II. Analyse élémentaire d'images

2- ÉGALISATION D'HISTOGRAMME

- **Peut améliorer des images de mauvaise qualité (contraste : trop sombre/ trop claire, mauvaise répartition des niveaux d'intensité).**

- **But : rendre l'histogramme d'une image aussi plat que possible afin que chaque niveau d'intensité soit, autant que faire se peut, équitablement représenté (et ainsi profiter de toute la dynamique possible).**

- **Moyen : une transformation *f* des niveaux d'intensité qui pour l'intensité *i* d'un pixel donné dans l'image originale va rendre *f(i)* dans l'image que l'on va appeler « égalisée ». (En général, on choisit une fonction *f* en escalier, en déterminant largeur et hauteur de chaque marche de manière à aplanir au mieux l'histogramme.)**

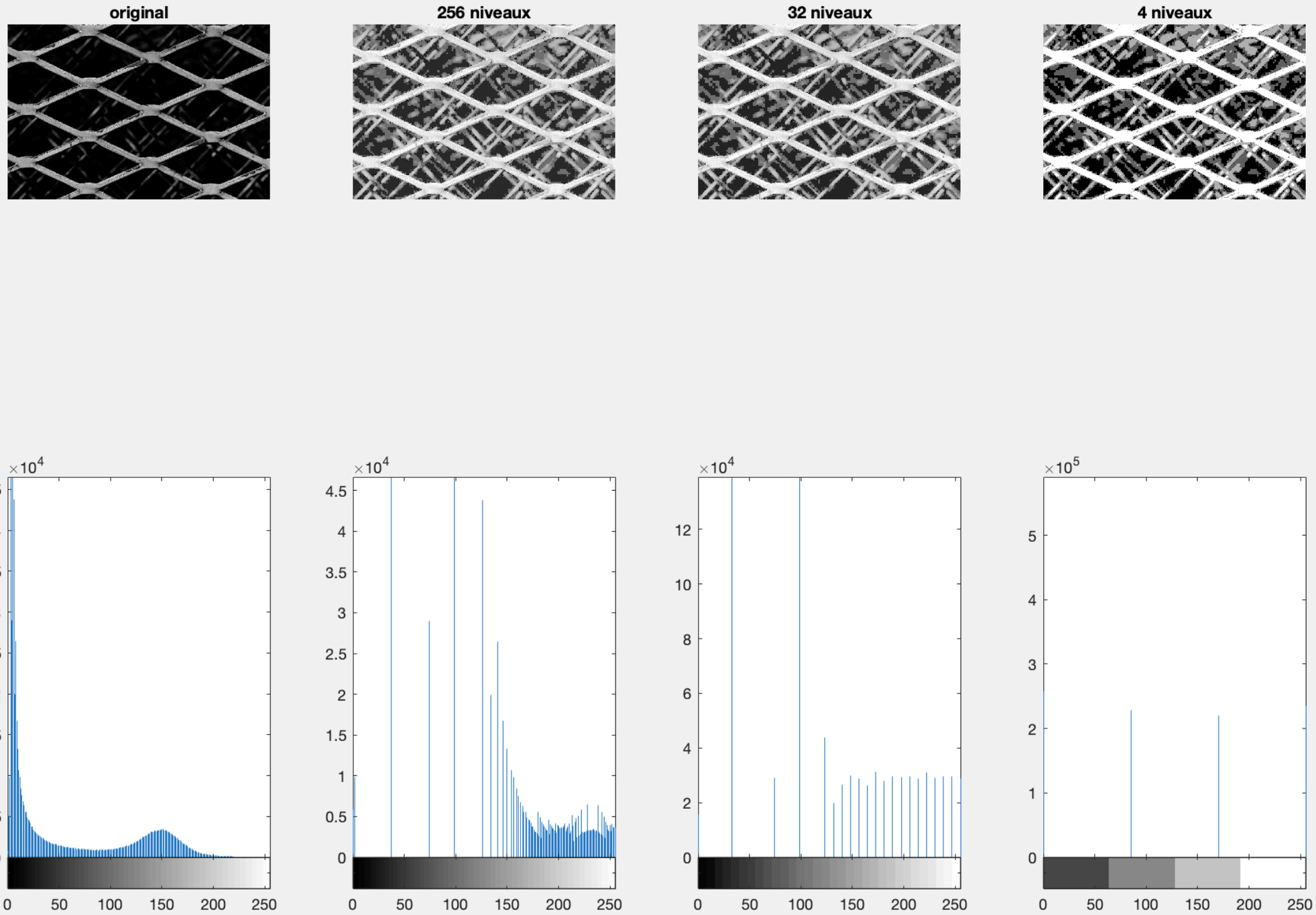
- **Sous Matlab/Octave : instruction HISTEQ**
  >> frog_eq = histeq(frog_int, n) ;
  avec : *n* = nombre de niveaux d'intensité dans l'image égalisée

II. Analyse élémentaire d'images

- **EXERCICE 2 : Égaliser l'histogramme d'une image de votre choix (p.ex. le grillage rouillé en niveaux de gris). Comparer avant et après (images et histogrammes). Égaliser avec moins de niveaux, que se passe-t-il ?…**

```
clear
close all

I=imread('/Users/marcel/Documents/MATLAB/GBM/0-images/grillage.jpeg');
Iint=rgb2gray(I);
figure, subplot(2,4,1), imshow(Iint), title('original')
subplot(2,4,5), imhist(Iint, 256)

n = 256;
Ieq = histeq(Iint, n);
subplot(2,4,2), imshow(Ieq), title('256 niveaux')
subplot(2,4,6), imhist(Ieq, n)

n = 32;
Ieq = histeq(Iint, n);
subplot(2,4,3), imshow(Ieq), title('32 niveaux')
subplot(2,4,7), imhist(Ieq, n)

n = 4;
Ieq = histeq(Iint, n);
subplot(2,4,4), imshow(Ieq), title('4 niveaux')
subplot(2,4,8), imhist(Ieq, n)
```

II. Analyse élémentaire d'images



II. Analyse élémentaire d'images

3- REMARQUE

- **L'histogramme représente une analyse en un seul point !**

  => négligence de toute corrélation entre les points (voisins ou pas)

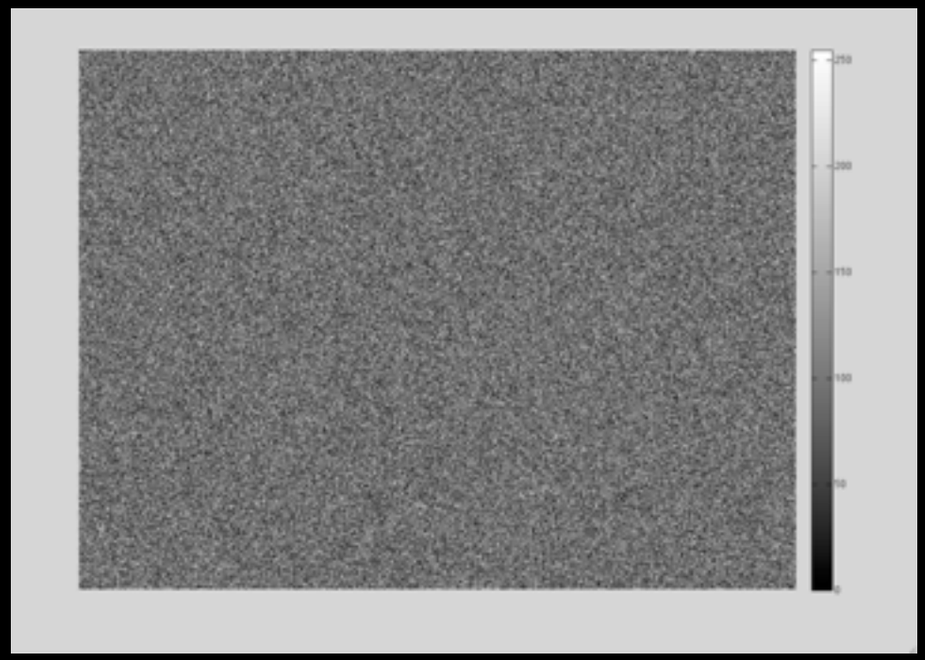
  => pas de notion de forme, de détails, de fréquence spatiale

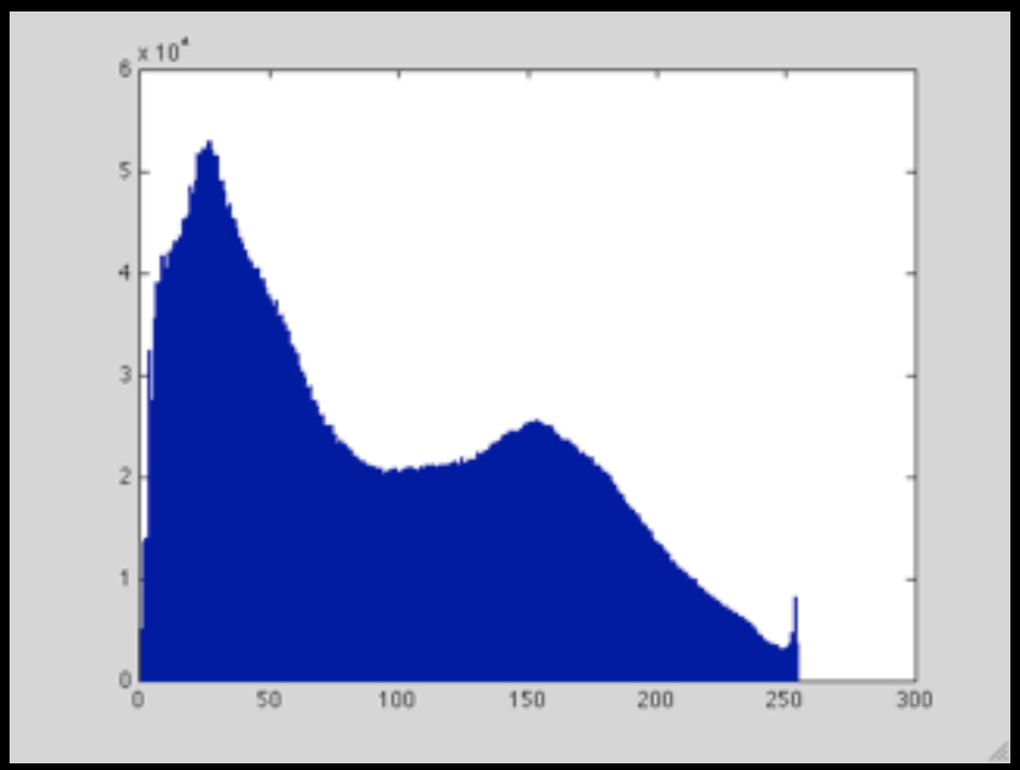
  => on peut redistribuer tous les pixels d'une image, la rendant méconnaissable, complètement différente ou même sans forme notable, sans texture aucune, elle aura toujours le même histogramme.

- **Pour avoir une idée de la texture : analyse en 2 points nécessaire**

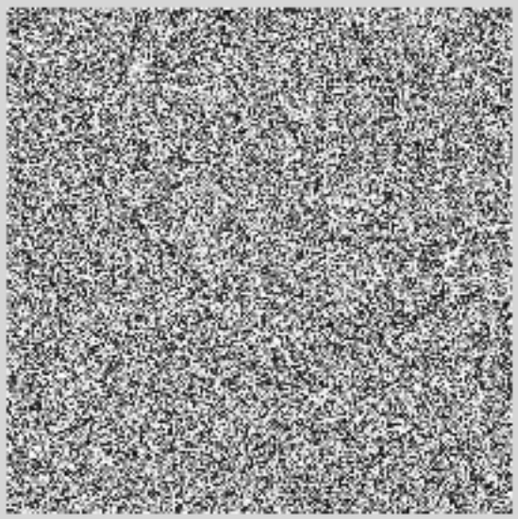
  => densité de probabilité bi-dimensionnelle, i.e. co-occurrence de valeurs en deux points d'une image…

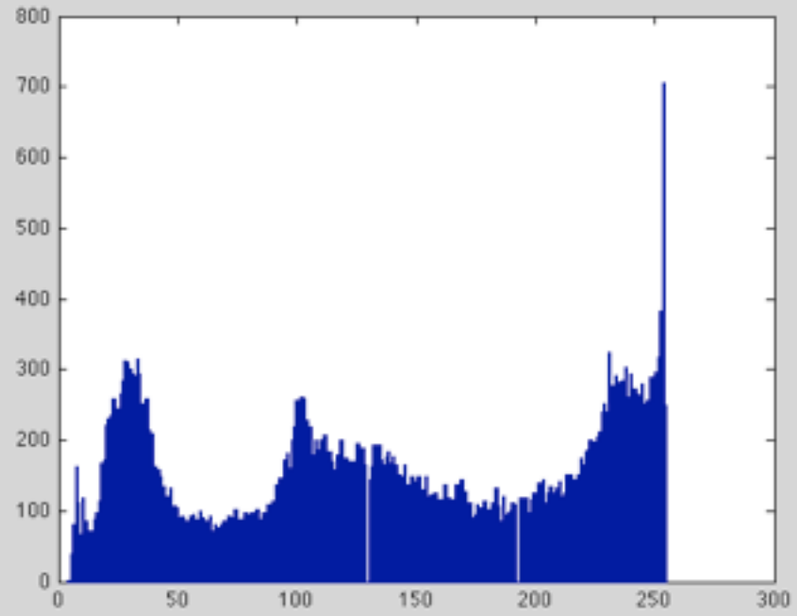
II. Analyse élémentaire d’images

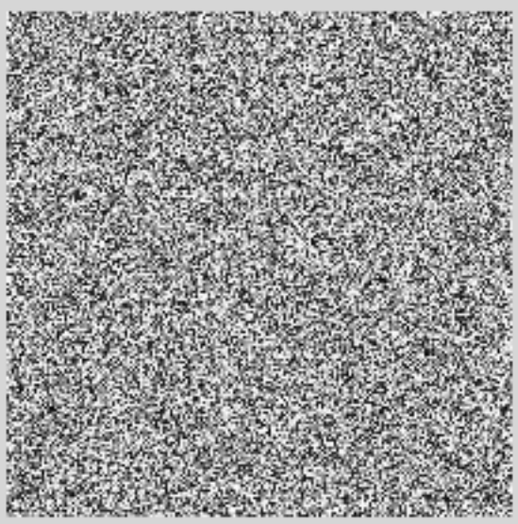




II. Analyse élémentaire d'images



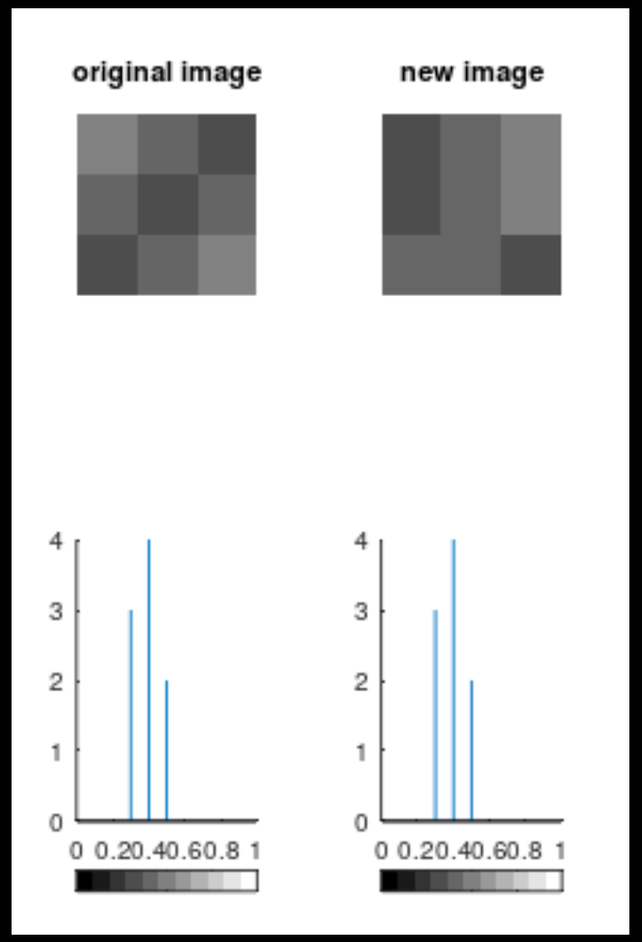




II. Analyse élémentaire d'images

- **EXERCICE 3 : Reprendre l'image *I* du début du chapitre, calculer son histogramme, puis redistribuer les valeurs des pixels dans une nouvelle image (ou même plusieurs). Calculer le nouvel histogramme. Comparer images et histogrammes.**
  (*I = [0.5 0.4 0.3 ; 0.4 0.3 0.4 ; 0.3 0.4 0.5]*)

```
clear
close all

I=[.5 .4 .3 ; .4 .3 .4 ; .3 .4 .5];
figure
subplot(2,4,1), imshow(I), title('original image')
subplot(2,4,5), imhist(I,11)

I2=[.3 .4 .5 ; .3 .4 .5 ; .4 .4 .3];
subplot(2,4,2), imshow(I2), title('new image')
subplot(2,4,6), imhist(I2,11)
```



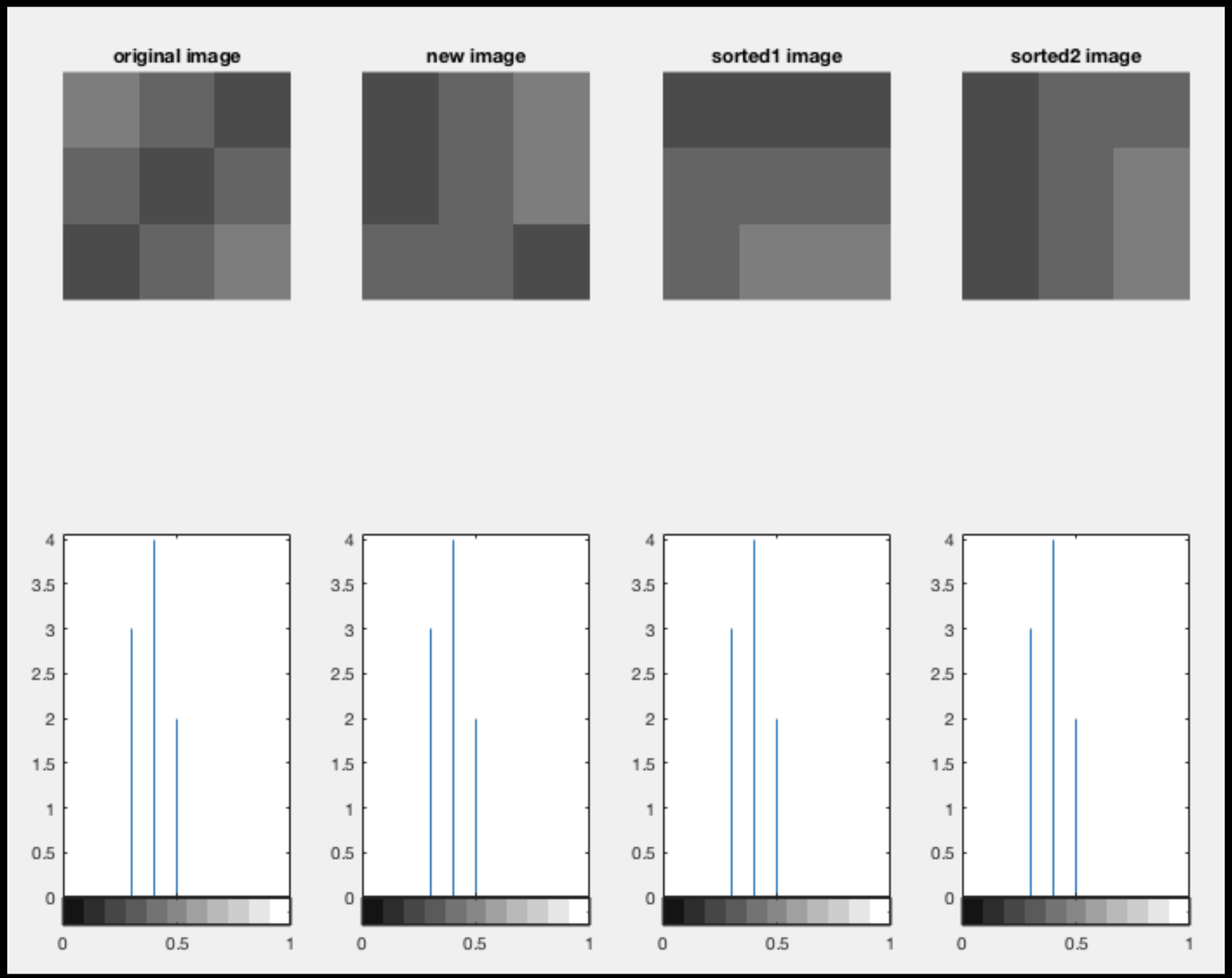
II. Analyse élémentaire d'images

- **EXERCICE 3 (suite) : Trouver une fonction pouvant transcoder l'image et vérifier que l'on a toujours le même histogramme quelque soit la distribution spatiale des pixels.**

plusieurs solutions possibles : sort(sort()), fliplr/flipud, rot90, etc.

```
clear
close all

I=[.5 .4 .3 ; .4 .3 .4 ; .3 .4 .5];
figure
subplot(2,4,1), imshow(I), title('original image')
subplot(2,4,5), imhist(I,11)

I2=[.3 .4 .5 ; .3 .4 .5 ; .4 .4 .3];
subplot(2,4,2), imshow(I2), title('new image')
subplot(2,4,6), imhist(I2,11)

I3=sort(sort(I),2)
subplot(2,4,3), imshow(I3), title('sorted1 image')
subplot(2,4,7), imhist(I3,11)

I4=sort(sort(I,2))
subplot(2,4,4), imshow(I4), title('sorted2 image')
subplot(2,4,8), imhist(I4,11)
```

II. Analyse élémentaire d’images



II. Analyse élémentaire d’images

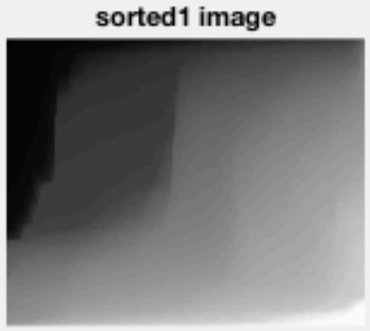
- **EXERCICE 3bis : Appliquer à une image plus complexes (p.ex. la grenouille en niveaux de gris)…**

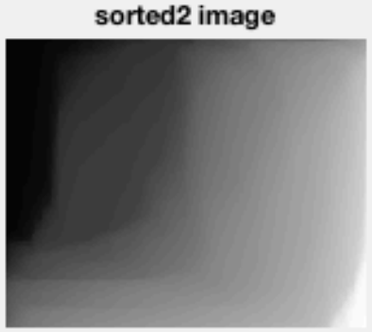
  pour rappel, plusieurs solutions possibles : sort(sort()), fliplr/flipud, rot90, etc.

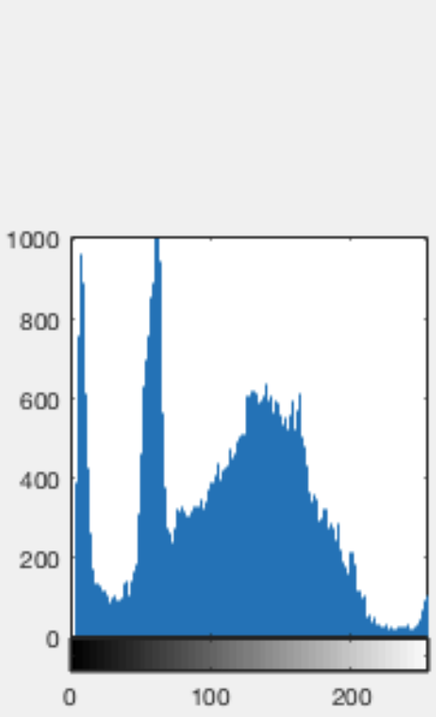
II. Analyse élémentaire d'images

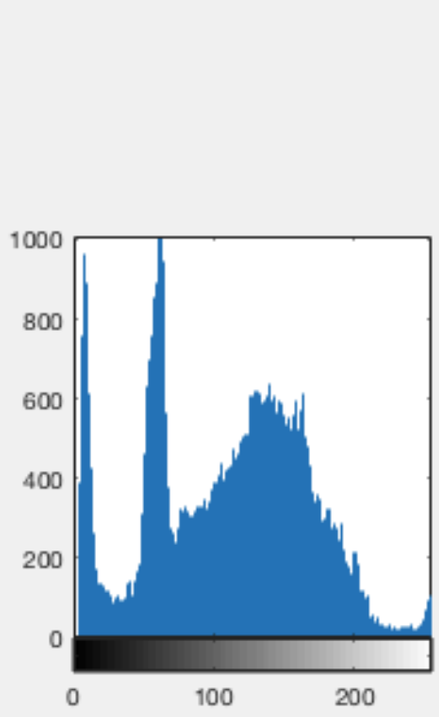
```
clear
close all

frog=imread('/Users/marcel/Documents/MATLAB/0-images/frog.jpg');
frog=rgb2gray(frog);

whos frog

figure(1)
subplot(2,3,1), imshow(frog), title('original image')
subplot(2,3,4), imhist(frog,256)

frog1=sort(sort(frog),2);
subplot(2,3,2), imshow(frog1), title('sorted1 image')
subplot(2,3,5), imhist(frog1,256)

frog2=sort(sort(frog,2));
subplot(2,3,3), imshow(frog2), title('sorted2 image')
subplot(2,3,6), imhist(frog2,256)

figure(2)
frog3=rot90(frog);
subplot(2,3,1), imshow(frog3), title('rot90(frog)')
subplot(2,3,4), imhist(frog3,256)

frog4=fliplr(frog);
subplot(2,3,2), imshow(frog4), title('fliplr(frog)')
subplot(2,3,5), imhist(frog4,256)

frog5=flipud(frog);
subplot(2,3,3), imshow(frog5), title('flipud(frog)')
subplot(2,3,6), imhist(frog3,256)
```

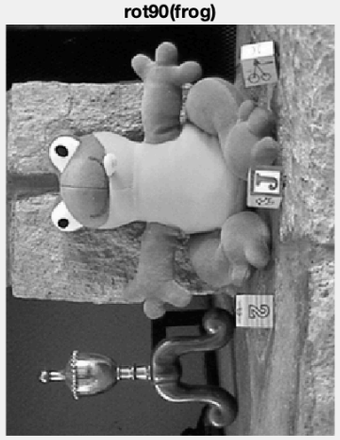
II. Analyse élémentaire d'images

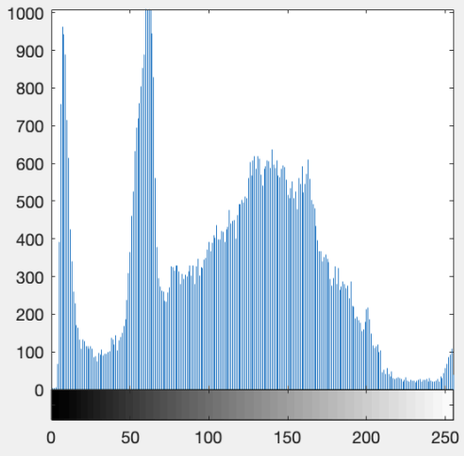


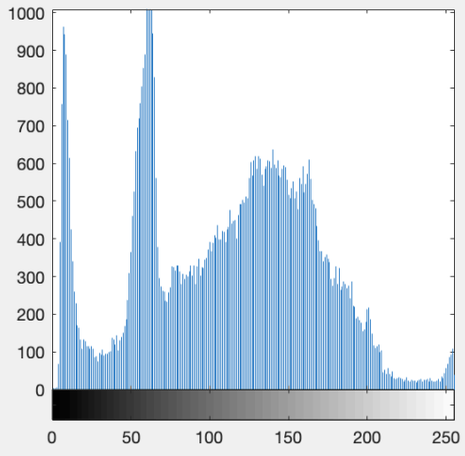


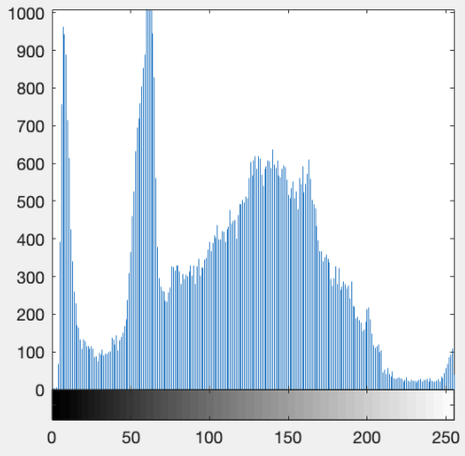












II. Analyse élémentaire d'images

4- COUPE D'UNE IMAGE

- **Afficher une image, lancer *IMPROFILE*, un click pour le 1er point, deux clicks pour le 2me. (Pas encore implémenté sous Octave…)**

- **En alternative : *PLOT* (p.ex. : >> *plot(frog_int(:,20))* —> plot de la col. n. 20)**

II. Analyse élémentaire d'images

5- AMÉLIORATION DU CONTRASTE

- ***IMADJUST*** **: sature 1% des basses et hautes intensités et fait en sorte d'utiliser toute la dynamique disponible, en redistribuant les intensités pour utiliser toute la gamme de représentation permise (par uint8 par ex.).**
  >> I_adj = imadjust(I)

- **On peut aussi choisir la gamme de valeurs d'intensité sur laquelle agir :**
  >> I_adj2 = imadjust(I, [0, 0.5], [])
  (« *[0, 0.5]* » correspondant à [0, moitié des niveaux possibles], par ex.)

II. Analyse élémentaire d'images

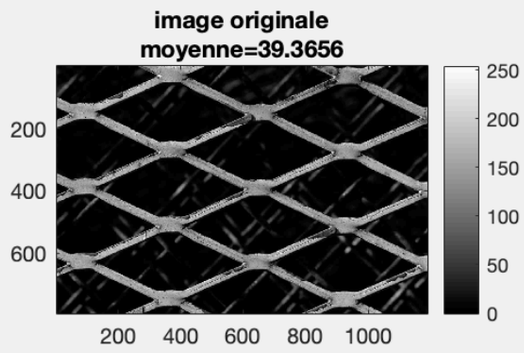
- **EXERCICE 4 : Reprendre l'image du grillages et comparer le résultat de l'égalisation d'histogramme (sur 256 niveaux) à celui d'IMADJUST. Calculer et afficher la valeur moyenne de chaque image et comparer image, histogramme et valeur moyenne de l'image.**

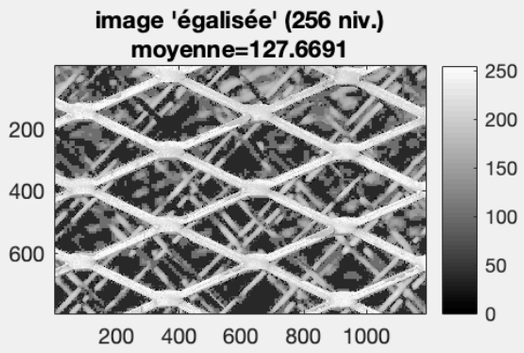
- **EXERCICE 4bis : Toujours en utilisant IMADJUST, adapter la gamme à la première bosse de l'histogramme (celle correspondant aux valeurs de l'intensité entre 0 et 20/255). Que se passe-t-il ?**

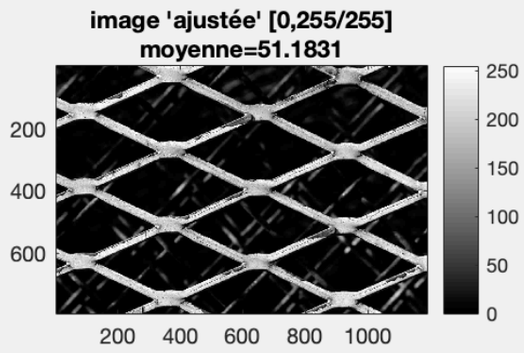
II. Analyse élémentaire d'images

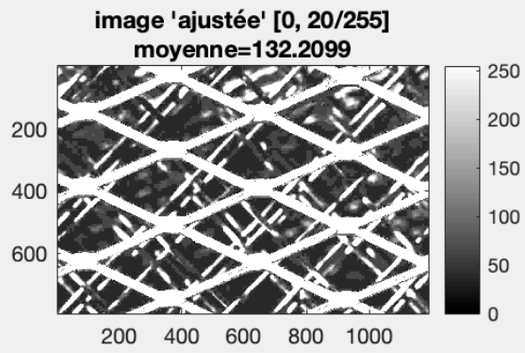
```
clear
close all

% original image
I=imread('/Users/marcel/Documents/MATLAB/0-images/grillage.jpeg');
I_int=rgb2gray(I);
mean_int = mean(mean(I_int));

figure(1)
subplot(2,4,1), imagesc(I_int), colormap(gray), colorbar, axis('image')
title({'image originale' ; ['mean=',num2str(mean_int)]})
subplot(2,4,5), imhist(I_int, 256), axis('square')

% equalized image (256)
I_eq = histeq(I_int, 256);
mean_eq = mean(mean(I_eq));

subplot(2,4,2), imagesc(I_eq), colormap(gray), colorbar, axis('image')
title({'image ''égalisée'' (256 niv.)' ; ['mean=',num2str(mean_eq)]})
subplot(2,4,6), imhist(I_eq, 256), axis('square')

% "adjusted" image
I_adj = imadjust(I_int);
mean_adj = mean(mean(I_adj));

subplot(2,4,3), imagesc(I_adj), colormap(gray), colorbar, axis('image')
title({'image ''ajustée'' [0,255/255]' ; ['mean=',num2str(mean_adj)]})
subplot(2,4,7), imhist(I_adj, 256), axis('square')

% "adjusted" image with selected input range to adjust
I_adj2 = imadjust(I_int, [0., 20./255], []);
mean_adj2 = mean(mean(I_adj2));

subplot(2,4,4), imagesc(I_adj2), colormap(gray), colorbar, axis('image')
title({'image ''ajustée'' [0, 20/255]' ; ['mean=',num2str(mean_adj2)]})

subplot(2,4,8), imhist(I_adj2, 256), axis('square')
```

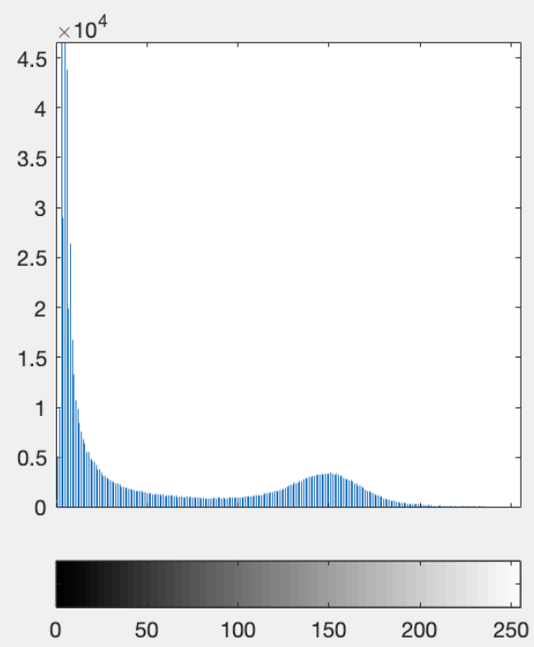
II. Analyse élémentaire d’images

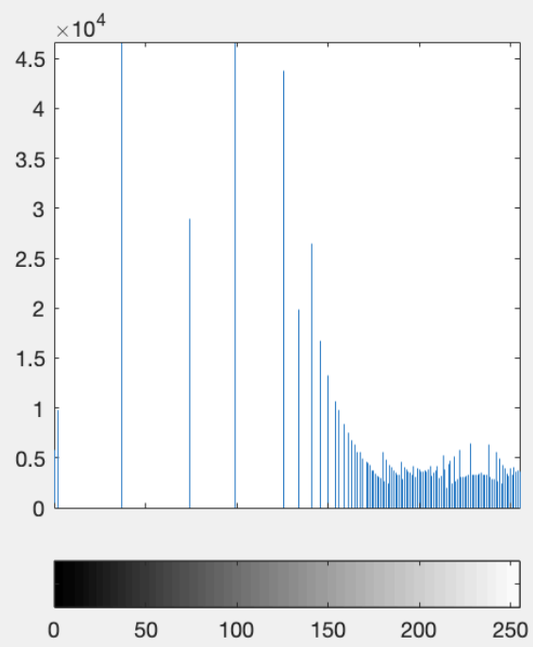


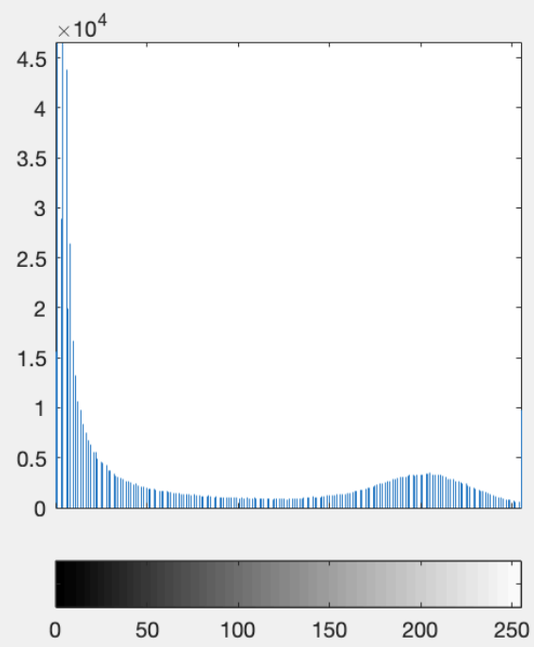


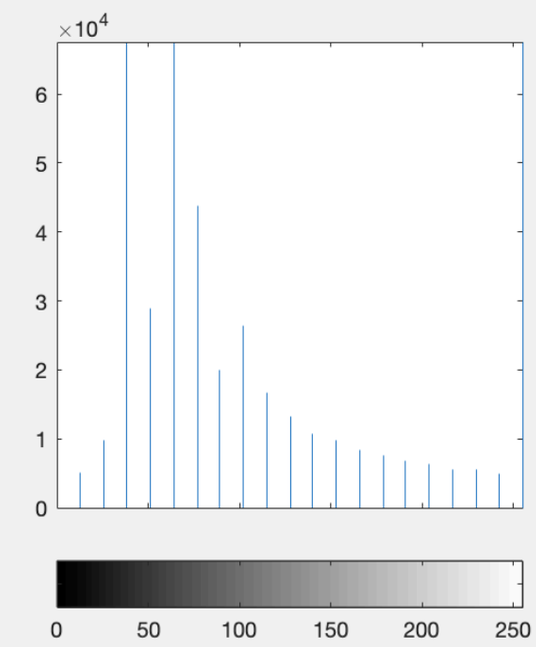








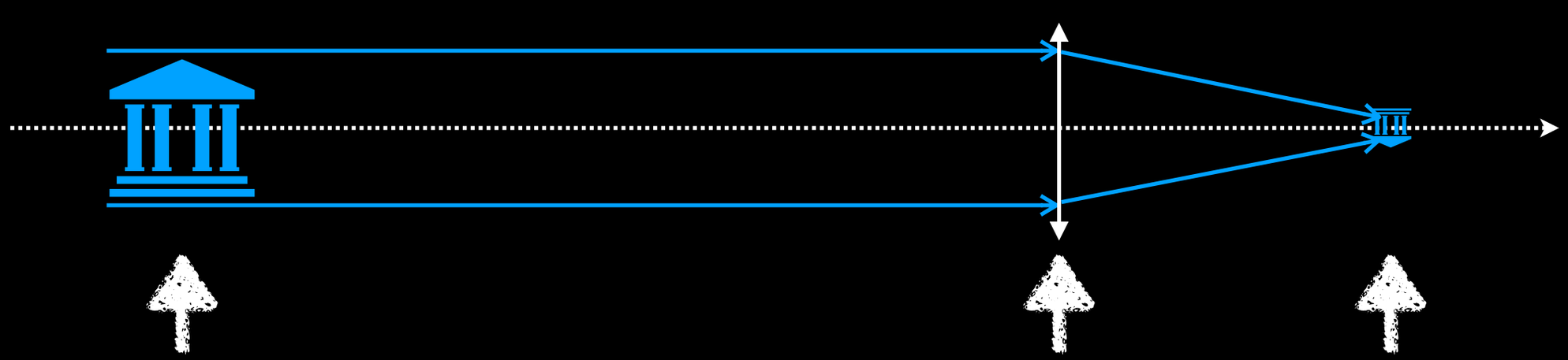




II. Analyse élémentaire d'images

6- AU FAIT, QU'EST-CE QU'UNE IMAGE ?…

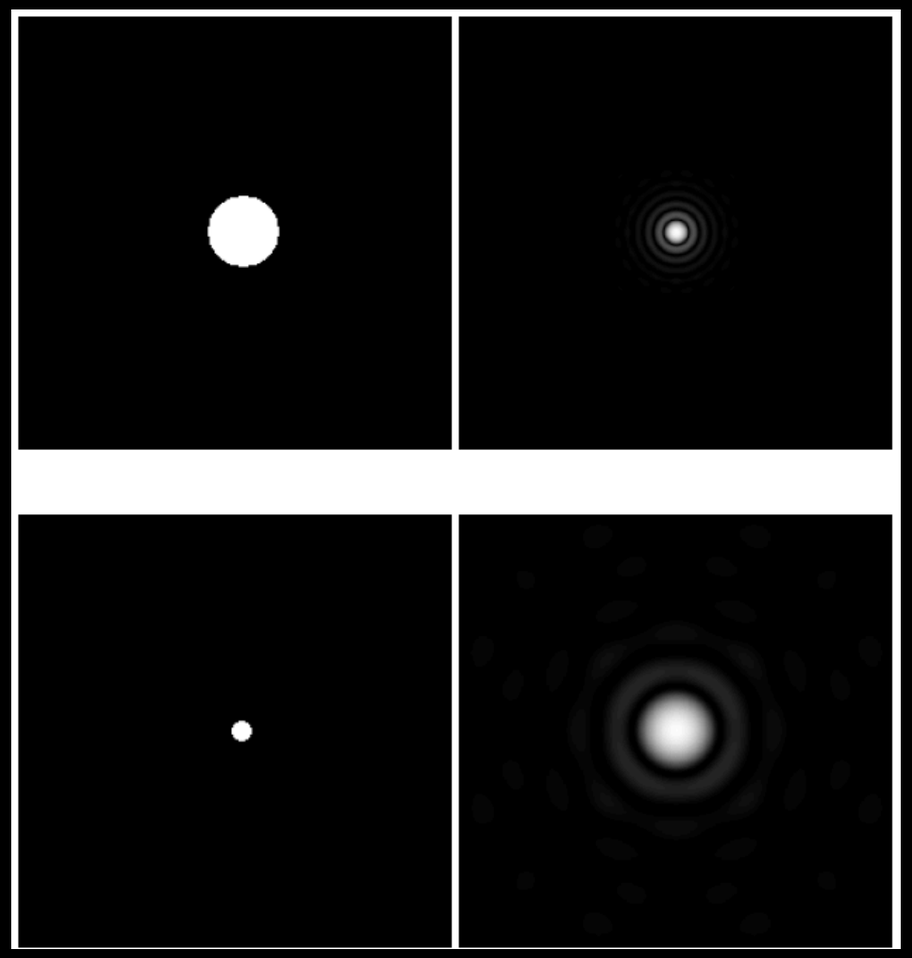
- **<u>Formation d'une image (optique)</u> :**



L'image vue (=détectée) au foyer est l'image d'un point convoluée par l'objet.

II. Analyse élémentaire d'images

Or : l'image d'un point est une « tache d'Airy », dont le cœur est de largeur à mi-hauteur ~λf/D (ou ~λ/D en unités angulaires), avec λ la longueur d'onde.



=> plus D est grand, plus la résolution dans l'image (inversement proportionnelle à λ/D) sera importante (pour une longueur d'onde λ donnée).

II. Analyse élémentaire d'images

- **<u>Détection</u> :**

  L'image précédente est ensuite détectée par un… détecteur, par exemple la matrice CCD (ou CMOS, ou EMCCD, ou autre technologie) qui équipe votre smartphone ou n'importe quel appareil « imageur » plus sophistiqué. Et cette détection est assujettie à plusieurs bruits…

- Le <u>bruit de photons</u> (ou *photon noise*, ou *shot noise*) qui suit une distribution de Poisson :

p(n) = probabilité de détecter n photons quand N sont attendus

$$p(n) = \frac{N^n \, e^{-N}}{n!}, \text{ avec } : \sigma^2 = N$$

sous Matlab/Octave :

>> image_phot = imnoise(image_int, 'poisson') ;

II. Analyse élémentaire d'images

- **Le <u>bruit de lecture</u> (ou *read-out noise*, *RON*) qui est un bruit ADDITIF caractérisé par une distribution de Gauss (ou 'normale') de moyenne nulle et d'écart-type σ_e :**

$$p(x) = \frac{1}{\sigma_e \sqrt{2\pi}} \, e^{-\frac{x^2}{2\sigma_e^2}}$$

sous Matlab/Octave :

>> image_ron = imnoise(image_double, 'gaussian', 0.0, 0.01) ;

image en double précision entre 0 et 1

moyenne

variance relative

II. Analyse élémentaire d'images

- **Entre les deux (dans la même chaîne d'acquisition d'images), apparaissent d'<u>autres bruits électroniques</u> :**

  • pixels « chauds » et « froids » sur le CCD => bruits de type « poivre et sel »

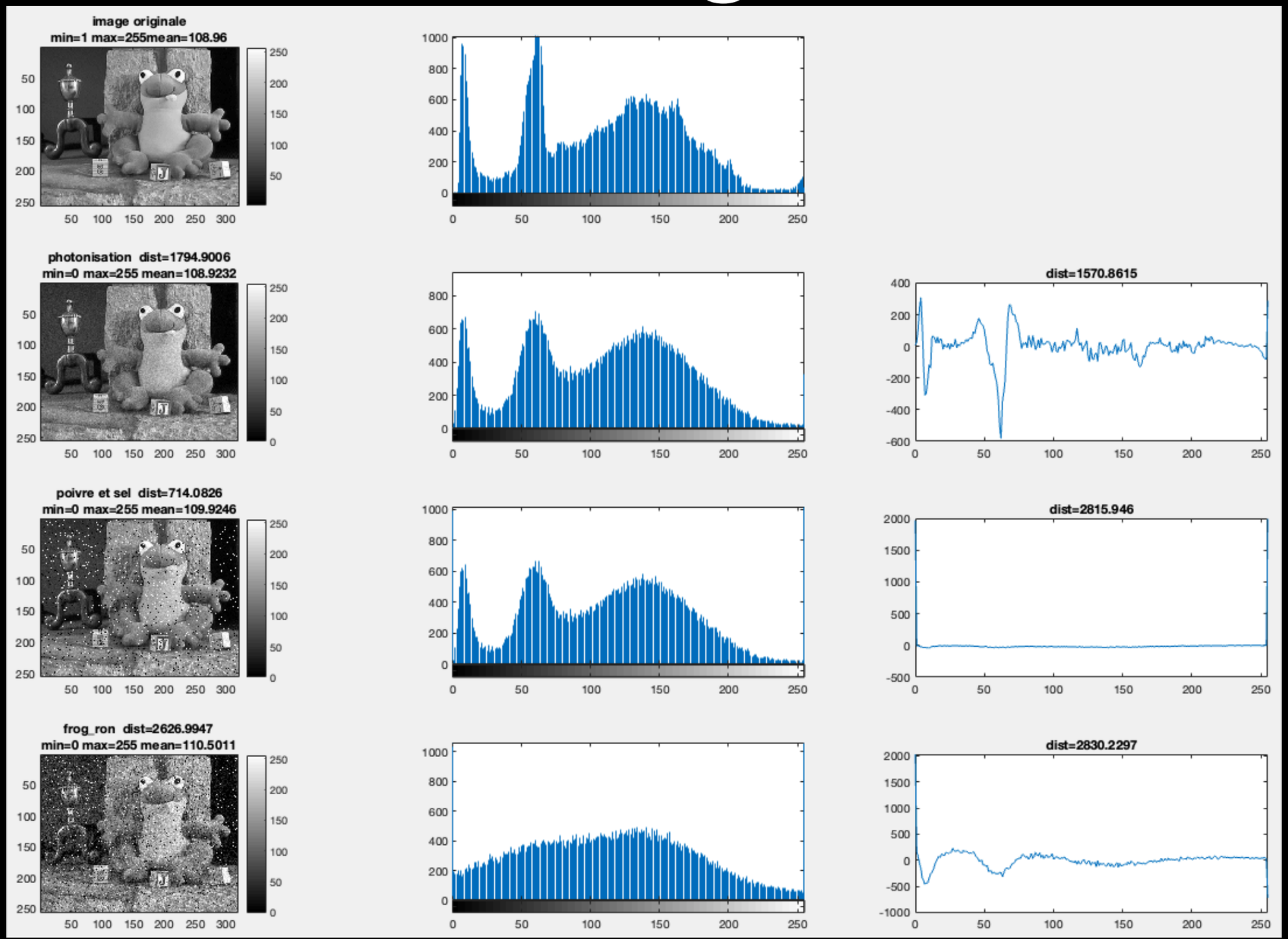
  sous Matlab/Octave :
  >> image_snp = imnoise(image_int, 'salt & pepper', d)
  [ATTENTION : 'salt and pepper' sous certaines versions d'Octave…]

  densité de bruit
  (*ratio* de pixels affectés)

• bruit de courant d'obscurité, bruits spécifiques à des détecteurs « exotiques » ou des applications très pointues, etc.

• « bruits périodiques » (par.ex. tramage dû à un scan ou une compression jpeg trop forte) => en fait plutôt un BIAIS qu'un véritable bruit (pas aléatoire).

II. Analyse élémentaire d’images



II. Analyse élémentaire d'images

- **Il faut enfin considérer le problème de l'échantillonnage de l'image par le détecteur, échantillonnage qui doit respecter le critère de SHANNON (ou Nyquist). Ici : taille du pixel ≤ 1/2 λ/D (en unités angulaires), mais aussi ne pas être trop petit afin d'être moins sensible aux bruits (et ne pas être obligé d'intégrer trop longtemps => problème de bougé/floutage).**

=> recherche de compromis entre résolution angulaire (=spatiale), résolution temporelle et bruits — pour un appareil/instrument donné.

II. Analyse élémentaire d’images

- **Également : quantification, due à la conversion analogique-digitale (*Analog-to-Digital Conversion*, ou *ADC*) qui implique que les unités d’intensité mesurée deviennent donc en toute rigueur des *ADU* (*Analog-to-Digital Units*).**

- ***In fine* : le rendement quantique *qe* (pour *quantum efficiency*) du détecteur dépend de la longueur d’onde…**