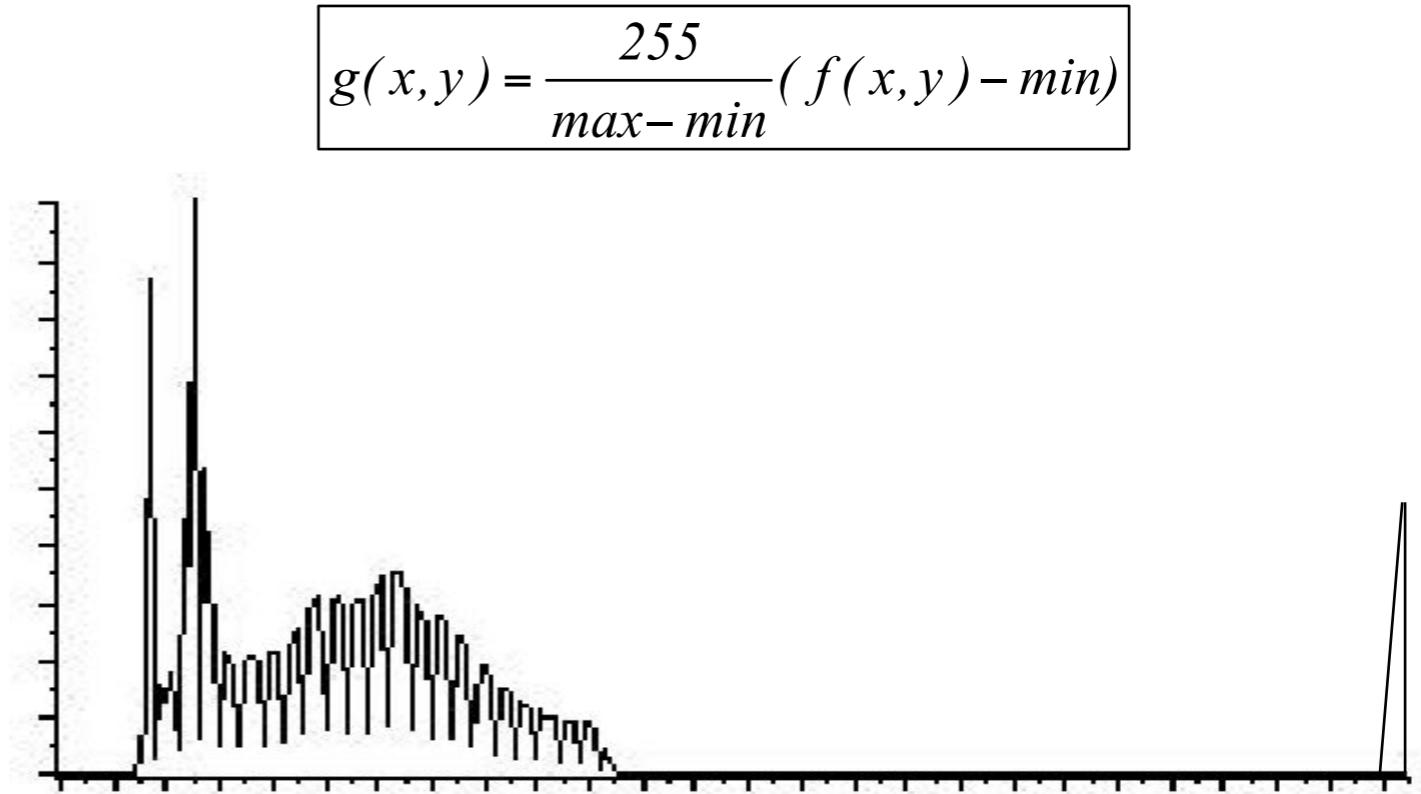
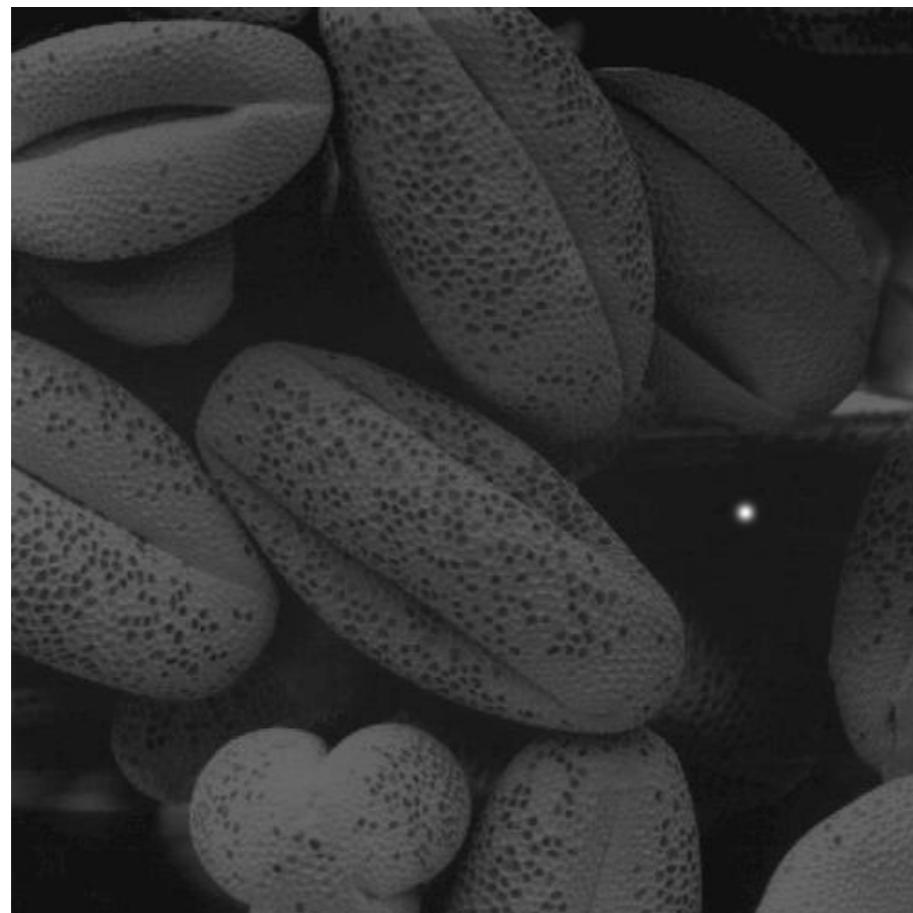


Image foncée avec une tache claire

Traitement de l'histogramme

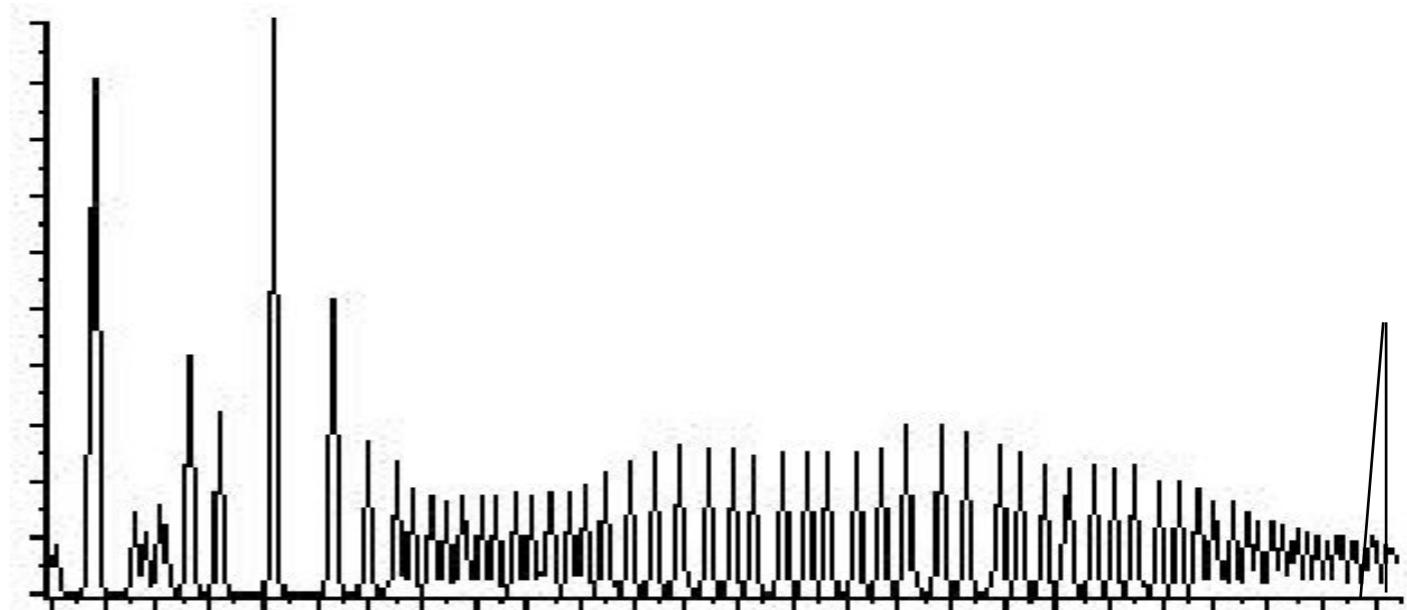
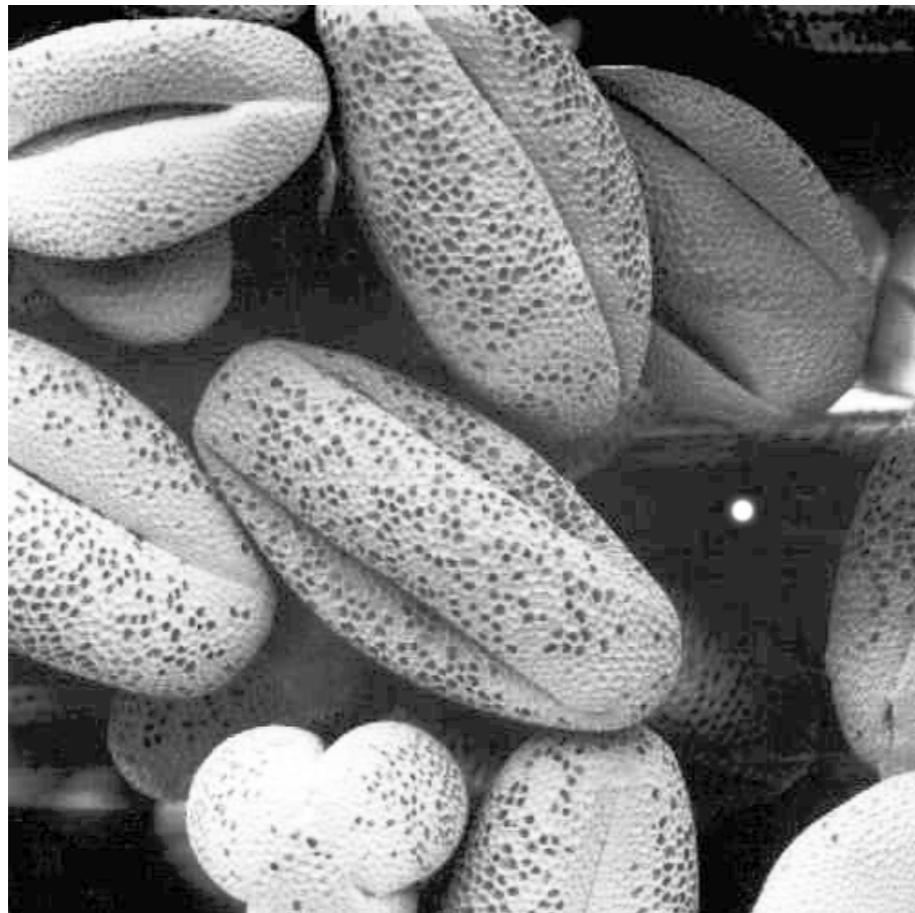
Différence entre un changement de dynamique ordinaire et l'égalisation d'histogramme



Résultat après un changement de dynamique linéaire (la fameuse fonction “*rescale*”).

Traitement de l'histogramme

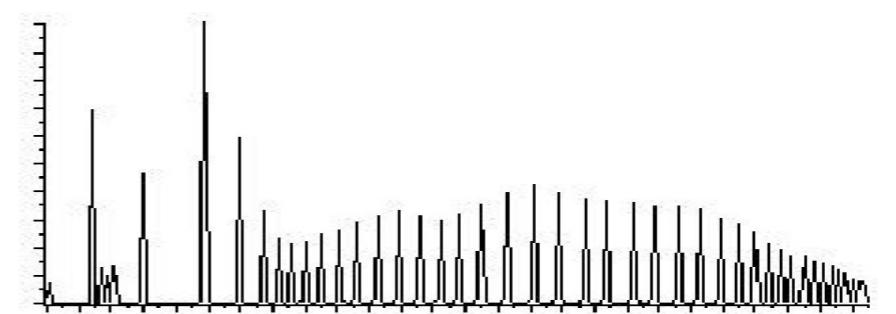
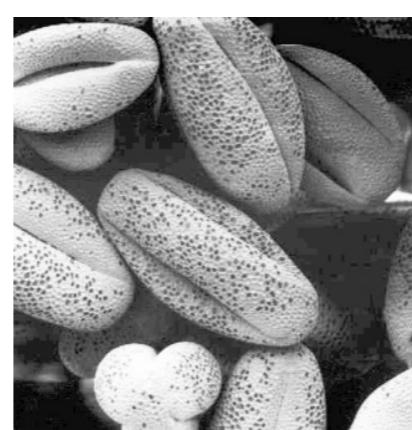
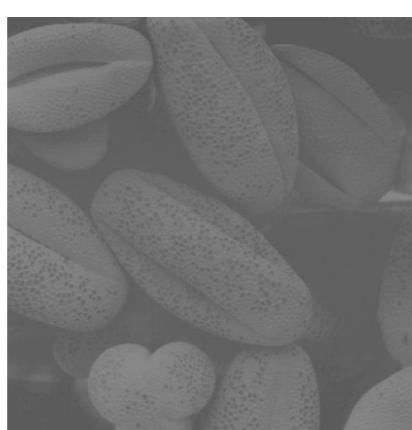
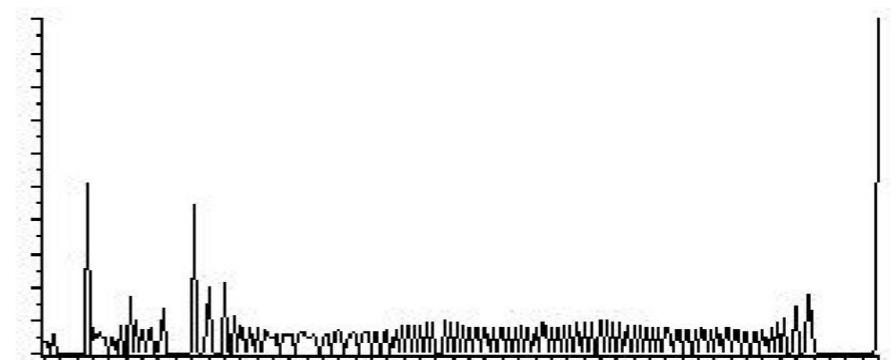
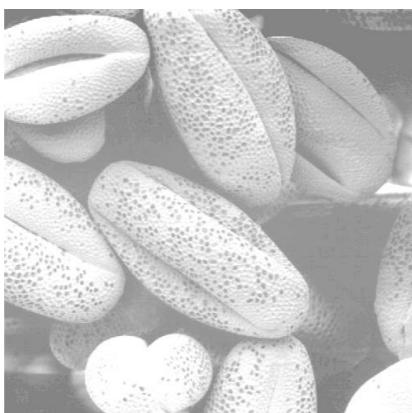
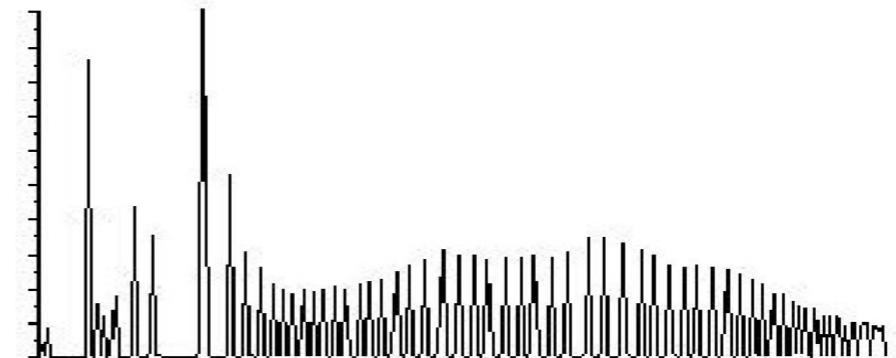
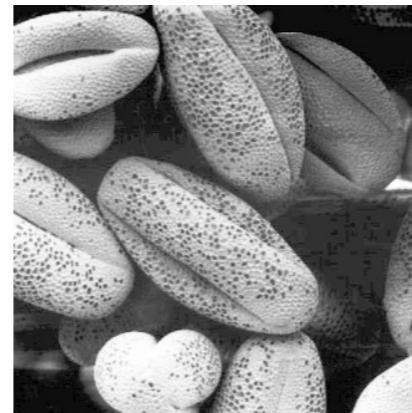
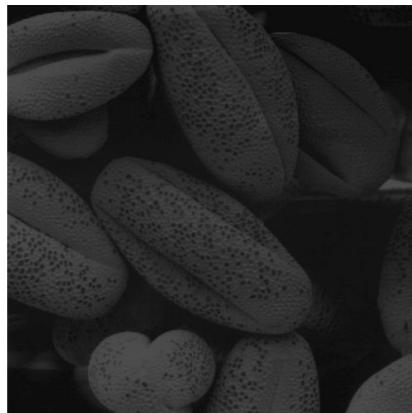
Différence entre un changement de dynamique ordinaire et l'égalisation d'histogramme



Résultat après une égalisation d'histogramme

Traitement de l'histogramme

L'égalisation d'histogramme a l'avantage de s'adapter au contenu de l'image



2. Traitement de l'histogramme

Extra pour votre
culture personnelle

Traitements de l'histogramme

Transfert d'histogramme (*histogram matching*)

Parfois, on souhaite que l'histogramme d'une image $f(x,y)$ ait la même forme que l'histogramme d'une seconde image $h(x,y)$. Pour ce faire, on a besoin d'une fonction de transfert « R » de la forme :

$$g(x,y) = R(f(x,y), h(x,y))$$

de sorte que $g(x,y)$ possède le même contenu que $f(x,y)$ mais avec l'histogramme de $h(x,y)$.

Traitements de l'histogramme

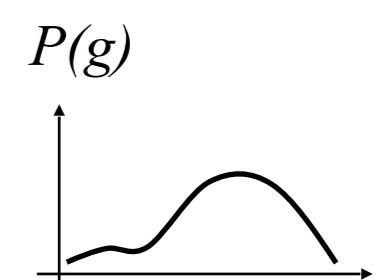
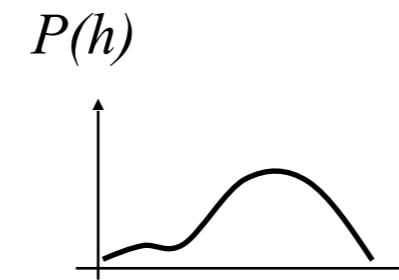
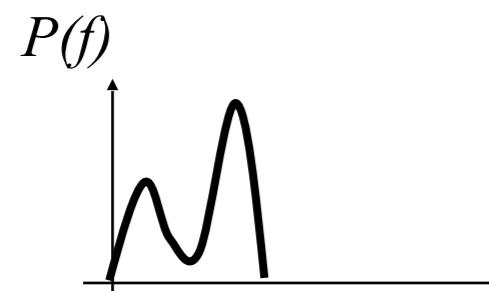
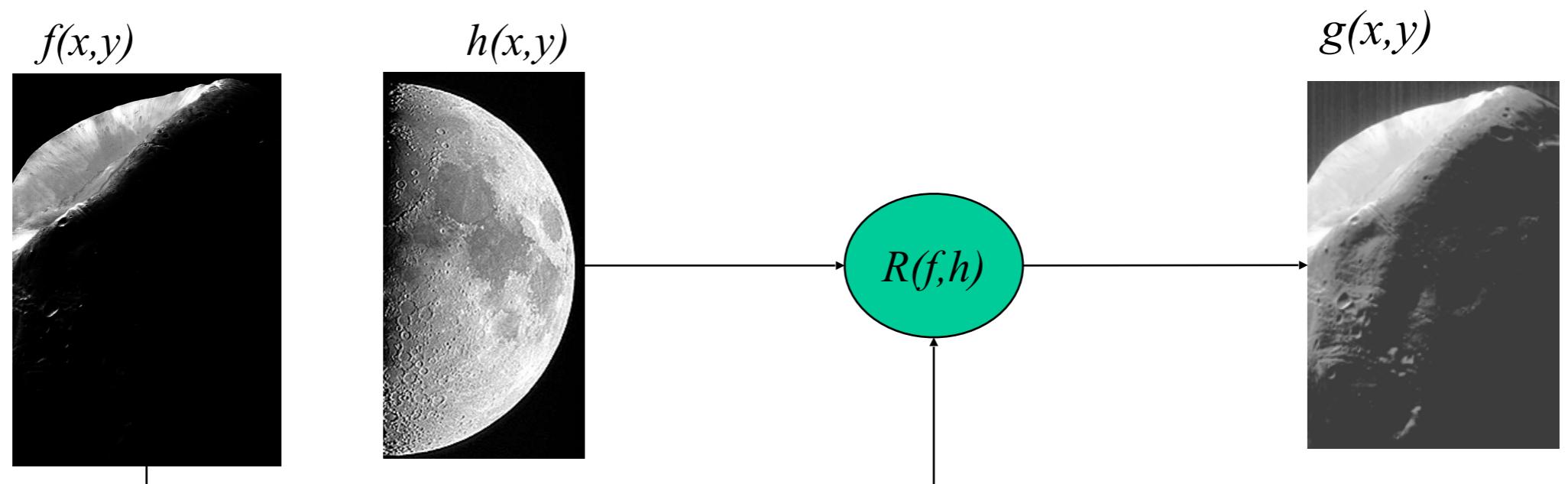
Transfert d'histogramme (*histogram matching*)

Parfois, on souhaite que l'histogramme d'une image $f(x,y)$ ait la même forme que l'histogramme d'une seconde image $h(x,y)$. Pour ce faire, on a besoin d'une fonction de transfert « R » de la forme :

$$g(x,y) = R(f(x,y), h(x,y))$$

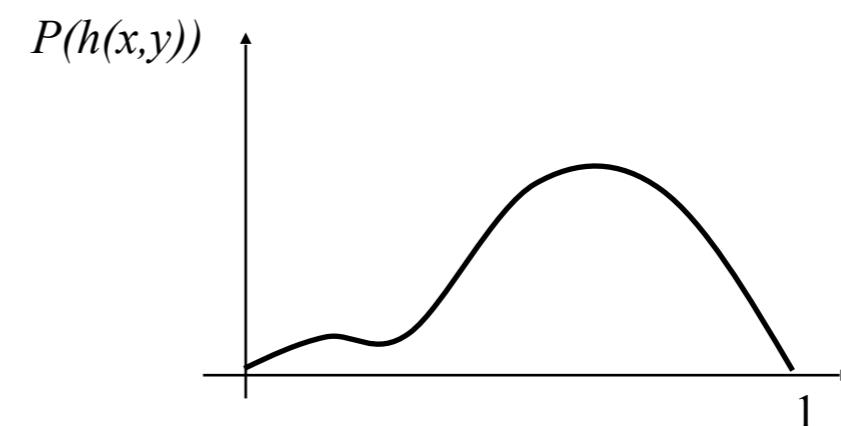
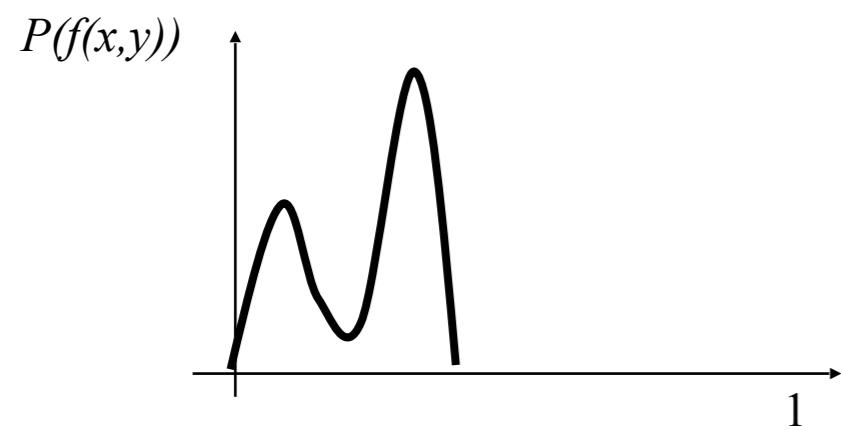
de sorte que $g(x,y)$ possède le même contenu que $f(x,y)$ mais avec l'histogramme de $h(x,y)$.

Exemple:



Traitements de l'histogramme

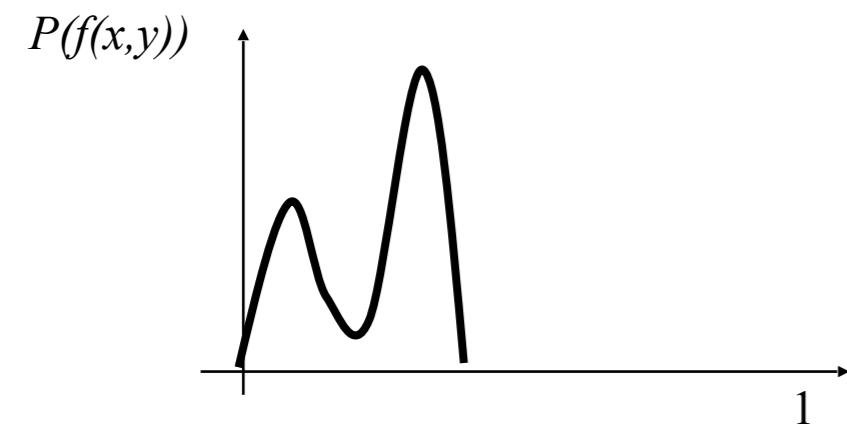
Transfert d'histogramme (*histogram matching*)



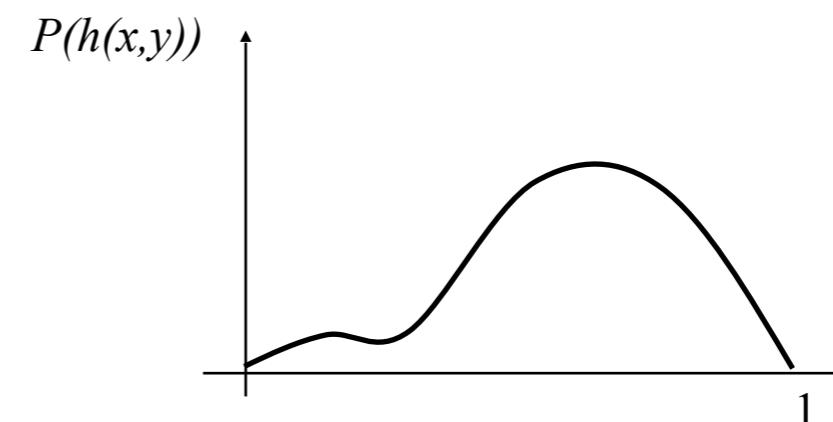
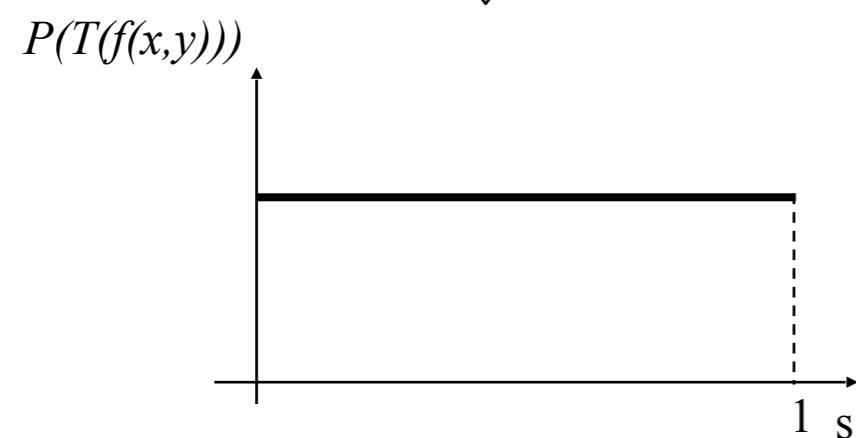
Traitement de l'histogramme

Transfert d'histogramme (*histogram matching*)

Histogramme normalisé
des niveaux de gris de $f(x,y)$



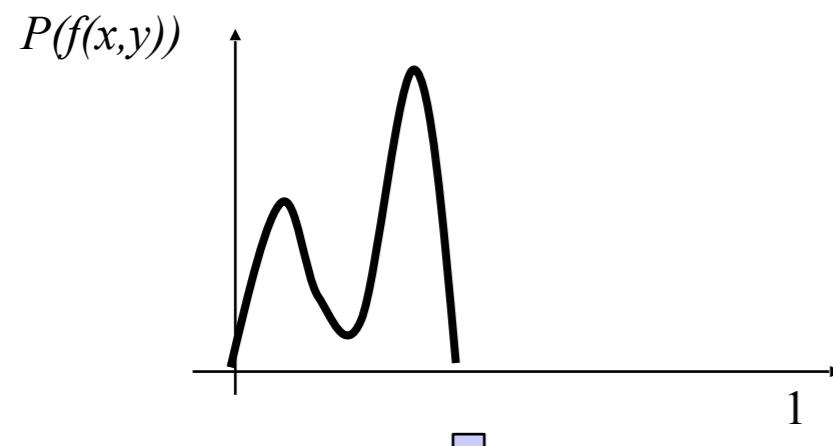
$T(f(x,y))$
↓
Égalisation
d'histogramme



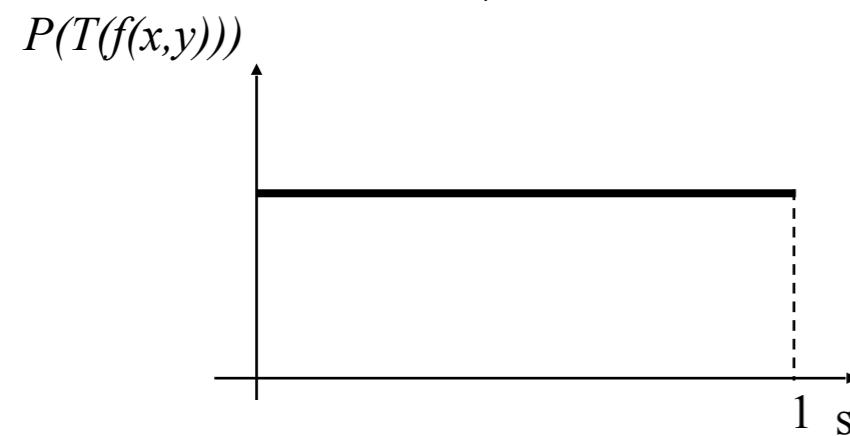
Traitements de l'histogramme

Transfert d'histogramme (*histogram matching*)

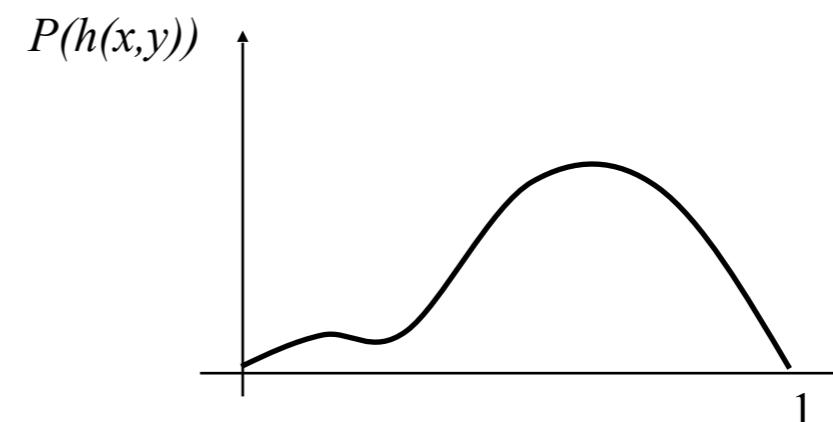
Histogramme normalisé
des niveaux de gris de $f(x,y)$



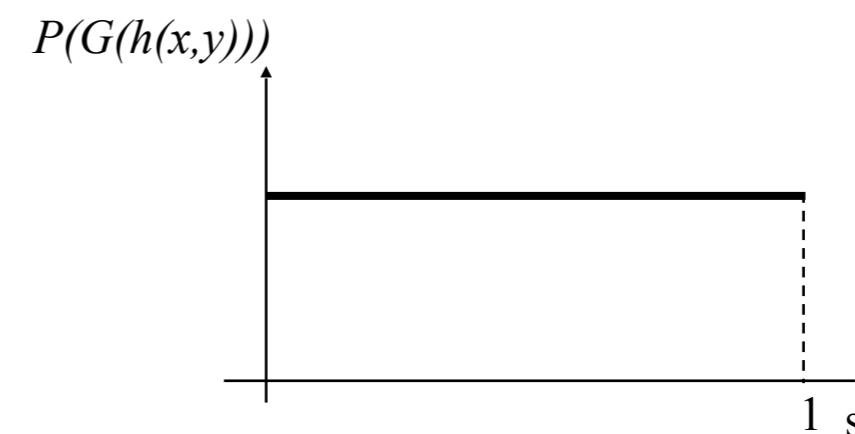
$T(f(x,y))$ Égalisation
d'histogramme



Histogramme normalisé
des niveaux de gris de $h(x,y)$



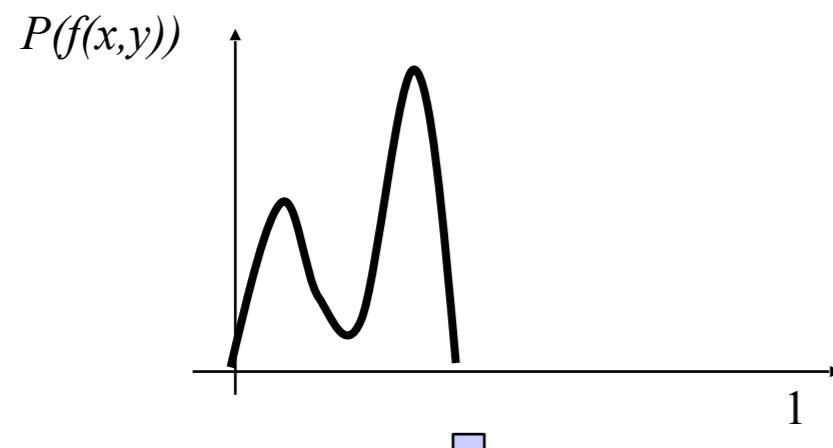
$G(h(x,y))$ Égalisation
d'histogramme



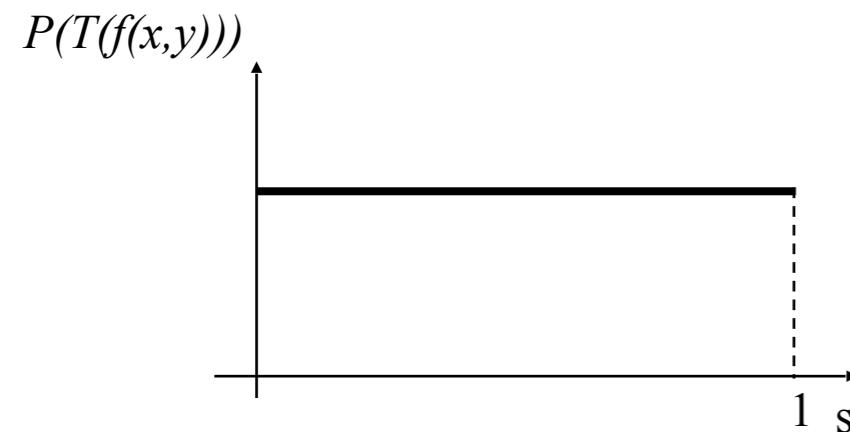
Traitements de l'histogramme

Transfert d'histogramme (*histogram matching*)

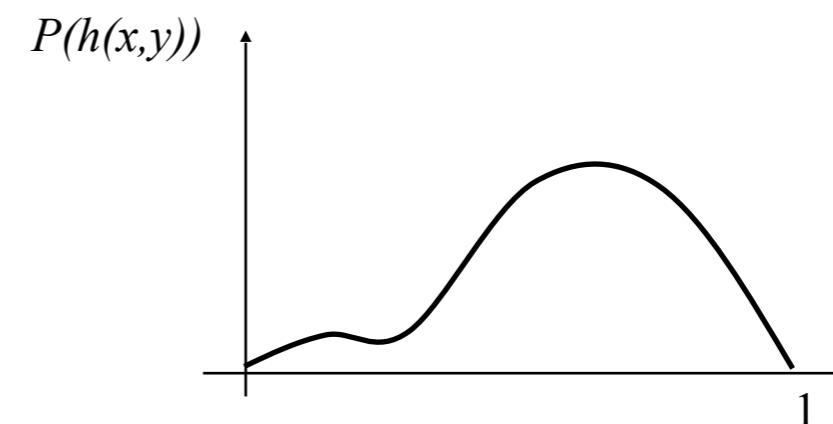
Histogramme normalisé
des niveaux de gris de $f(x,y)$



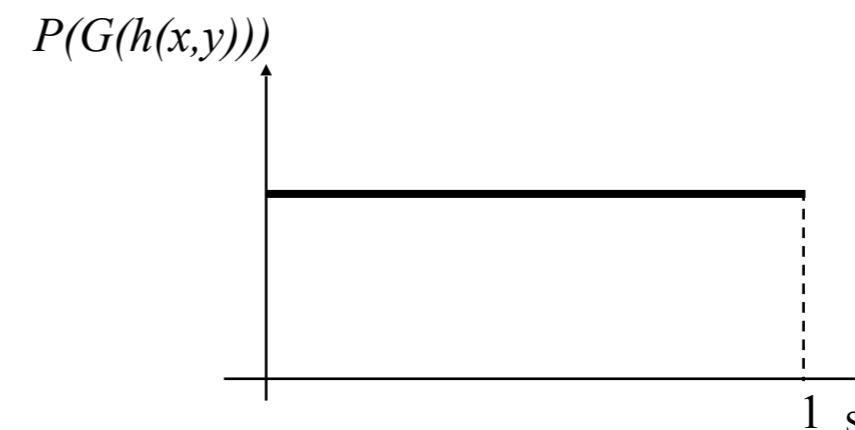
$T(f(x,y))$ ↓
Égalisation
d'histogramme



Histogramme normalisé
des niveaux de gris de $h(x,y)$



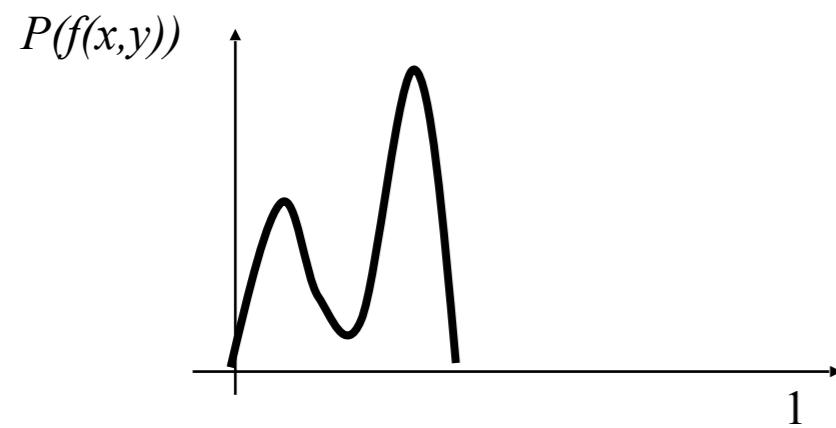
$G(h(x,y))$ ↓
Égalisation
d'histogramme



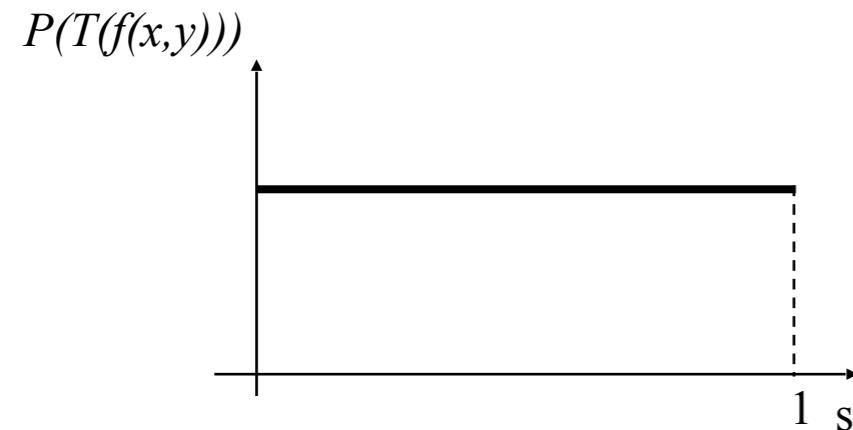
Traitements de l'histogramme

Transfert d'histogramme (*histogram matching*)

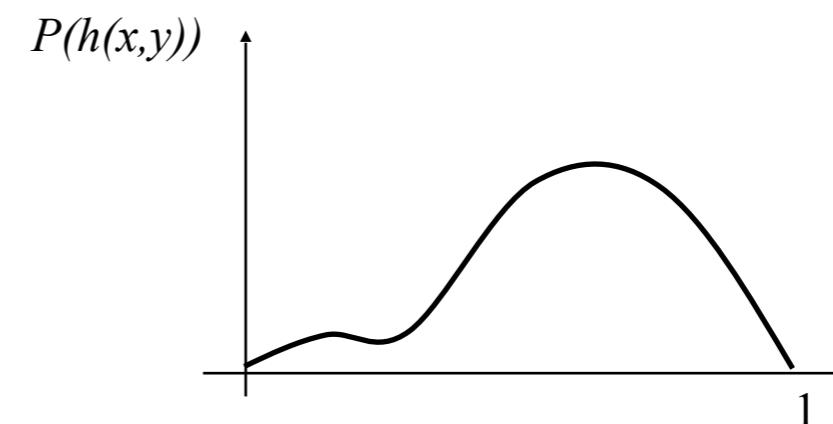
Histogramme normalisé
des niveaux de gris de $f(x,y)$



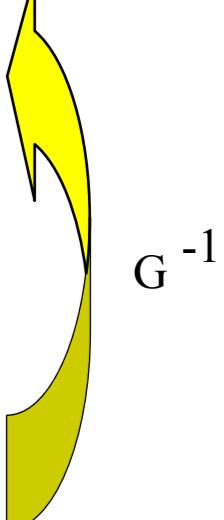
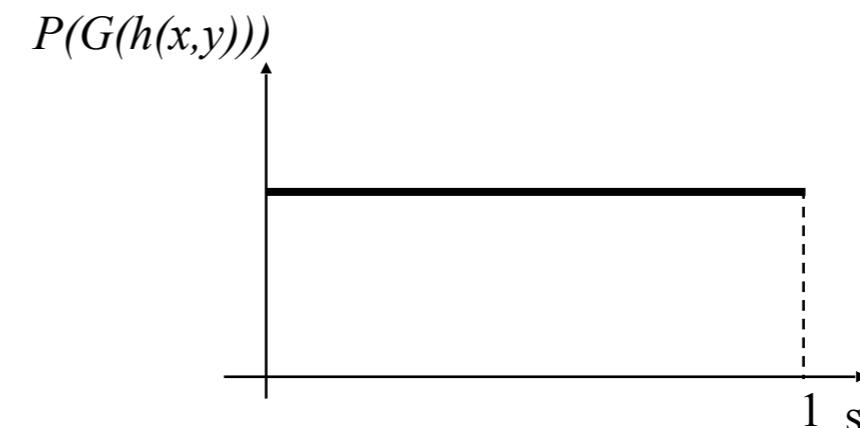
$T(f(x,y))$ ↓
Égalisation
d'histogramme



Histogramme normalisé
des niveaux de gris de $h(x,y)$

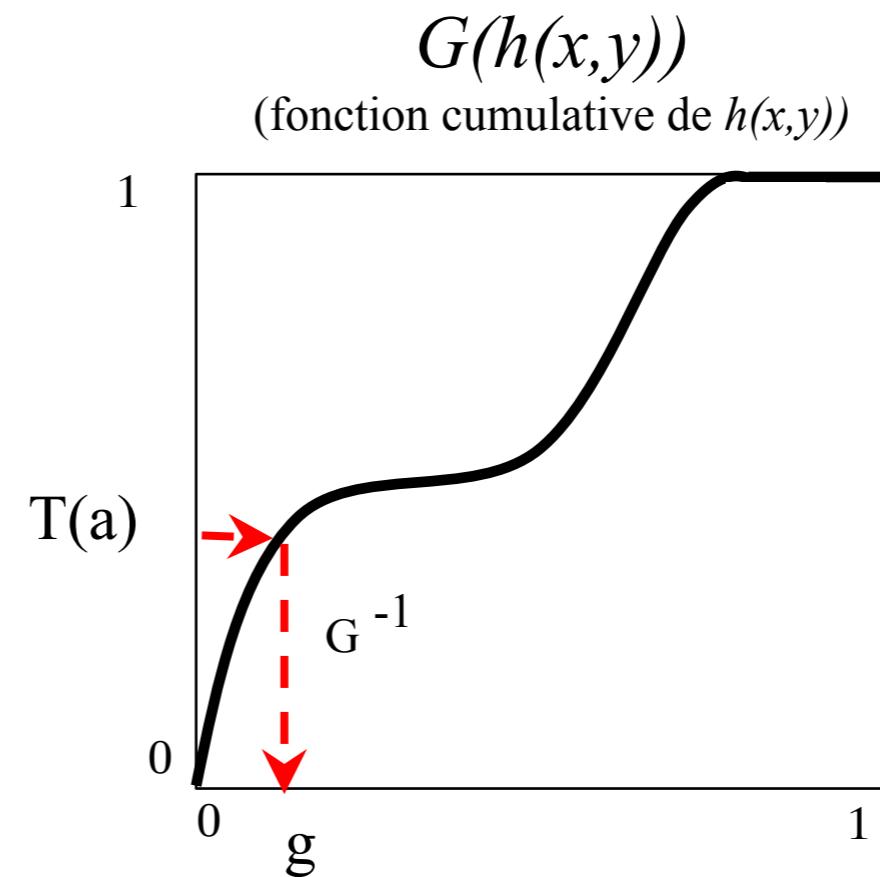
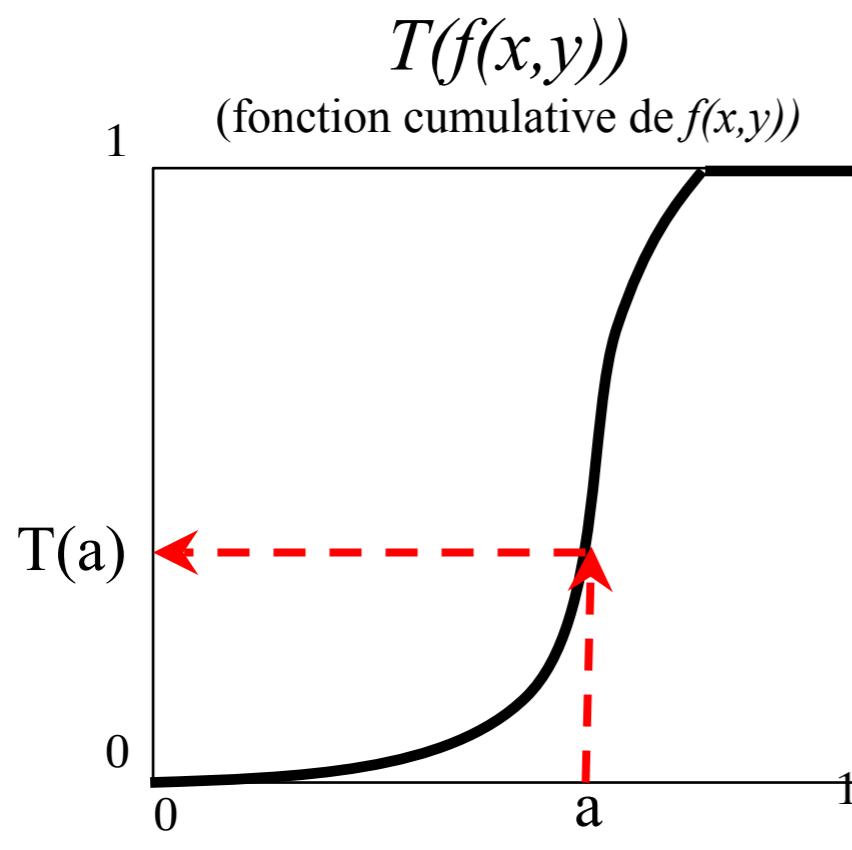


$G(h(x,y))$ ↓
Égalisation
d'histogramme

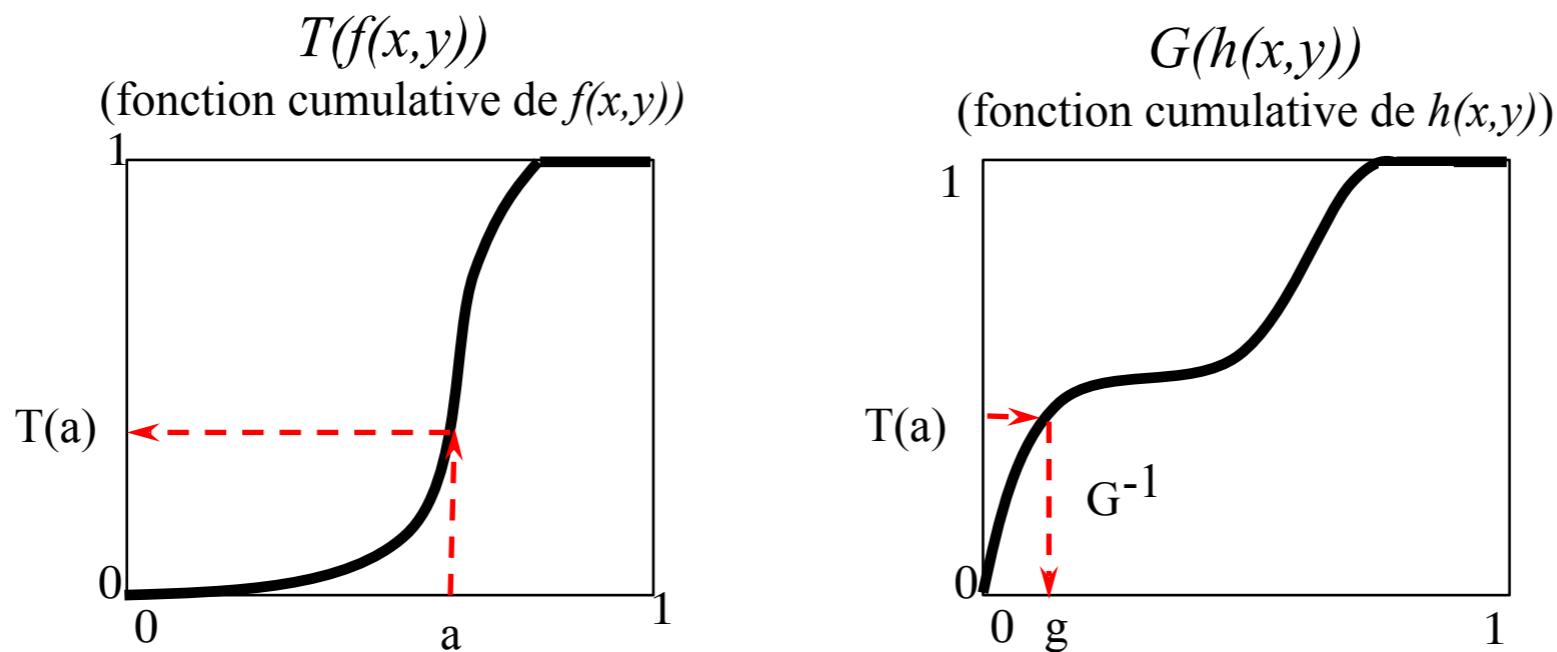


Traitement de l'histogramme

Transfert d'histogramme (*histogram matching*)



Algorithme du transfert d'histogramme



Algorithme D1

1. Calculer la fonction cumulative **T** de l'histogramme de $f(x,y)$
2. Calculer la fonction cumulative **G** de l'histogramme de $h(x,y)$
3. POUR chaque pixel (x,y) de l'image f
 - 3a. Calculer $A = T(f(x,y))$
 - 3b. Calculer $g(x,y) = G^{-1}(A)$

