

Chapitre 2

Notions Théoriques de Prétraitement d'Images

2.1. Introduction

La vision artificielle a pour but de reproduire certaines fonctionnalités de la vision humaine au travers de l'analyse d'images. C'est un problème difficile en raison du fait que l'information disponible des images 2D fournies par des capteurs (caméra CCD ou autres ...), correspond à une projection du monde 3D. La projection 3D-2D entraîne une perte d'informations importante, de plus l'information disponible n'est pas parfaite (numérisation des capteurs, déformation des objectifs, bruitages, conditions extrêmes d'éclairage: environnement trop sombre ou trop clair).

2.2. Chaîne d'Analyse d'Image

La figure 2.1 montre où intervient le traitement d'images dans la chaîne d'analyse et de visualisation d'images. Cette chaîne comporte trois étapes :

1. **Acquisition** : construction d'une image à partir de capteurs (camera CCD, radar, interférométrie, spectroscopie, IRM, scanner, . . .)
2. **Traitement** : modifications spatiales ou fréquentielles de l'image (dynamique, filtrage, rehaussement, compression, . . .)
3. **Analyse** : extraction des différents objets contenus dans l'image par segmentation.

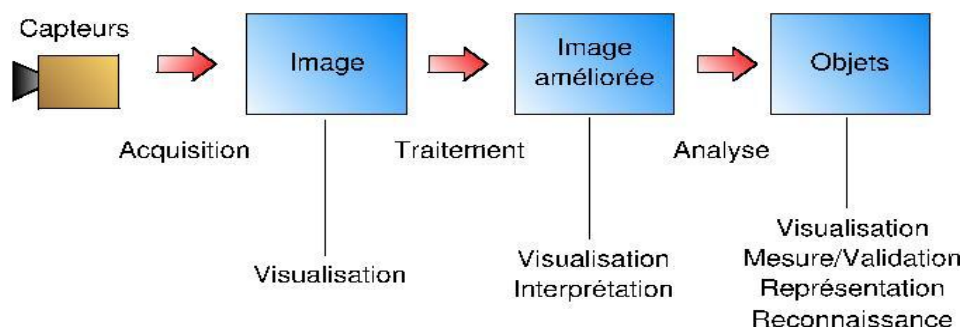


Fig. 2.1 - Chaîne d'analyse d'images.

2.3. Sources de Bruits

Améliorer la qualité d'une image numérique nécessite avant toute chose la connaissance des phénomènes perturbateurs. Il s'agira ensuite soit de les éviter, soit de mieux les combattre. Les sources de dégradations sont nombreuses puisqu'elles prennent place à tous les niveaux de la chaîne de production d'une image numérique.

2.3.1. Capteur Utilisé

La mauvaise qualité du capteur rentre dans les critères de dégradations principaux. Il peut introduire toute forme de bruits : distorsions géométriques ou d'intensités.

2.3.2. Contexte d'Acquisition

Un flou, bougé ou une altération lumineuse est très souvent lié aux évènements imprévisibles modifiant les conditions d'acquisition de l'image.

2.3.3. Nature de la Scène

Parfois la nature même de la scène est source de perturbations. En médecine par exemple, les tissus ou masses grasses lors d'une échographie sont sources d'artefacts. Les conditions climatiques (nuage, brouillard), réflexions ou poussières sont toutes des formes ou sources de bruits.

2.3.4. Echantillonnage

L'échantillonnage spatial peut engendrer des dégradations de la qualité des images numériques. En dépit des grandes précisions, l'échelle d'échantillonnage s'avère souvent trop faible. En parallèle à cela, on rencontre à ce niveau un phénomène bien connu : le bruit poivre et sel (ou bruit impulsif). Des pixels deviennent alors aléatoirement soit noirs, soit blancs. Ce bruit apparaît lorsqu'un objet est d'une taille inférieure ou égale à celle d'un pixel ou lorsqu'une texture présente des caractéristiques trop fines pour le pas d'échantillonnage. Ce type de phénomène est donc lié au respect des conditions de Nyquist-Shannon.

2.3.5. Quantification

Le spectre des intensités lumineuses étant généralement quantifié sur 256 niveaux (8 bits), très peu de bruit intervient lors de cette opération. L'échelle est en effet largement suffisante vis à vis de la capacité de l'œil humain.

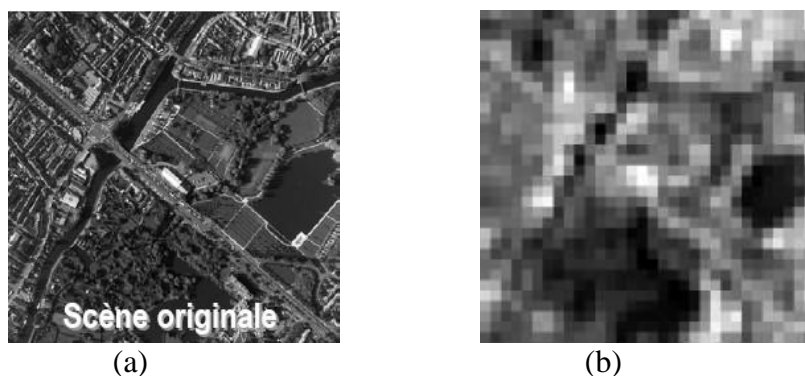


Fig. 2.2 – Image bruitée en (b) issue d'une chaîne de dégradation des image satellites.

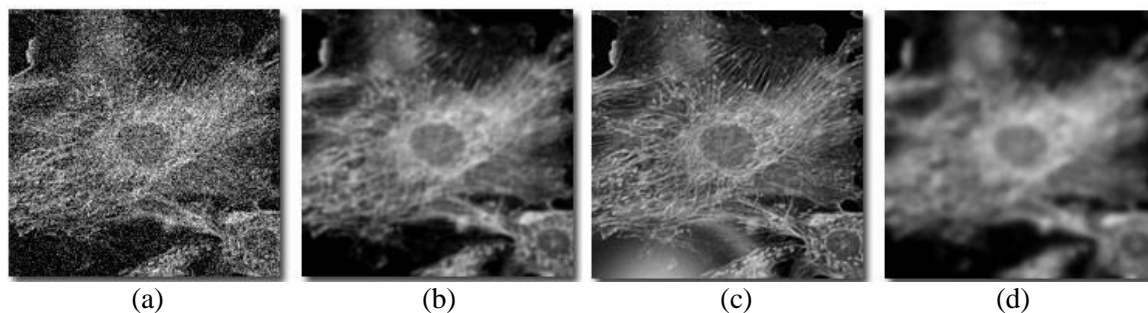


Fig. 2.3 – Exemple de dégradations des images en microscopie. (a) Bruit. (b) Diffusion. (c) Eblouissement. (d) Flou.

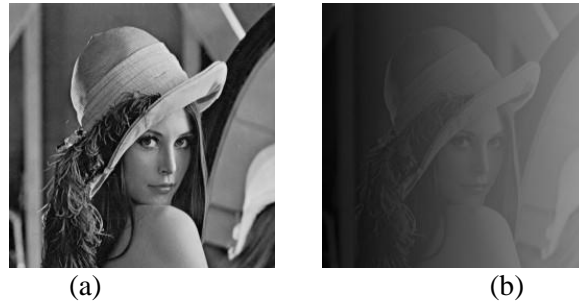


Fig. 2.4 – Alteration lumineuse. (a) Image vraie. (b) Image sous-illuminée [6].

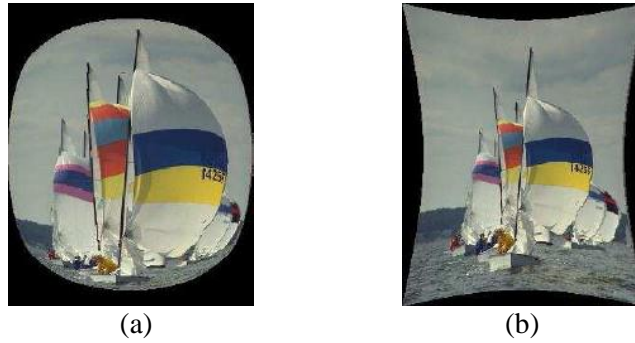


Fig. 2.5 – Distorsions géométriques radiales. (a) Barillet. (b) Coussinet.

2.4. Mesure du Bruit

En traitement d'image, le rapport signal à bruit, SNR (en anglais Signal-to-Noise Ratio) est utilisé pour estimer la qualité d'une image \mathbf{I}_2 par rapport à une image de référence \mathbf{I}_1 .

$$SNR (\mathbf{I}_1/\mathbf{I}_2) = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{\sigma^2(\mathbf{I}_1)}{\sigma^2(\mathbf{I}_1 - \mathbf{I}_2)} \right] \quad (2.1)$$

où σ est la variance. Lorsque le SNR est supérieur à 20, l'image \mathbf{I}_2 est de bonne qualité, lorsqu'il est inférieur à 10, \mathbf{I}_2 est de mauvaise qualité.

D'autres mesures utiles concernent l'estimation quantitative d'une méthode de suppression de bruit quand on connaît l'image originale. Les plus utilisées sont l'amélioration sur le rapport signal à bruit, ISNR (en anglais Improvement in Signal-to-Noise Ratio), l'erreur quadratique moyenne, MSE (en anglais Mean Squared Error), le pic du rapport signal à bruit, PSNR (en anglais Peak Signal-to-Noise Ratio) et l'erreur absolue moyenne MAE (en anglais Mean Absolute Error), définis respectivement par:

$$ISNR = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [\mathbf{X}(i, j) - \mathbf{Y}(i, j)]^2}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [\mathbf{X}(i, j) - \hat{\mathbf{X}}(i, j)]^2} \right] \quad (2.2)$$

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \left[\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [\mathbf{X}(i, j) - \hat{\mathbf{X}}(i, j)]^2 \right] \quad (2.3)$$

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{MAX_p^2}{MSE} \right] \quad (2.4)$$

$$MAE = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |\mathbf{X}(i, j) - \hat{\mathbf{X}}(i, j)| \quad (2.5)$$

où \mathbf{X} , \mathbf{Y} et $\hat{\mathbf{X}}$ représentent l'image originale de taille $M \times N$., l'image dégradée et l'image débruitée respectivement. MAX_p est l'intensité maximale des niveaux de gris.

2.5. Modèles de Bruits

Dans ce qui suit, nous nous contenterons de rappeler les modèles utilisés fréquemment, en particulier le bruit impulsionnel et gaussien.

2.5.1. Bruit Impulsionnel

2.5.1.1. Définition

Le bruit impulsionnel, est souvent dû à des erreurs de transmissions de données, à la défaillance d'un capteur ou bien à la présence de particules sur le capteur. Ce bruit se caractérise par l'apparition aléatoire de pixels blancs (sel) ou noirs (poivre) ou blancs et noirs (sel et poivre) sur l'image en sortie.

Un bruit sel et poivre d'ordre n est obtenu en ajoutant n pixels blancs et noirs aléatoirement dans une image. On le caractérise souvent par le pourcentage de pixels remplacés.

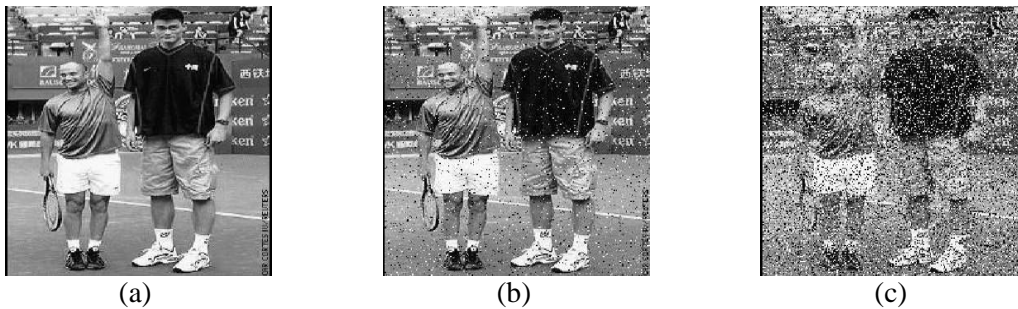


Fig. 2.6 – Pourcentage du bruit sel et poivre. (a) Image originale. (b) 5%. (c) 30%.

2.5.1.2 Loi de Distribution du Bruit Sel et Poivre

Soit \mathbf{X} une image de taille $(M \times N)$, et X_{ij} est l'intensité de l'image au pixel (i, j) telle que $[X_{\min}, X_{\max}]$ représente la dynamique de l'image, c.à.d. $X_{\min} \leq X_{ij} \leq X_{\max}$. L'intensité Y_{ij} , de l'observation bruitée \mathbf{Y} de \mathbf{X} , à la position (i, j) , est exprimée par:

$$Y_{ij} = \begin{cases} X_{\min}, & \text{(poivre) avec probabilité } p \\ X_{\max}, & \text{(sel) avec probabilité } q \\ X_{ij}, & \text{avec probabilité } 1 - p - q \end{cases} \quad (2.6)$$

Le niveau du bruit est défini par la relation

$$r = p + q \quad (2.7)$$

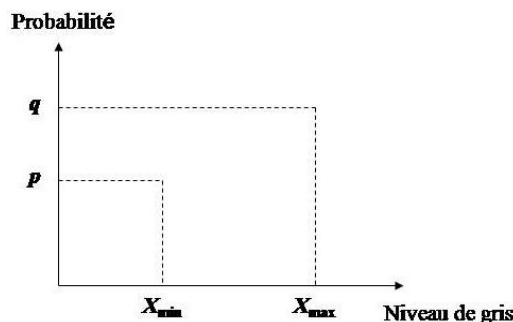


Fig. 2.7 – Densité de probabilité du modèle de bruit sel et poivre.

2.5.2. Bruit Blanc Gaussien

2.5.2.1. Définition

La notion de bruit blanc provient du fait, qu'à l'instar de la lumière blanche, les bruits de ce type sont composés de toutes les fréquences. Le bruit Gaussien se traduit par l'ajout d'un grain à l'image. Ce dernier détériore les contours et les détails les moins marqués de l'image.

2.5.2.2. Loi de Distribution du Bruit Gaussien

Le bruit Gaussien est obtenu en ajoutant à chaque pixel une valeur aléatoire suivant une loi de probabilité gaussienne.

$$P_{\sigma, \mu}(s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(s-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.8)$$

où σ est la variance et μ est la moyenne.

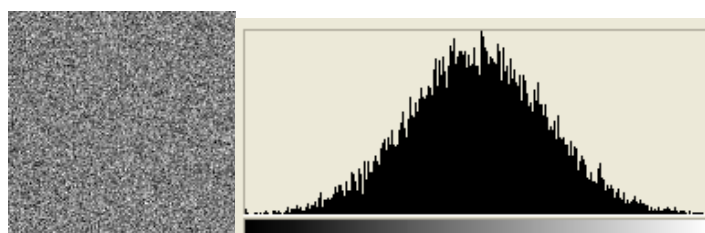


Fig. 2.8 – Distribution d'un bruit blanc gaussien.

Dans le cas d'une moyenne nulle, on parle de bruit blanc gaussien centré.

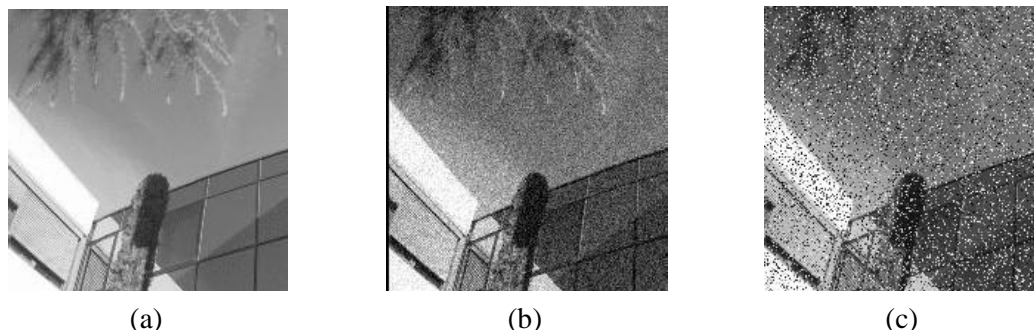


Fig. 2.9 – Quelques modèles de dégradation. (a) Image originale. (b) Bruit gaussien additif. (c) Bruit sel et poivre additif.

2.6. Définitions

Soit \mathbf{X} une image de taille $\mathbf{M} \times \mathbf{N}$ telle que $\mathbf{X}(i, j) = X_k$, est l'intensité (ou couleur) de l'image à la position (i, j) , et $X_k \in [X_0, X_{L-1}]$, $k = 0, 1, \dots, L-1$.

2.6.1. Dynamique

On appelle dynamique de l'image l'intervalle $[X_0, X_{L-1}]$ des niveaux de gris (ou couleurs).

2.6.2. Histogramme

L'histogramme représente la distribution des niveaux de gris (ou de couleurs) dans une image.

$$p(X_k) = \frac{n_k}{n_t} \quad k = 0, 1, \dots, L-1 \quad (2.9)$$

où n_k représente le nombre d'occurrence du niveau de gris X_k , n_t est le nombre total des échantillons de l'image et L est le nombre total des niveaux de gris.

$p(X_k)$ est une estimation de la probabilité d'occurrence du niveau de gris X_k . La représentation de la densité de probabilité $p(X_k)$ pour tout X_k ou n_k en fonction de X_k fournit une description globale de l'apparence de l'image.

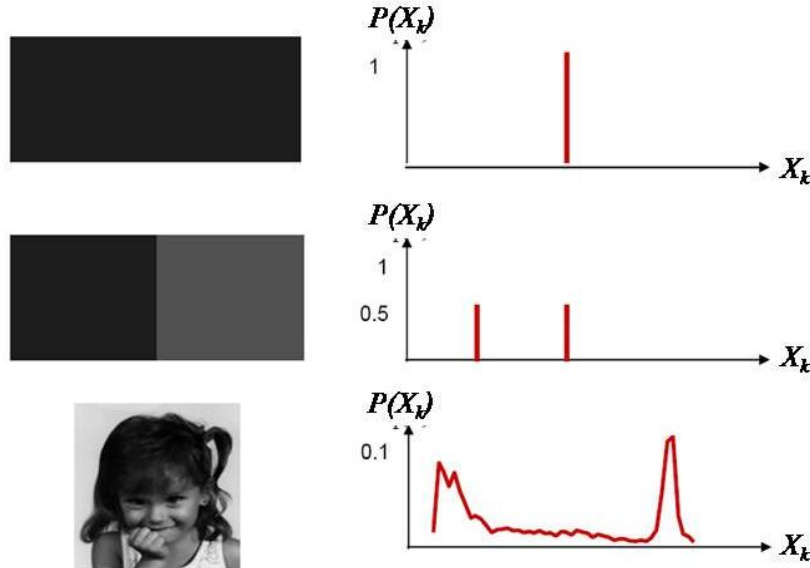


Fig. 2.10 - Représentation de l'histogramme d'une image.

2.6.3. Luminance

La luminance \mathbf{B} (ou brillance) est définie comme la moyenne de tous les pixels de l'image.

$$\mathbf{B} = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \mathbf{X}(i, j) \quad (2.10)$$

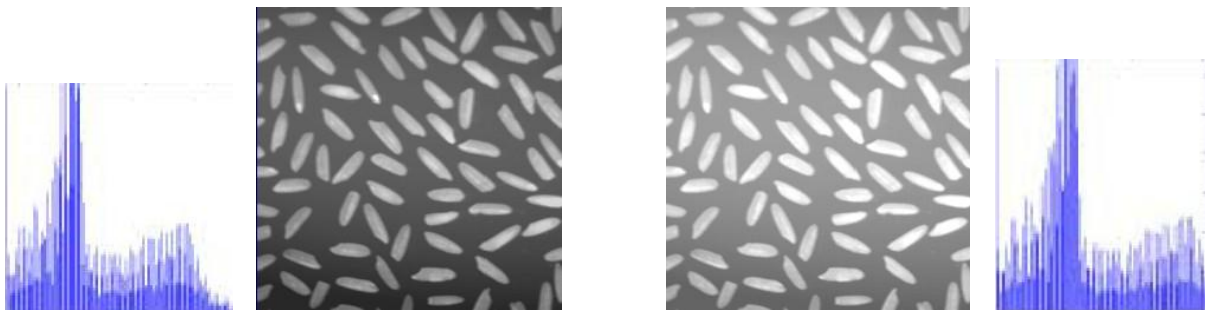


Fig. 2.11 - Les deux images ci-dessus diffèrent par la luminance.

2.6.4. Contraste

Le contraste C peut être définie de plusieurs façons:

- Ecart type des variations des niveaux de gris:

$$C = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (\mathbf{X}(i, j) - \mathbf{B})^2} \quad (2.11)$$

- Variations entre niveaux de gris minimum et maximum:

$$C = \frac{X_{L-1} - X_0}{X_{L-1} + X_0} \quad (2.12)$$

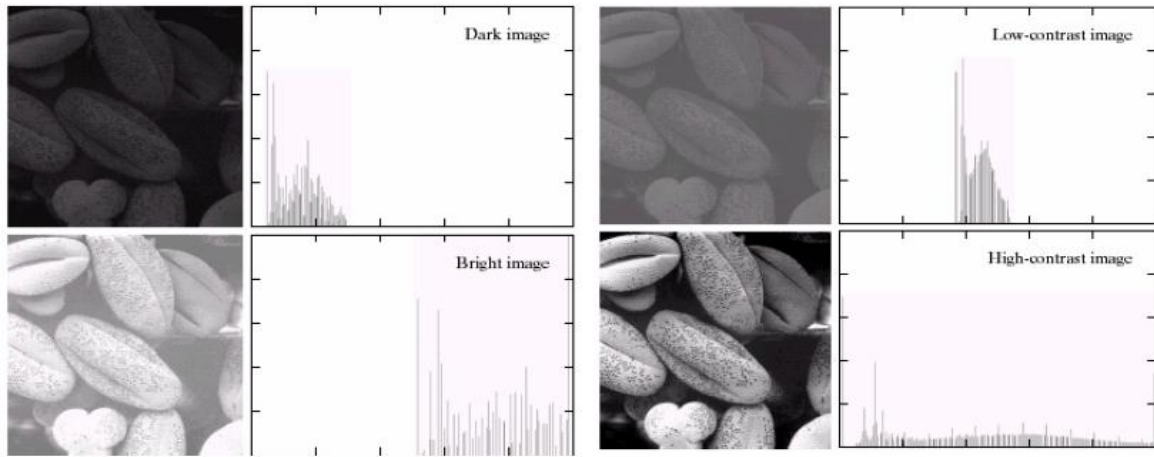


Fig. 2.12 - Exemples de contrastes d'une image.