

Outils et traitements de bases

Bibliographie

Ouvrages :

- *Digital Image Processing, 3rd Ed.*, Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Prentice Hall, 2008.

Cours :

- Vincent Mazet, cours "Outils fondamentaux pour le traitement d'image", <http://miv.u-strasbg.fr/mazet/ofti>
- Vincent Noblet, cours "Traitement d'images" TICS2A, http://icube-miv.unistra.fr/fr/index.php/Traitement_d'images_TICS2A

Plan du chapitre

1. Formation d'une image numérique

- 1.1 Image numérique
- 1.2 Echantillonnage
- 1.3 Quantification

2. Opérations sur les images

3. Outil statistique sur les intensités : l'histogramme

4. Convolution

5. Transformée de Fourier

6. Filtrage



Image numérique

Notations :

- Scène observée = image analogique = fonction continue $\mathcal{I}(x, y)$, $x, y \in \mathbb{R}$.
- Image numérique de la scène = fonction discrète $I(i, j)$, $i, j \in \mathbb{N}$.

Transformation image analogique → image numérique :

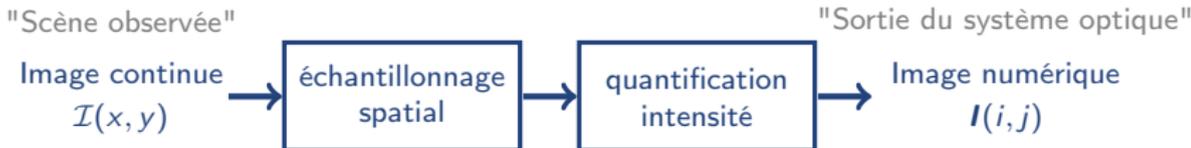


Image numérique – Manipulation avec Matlab

Variable Editor - I

I <308x406 uint8>

	229	230	231	232	233	234	235	2
196	205	203	200	198	197	197	200	
197	202	201	201	199	199	196	197	
198	201	199	200	201	195	197	198	
199	198	200	201	199	199	198	196	
200	194	194	198	198	198	187	186	
201	188	189	190	190	187	179	167	
202	180	178	173	167	160	152	132	
203	156	154	145	135	114	90	76	
204	106	98	84	69	59	46	42	
205	38	29	28	28	21	20	15	
206	20	15	19	14	17	13	20	
207	16	11	12	10	13	12	14	
208	11	8	8	11	6	8	10	
209	11	9	7	9	9	3	9	
210	8	7	7	6	8	8	5	
211	4	5	7	7	6	7	6	
212	3	6	6	4	9	8	0	
213	3	7	7	4	6	7	3	
214	6	4	6	7	7	5	3	
215	4	2	5	5	4	4	3	

Command Window

```

New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
>> I = imread('lune.jpg');
>> imshow(I);
fx >>

```

Workspace

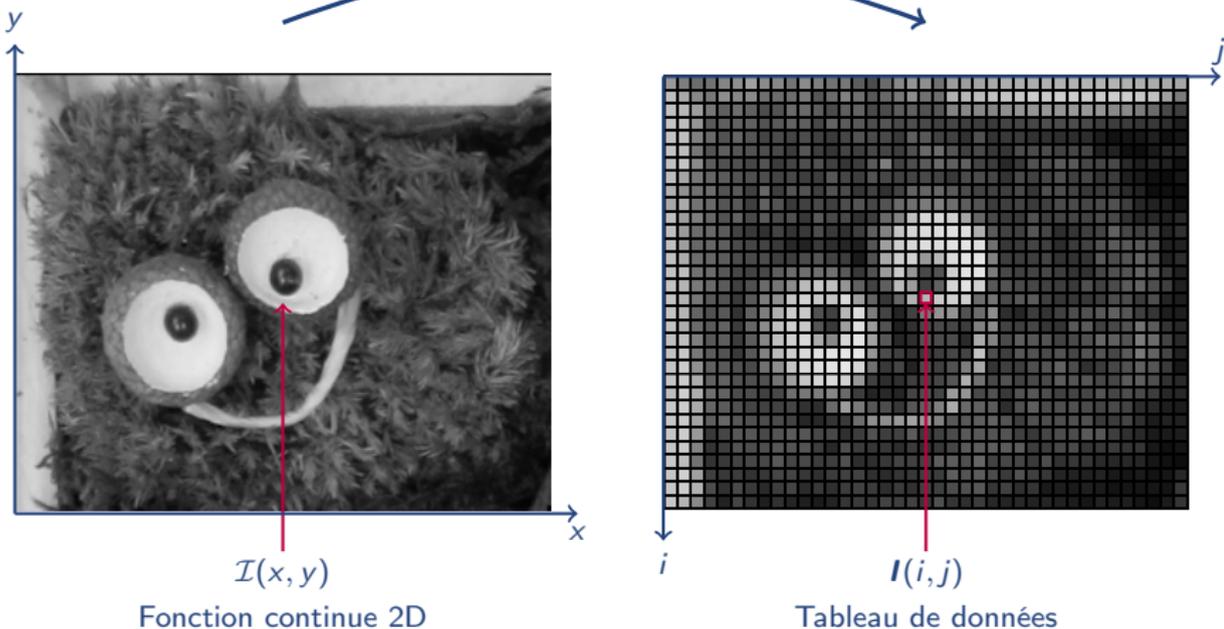
Name	Value	Min	Max
I	<308x406 uint8>	0	213

Figure 1



Echantillonnage

Projection sur la grille de capteur du système optique
échantillonnage + quantification



Quantification



256 niveaux de gris

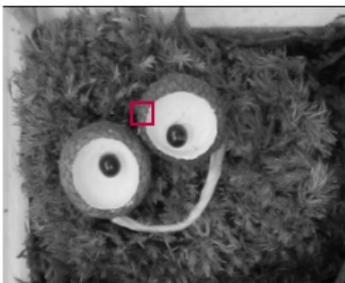


16 niveaux de gris



4 niveaux de gris

Quantification



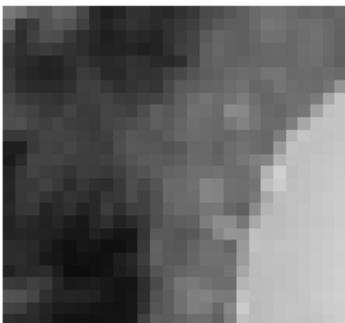
256 niveaux de gris



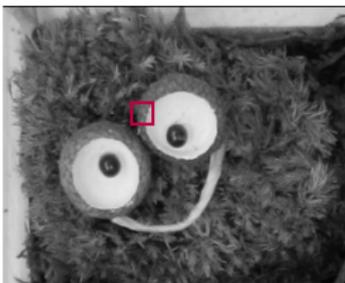
16 niveaux de gris



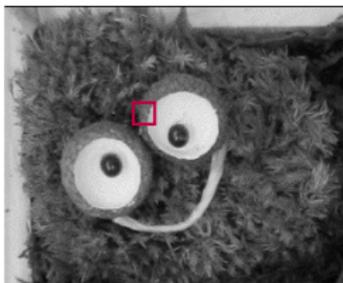
4 niveaux de gris



Quantification



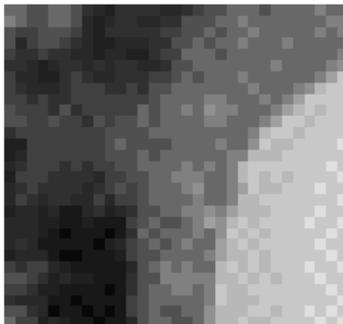
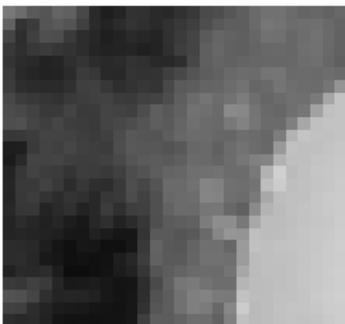
256 niveaux de gris



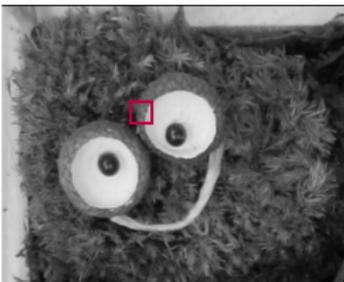
16 niveaux de gris



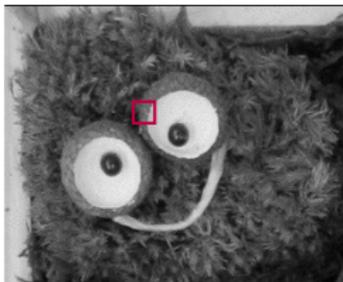
4 niveaux de gris



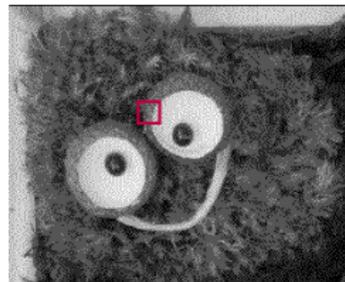
Quantification



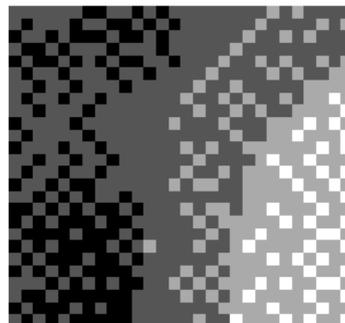
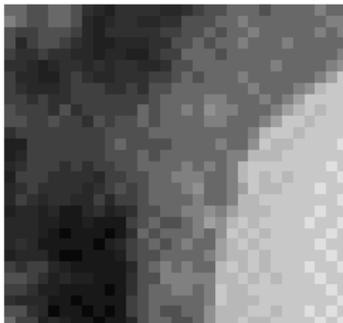
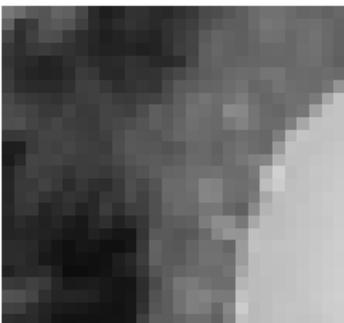
256 niveaux de gris



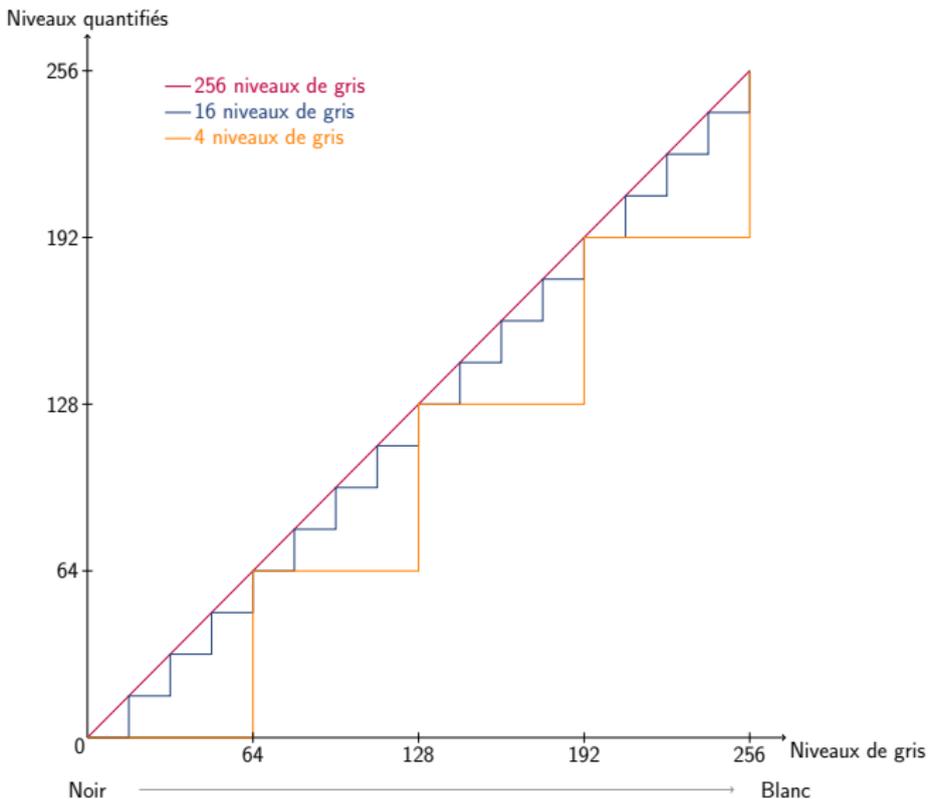
16 niveaux de gris



4 niveaux de gris



Echelle de quantification



Plan du chapitre

1. Formation d'une image numérique

2. Opérations sur les images

2.1 Addition

2.2 Soustraction

2.3 Multiplication (et division)

3. Outil statistique sur les intensités : l'histogramme

4. Convolution

5. Transformée de Fourier

6. Filtrage



Addition

Addition

Soient I_1 et I_2 deux images de taille $N \times M$ dont les intensités sont codées sur K bits (soient 2^K niveaux de gris), on définit la somme de deux images pixel par pixel :

$$\forall i, j \in \llbracket 0, N-1 \rrbracket \times \llbracket 0, M-1 \rrbracket, \quad I_{\Sigma}(i, j) = \min \left(I_1(i, j) + I_2(i, j), 2^K - 1 \right)$$

→ Selon l'objectif visé, la saturation des nouvelles intensités n'est pas forcément nécessaire.

Commande Matlab

```
> I = min( I1 + I2, 2^K-1);    % addition avec saturation  
> I = I1 + I2;                % addition sans saturation
```

Addition – Réduction de bruit par moyennage

On suppose qu'on dispose de R images bruitées de la Lune.

- En moyennant les images bruitées, on effectue une opération de débruitage !
- Plus on somme d'images, plus on débruite.

Image originale

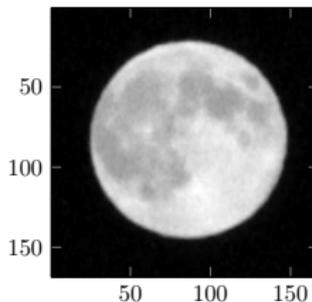


Image bruitée

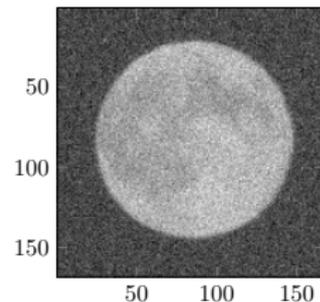


Image moyennée ($R = 2$)

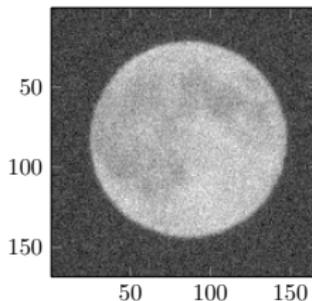
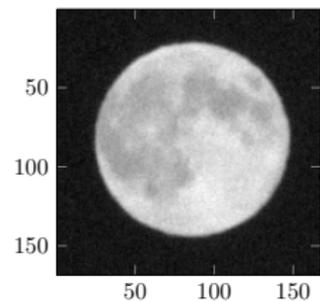


Image moyennée ($R = 30$)



Soustraction

Soustraction

Soient I_1 et I_2 deux images de taille $N \times M$ dont les intensités sont codées sur K bits (soient 2^K niveaux de gris), on définit la différence de deux images pixel par pixel :

$$\forall i, j \in \llbracket 0, N - 1 \rrbracket \times \llbracket 0, M - 1 \rrbracket, \quad I^-(i, j) = \max(I_1(i, j) - I_2(i, j), 0)$$

→ Selon l'objectif visé, la saturation des nouvelles intensités n'est pas forcément nécessaire.

Commande Matlab

```

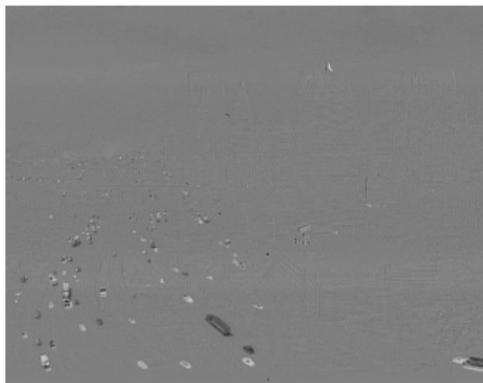
> I = max( I1 - I2, 0);    % soustraction avec saturation
> I = I1 - I2;           % soustraction sans saturation

```

Soustraction – Détection de changement



Soustraction sans saturation



Multiplication (et division)

Multiplication par une constante

Soit I une image de taille $N \times M$ dont les intensités sont codées sur K bits (soient 2^K niveaux de gris), on définit la multiplication par une constante α pixel par pixel :

$$\forall i, j \in \llbracket 0, N - 1 \rrbracket \times \llbracket 0, M - 1 \rrbracket, \quad \alpha I(i, j) = \min(\alpha I(i, j), 2^K - 1)$$

Commande Matlab

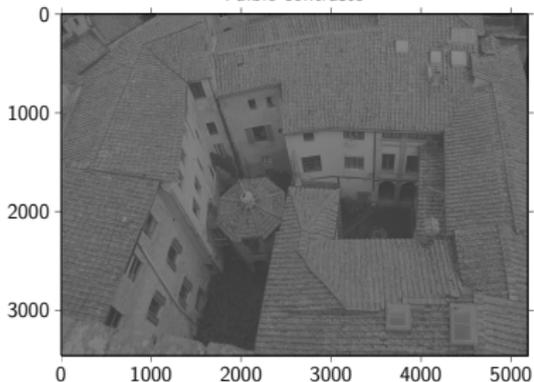
```
> I = min( alpha * I, 2^K-1);    % multiplication avec saturation  
>  
> I = min( alpha .* I, 2^K-1);  % multiplication pixel par pixel avec  
saturation
```

→ La division par une constante α se définit de la même façon.

Multiplication par une constante – Amélioration du contraste

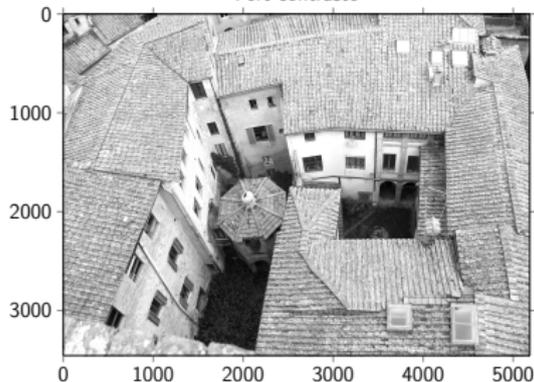
$\times \alpha = 2.5$

Faible contraste



$$\min(I_{faible}) = 0$$
$$\max(I_{faible}) = 127$$

Fort contraste



$$\min(I_{fort}) = 0$$
$$\max(I_{fort}) = 255 \text{ (saturation !)}$$

Multiplication (et division)

Multiplication de deux images

Soient I_1 et I_2 deux images de taille $N \times M$ dont les intensités sont codées sur K bits (soient 2^K niveaux de gris), on définit la multiplication des deux images pixel par pixel :

$$\forall i, j \in \llbracket 0, N - 1 \rrbracket \times \llbracket 0, M - 1 \rrbracket, \quad I(i, j) = I_1(i, j) \times I_2(i, j)$$

→ Opération matricielle différente !

Commande Matlab

```
> M = M1 * M2 ;    % multiplication matricielle  
>  
> I = I1 .* I2;    % multiplication de deux images pixel par pixel
```

→ La division de deux images se définit de la même façon.

Division – Correction d'éclairage

Image originale avec défaut d'éclairage

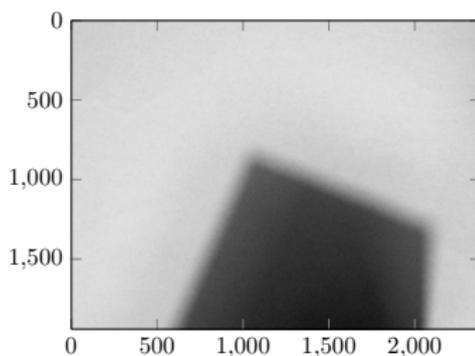
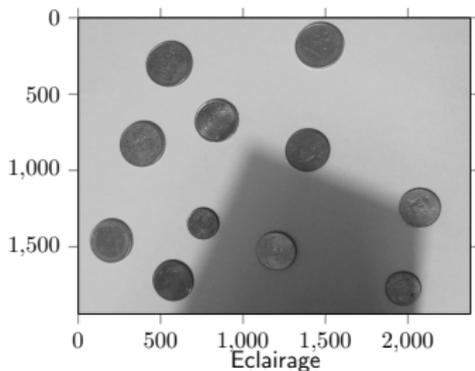
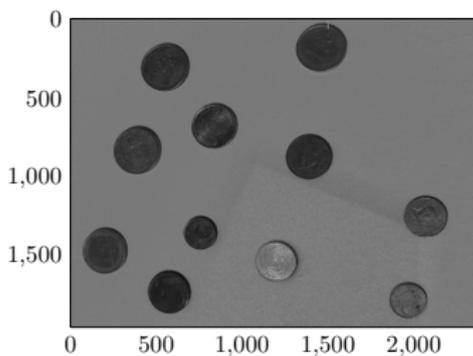


Image corrigée



→ Permet d'avoir un fond uniforme, → utile pour la segmentation/le seuillage.

Plan du chapitre

1. Formation d'une image numérique
2. Opérations sur les images
- 3. Outil statistique sur les intensités : l'histogramme**
 - 3.1 Définition
 - 3.2 Contraste
 - 3.3 Modification d'histogramme
4. Convolution
5. Transformée de Fourier
6. Filtrage



Définition

Qu'est-ce qu'un histogramme

L'histogramme donne la fréquence d'apparition des niveaux de gris dans l'image, il est défini par la fonction discrète :

$$h(r) = n_r$$

où n_r est le nombre de pixels ayant le niveau de gris r .

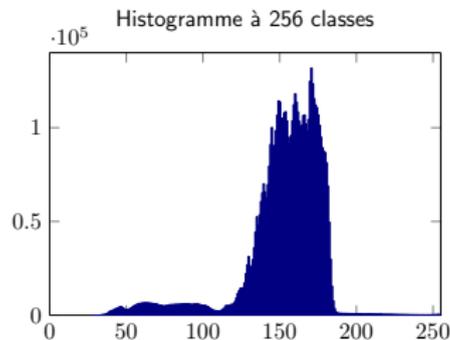
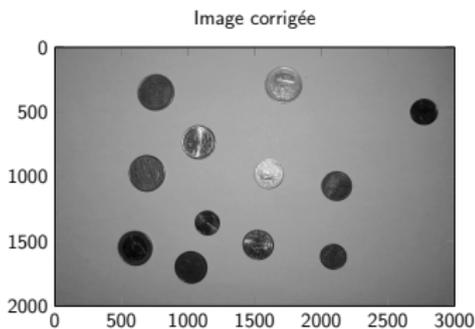
Définition

Qu'est-ce qu'un histogramme

L'histogramme donne la fréquence d'apparition des niveaux de gris dans l'image, il est défini par la fonction discrète :

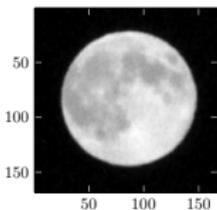
$$h(r) = n_r$$

où n_r est le nombre de pixels ayant le niveau de gris r .

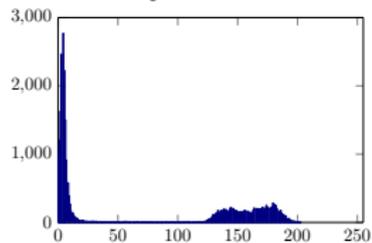


Exemples d'histogramme

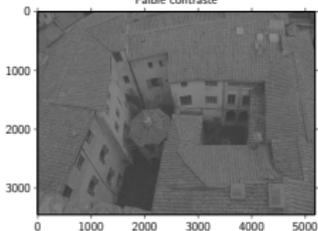
Image originale



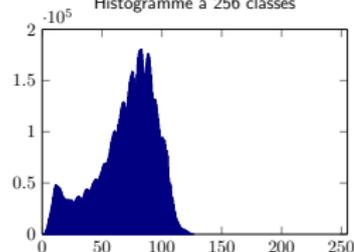
Histogramme à 256 classes



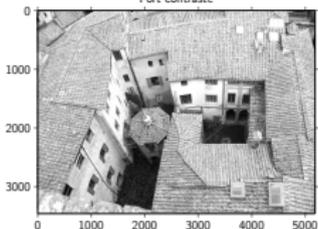
Faible contraste



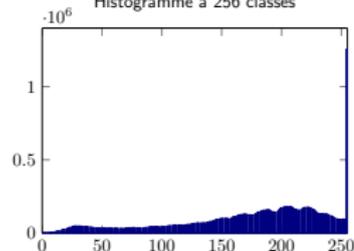
Histogramme à 256 classes



Fort contraste



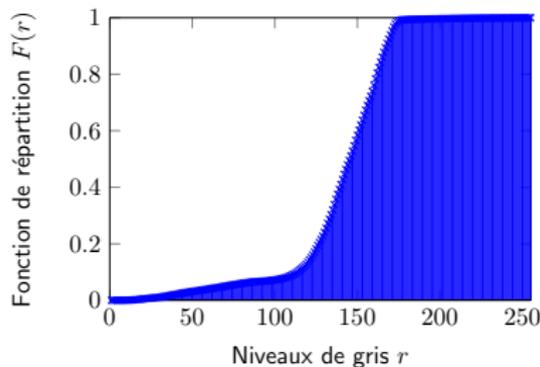
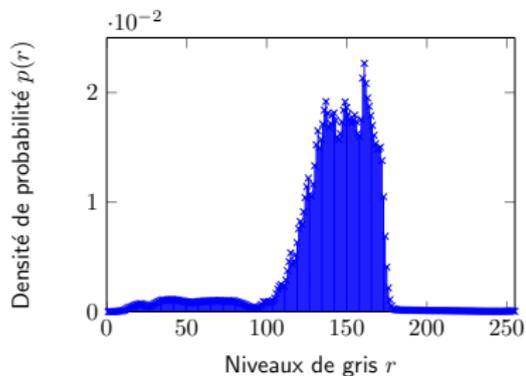
Histogramme à 256 classes



Propriétés de l'histogramme

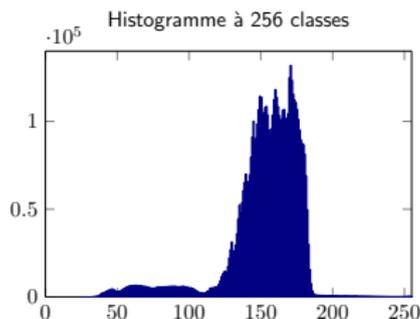
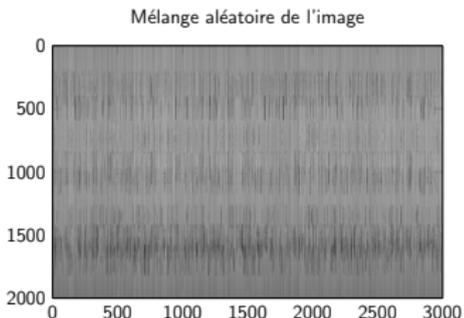
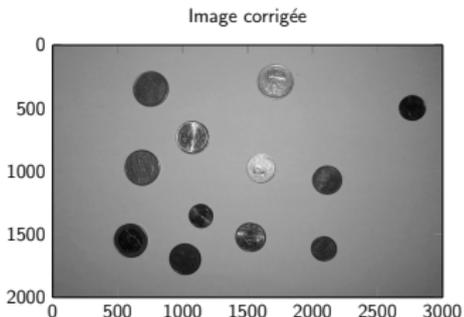
- Il peut être interprété comme une densité de probabilité (discrète) des niveaux de gris si les effectifs sont normalisés (par le nombre de pixels) :

$$p(r) = \frac{n_r}{N \times M}$$



Propriétés de l'histogramme

- Donne une information globale sur les intensités de l'image, mais on perd l'information spatiale : deux images très différentes peuvent avoir le même histogramme.



Contraste : définitions

Contraste

Il existe plusieurs définitions du contraste :

→ Ecart-type des niveaux de gris

$$C_1 = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (I(i,j) - \bar{I})^2}$$

où \bar{I} est la moyenne de l'image.

→ Variations entre les intensités maximale et minimale de l'image

$$C_2 = \frac{\max_{i,j}(I(i,j)) - \min_{i,j}(I(i,j))}{\max_{i,j}(I(i,j)) + \min_{i,j}(I(i,j))}$$

Modification d'histogramme

Comment améliorer une image ? → en améliorant le contraste.

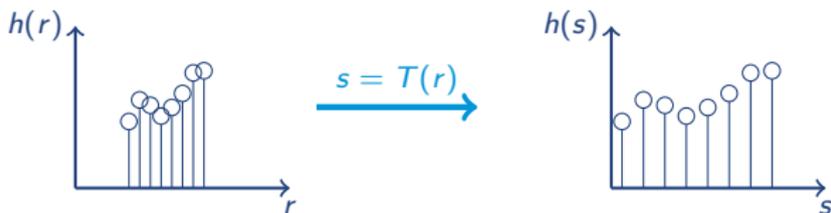
Idée : la multiplication de l'image par une constante $\alpha > 1$, mais phénomène de saturation.

Modification d'histogramme

Comment améliorer une image? → en améliorant le contraste.

Idée : la multiplication de l'image par une constante $\alpha > 1$, mais phénomène de saturation.

Mieux : Trouver une fonction T agissant sur les niveaux de gris r , et donc sur l'histogramme.

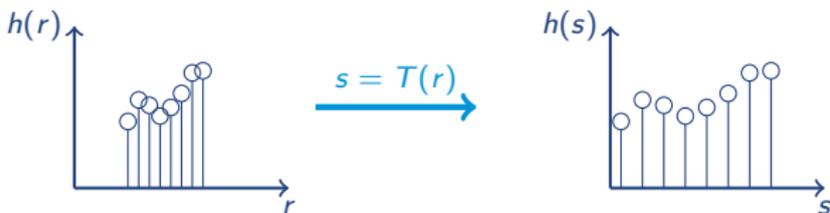


Modification d'histogramme

Comment améliorer une image ? → en améliorant le contraste.

Idee : la multiplication de l'image par une constante $\alpha > 1$, mais phénomène de saturation.

Mieux : Trouver une fonction T agissant sur les niveaux de gris r , et donc sur l'histogramme.



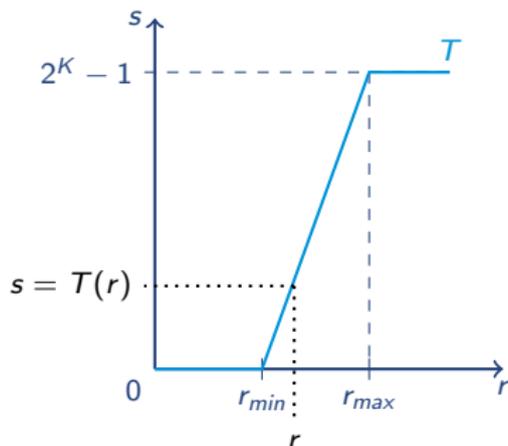
- Extension linéaire de la dynamique de l'histogramme (étalement).
- Fonctions sur les intensité pour la correction de contraste.
- Égalisation d'histogramme.

Étalement d'histogramme

→ On étire la dynamique en répartissant les niveaux de gris entre 0 et $2^K - 1$:

$$s = T(r) = \frac{2^K - 1}{r_{max} - r_{min}} \times (r - r_{min})$$

où r_{min} et r_{max} sont les niveaux de gris minimal et maximal présent dans l'image originale.



Étalement d'histogramme – Exemple

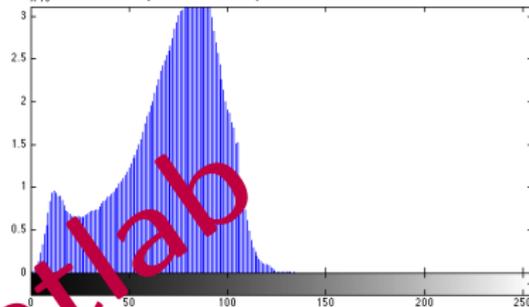
Image à faible contraste



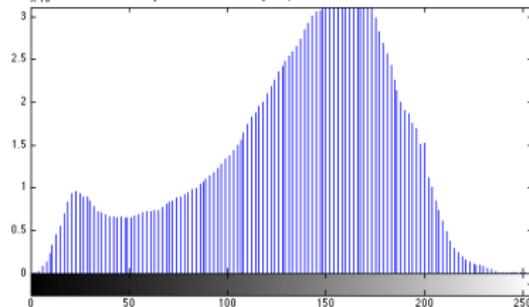
Image après étalement de l'histogramme



Histogramme de l'image à faible contraste

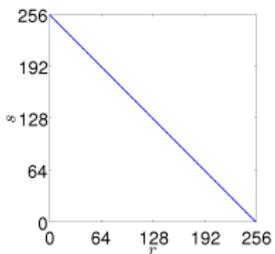


Histogramme de l'image après étalement



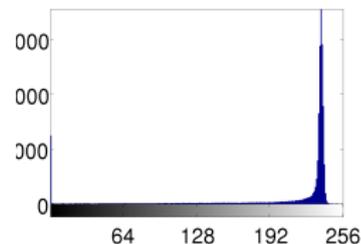
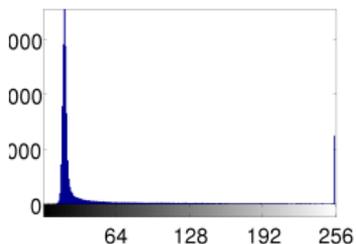
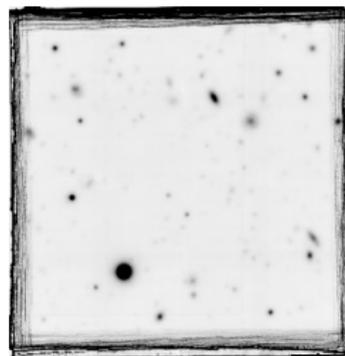
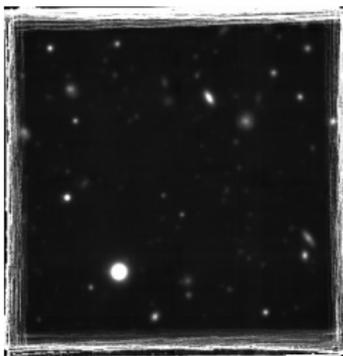
cf. Matlab

Correction de contraste – Négatif

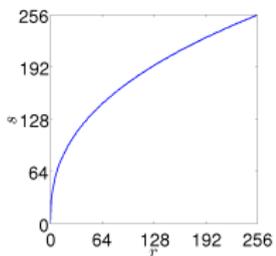


$$s = 2^K - 1 - r$$

(ici $2^K = 256$)

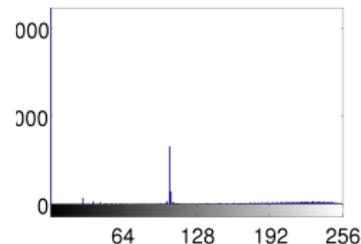
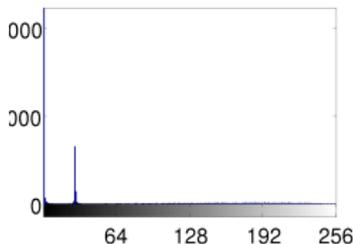
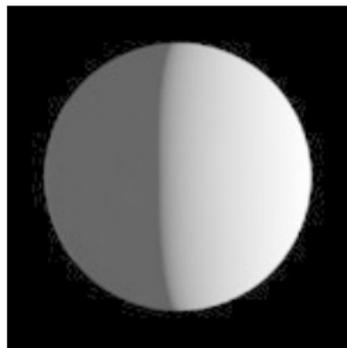
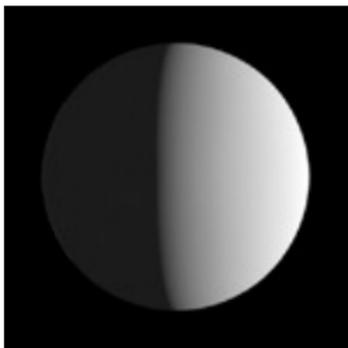


Correction de contraste – Gamma



$$s = cr^\gamma$$

($\gamma = 0,4$ ici)



Correction de contraste – Fonctions linéaires par morceaux

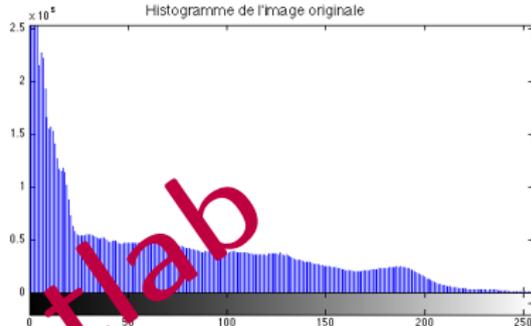
Image originale



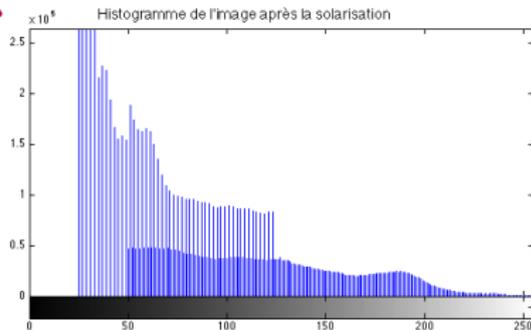
Image après la solarisation



Histogramme de l'image originale



Histogramme de l'image après la solarisation

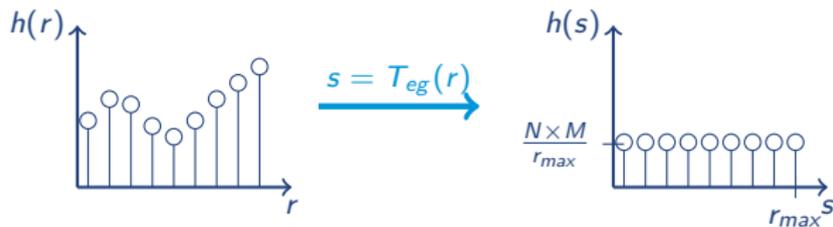


cf. Matlab

Égalisation d'histogramme

L'égalisation d'histogramme est une transformation T_{eg} qui permet de répartir équitablement les niveaux de gris sur toute la plage de niveaux de gris disponibles (afin d'obtenir un histogramme plat).

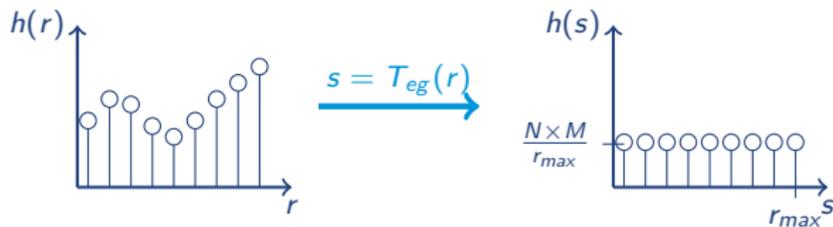
Il permet donc d'augmenter le contraste.



Égalisation d'histogramme

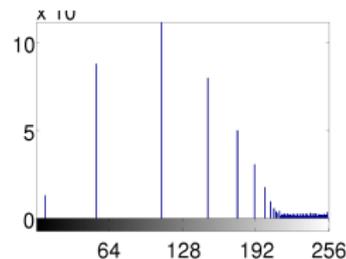
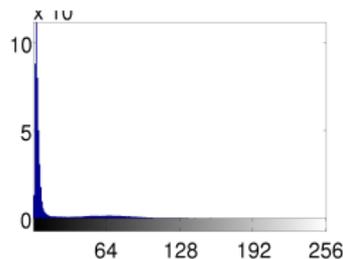
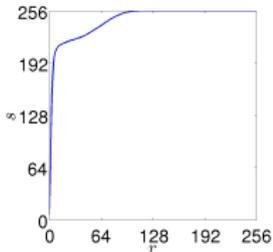
L'égalisation d'histogramme est une transformation T_{eg} qui permet de répartir équitablement les niveaux de gris sur toute la plage de niveaux de gris disponibles (afin d'obtenir un histogramme plat).

Il permet donc d'augmenter le contraste.

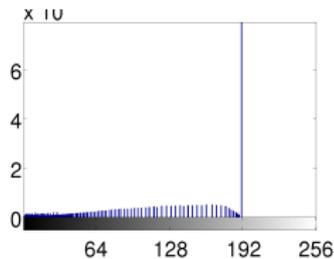
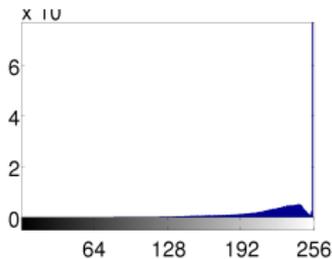
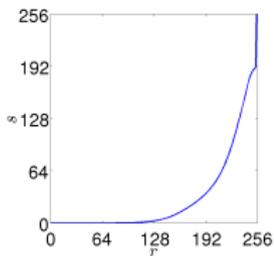


→ dans la pratique on n'a pas un histogramme parfaitement plat.

Égalisation d'histogramme – Image sous-exposée



Égalisation d'histogramme – Image surexposée



Égalisation d'histogramme – Image peu contrastée

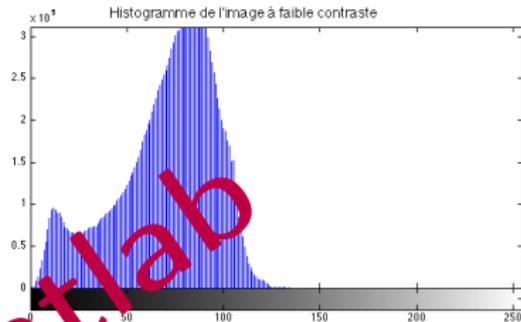
Image à faible contraste



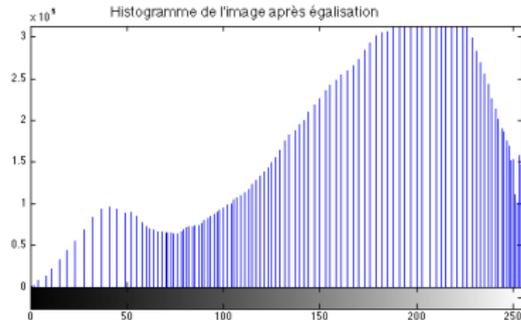
Image après égalisation de l'histogramme



Histogramme de l'image à faible contraste



Histogramme de l'image après égalisation



cf. Matlab

Égalisation d'histogramme – Image déjà contrastée

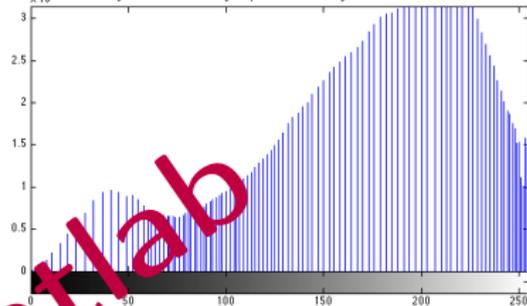
Image après la 1ere égalisation de l'histogramme



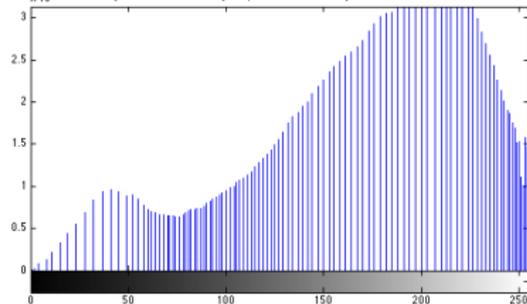
Image après la 2eme égalisation de l'histogramme



Histogramme de l'image après la 1ere égalisation



Histogramme de l'image après la 2eme égalisation



cf. Matlab

Plan du chapitre

1. Formation d'une image numérique
2. Opérations sur les images
3. Outil statistique sur les intensités : l'histogramme
- 4. Convolution**
5. Transformée de Fourier
6. Filtrage



Plan du chapitre

1. Formation d'une image numérique
2. Opérations sur les images
3. Outil statistique sur les intensités : l'histogramme
4. Convolution
- 5. Transformée de Fourier**
6. Filtrage

Plan du chapitre

1. Formation d'une image numérique
2. Opérations sur les images
3. Outil statistique sur les intensités : l'histogramme
4. Convolution
5. Transformée de Fourier
- 6. Filtrage**



A suivre ...

