
CES PAGES SONT DESTINÉES À FACILITER LA PRISE DE NOTES. ELLES SONT PRODUITES AUTOMATIQUEMENT À PARTIR DU SOURCE L^AT_EX/BEAMER DU DIAPORAMA SERVANT DE SUPPORT DE COURS. LA PRÉSENTATION ET LA MISE EN PAGE SONT PAR CONSÉQUENT APPROXIMATIVES.

Partie B — thème 1

Transformations d'image : définitions générales

Transformations ponctuelles

1 Définitions générales

1.1 Exemple de transformations

- traitement combinant différents types de transformations
- utilisation de I_2 pour remplacer un élément de I_1 (un tableau au mur)



- préparation du « nouveau tableau »



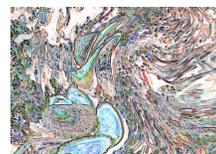
changement de la couleur de chaque pixel



déformation sur un voisinage

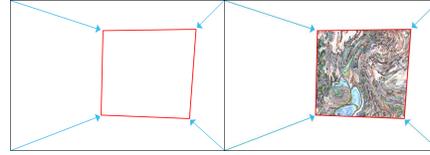


détection de contours





déformation géométrique du domaine de l'image



— combinaison d'images



— correction d'éclairage : température de couleur, clarté, reflet...



1.2 Typologie des transformations

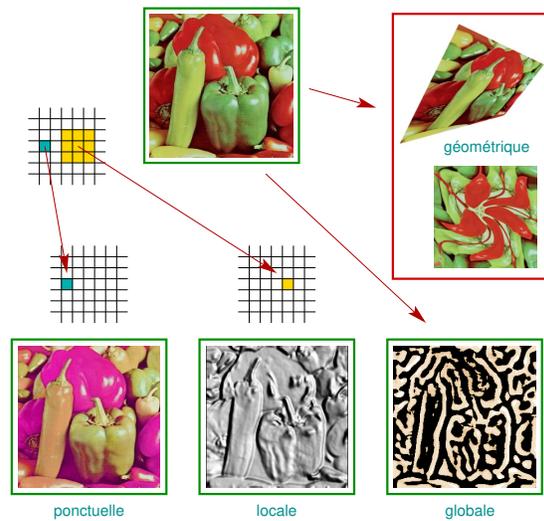
- image I : fonction définie sur un domaine D à valeur dans un espace de couleurs C

$$I : D \rightarrow C$$

- transformation $\Psi(I)$:

$$\Psi : I \rightarrow I'$$

- *ponctuelles* : $I'(p) = \Psi(I(p))$
- *locales* (voisinage) : $I'(p) = \Psi(V(I(p)))$
- *globales* (changement de représentation : ex. FFT)
- *par rééchantillonnage* (géométrique)



1.3 Transformations prédéfinies ou adaptatives

— transformation *prédéfinie* : indépendante de l'image

$$I' = \Psi(I)$$

— transformation *adaptative* : dépend de l'image à traiter

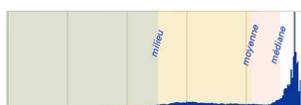
$$I' = \Psi_I(I)$$

- calcul de paramètres à partir de propriétés de chaque image
- plus complexes mais plus efficaces

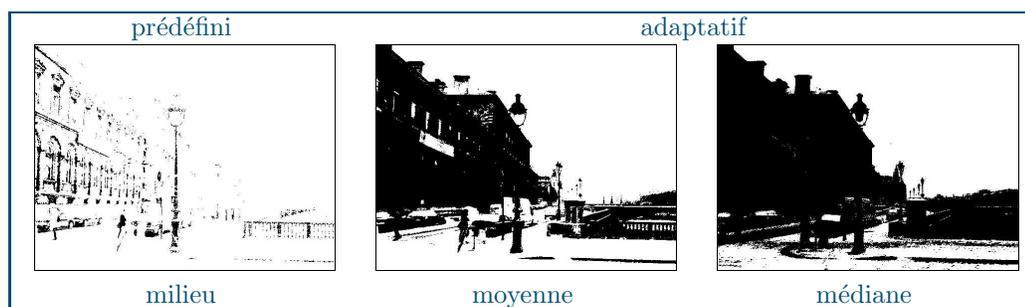
exemple : seuillage sur deux niveaux (blanc / noir) d'une image monochrome I

- prédéfini : par rapport au *milieu* de la suite des niveaux de gris (gris moyen)
- adaptatif : par rapport à la valeur *moyenne* μ_I ou *médiane* \mathcal{M}_I des pixels de I

$$\Psi_I(i) = \begin{cases} 0 & \text{si } i \leq \mu_I \text{ (ou } i \leq \mathcal{M}_I) \\ 1 & \text{sinon} \end{cases}$$



milieu : 127
moyenne : 208
médiane : 234



1.4 Transformations d'images couleur : marginales ou vectorielles

Méthodes marginales

- transformation effectuée indépendamment sur chaque canal

$$I = [I_R, I_G, I_B] \rightarrow [\Psi_R(I_R), \Psi_G(I_G), \Psi_B(I_B)]$$

- cas d'une transformation ponctuelle marginale : $\begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} \Psi_R(r) \\ \Psi_G(g) \\ \Psi_B(b) \end{pmatrix}$

- **avantage** : simplicité
- **inconvenient** : ignore la corrélation visuelle entre les canaux

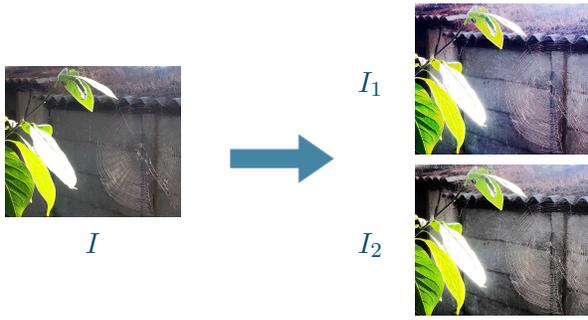
possibilité d'utiliser des modèles de couleurs perceptuels (canaux décorrélés)

$$(r, g, b) \rightarrow (h, s, v) \rightarrow (h, s, v') \rightarrow (r', g', b')$$

$$(r, g, b) \rightarrow (L, c, h) \rightarrow (L, c', h') \rightarrow (r', g', b')$$

Exemple : rehaussement de contraste (traitement expliqué partie C, thème 2)

- I_1 : traitement marginal sur les canaux R, G et B
→ modifie l'équilibre chromatique de I
- I_2 : traitement marginal sur le canal V



Méthodes vectorielles

- transformation effectuée globalement sur l'ensemble des canaux de l'image
- nécessite souvent de pouvoir **comparer des couleurs**
- exemple 1 : découpe (seuillage partiel) par rapport à une couleur
 - comparaison de chaque pixel à une couleur de référence c
 - définie à partir d'une **relation d'ordre** sur les couleurs

$$\text{if } (I(i, j) < c) \\ I'(i, j) = (0, 0, 0)$$

- ordre **lexicographique**

$$(r, g, b) < (r', g', b') \iff \begin{cases} r < r' \\ \text{ou } r = r' \text{ et } g < g' \\ \text{ou } r = r' \text{ et } g = g' \text{ et } b < b' \end{cases}$$

introduit une dissymétrie entre les canaux

- alternative : ordre **entrelacé** – écriture binaire des trois coordonnées

$$r, g, b \longrightarrow \overline{r_M r_{M-1} \dots r_1} \overline{g_M g_{M-1} \dots g_1} \overline{b_M b_{M-1} \dots b_1} \\ \longrightarrow \overline{r_M g_M b_M r_{M-1} g_{M-1} b_{M-1} \dots r_1 g_1 b_1}$$

exemple

c_1	c_2	c_3
(32, 0, 0)	(31, 127, 0)	(31, 126, 255)
		

$c_1 > c_2 > c_3$: inverse des intensités perçues

c_1	00 1 00000	00000000	00000000	000000 1 0000000000000000
c_2	00011111	0 1 111111	00000000	0000 1 0010110110110110110
c_3	00011111	01111110	1 1111111	00 1 011011111111111111101

$c_3 > c_2 > c_1$

— exemple de découpe par rapport au gris moyen

$if (I(i, j) < (0.5, 0.5, 0.5))$
 $I'(i, j) = (0, 0, 0)$



- I_1 : ordre lexicographique
- I_2 : ordre entrelacé



— exemple 2 : découpe par rapport à la **distance** à une couleur

$$c_1 = (r_1, g_1, b_1)$$

$$c_2 = (r_2, g_2, b_2)$$

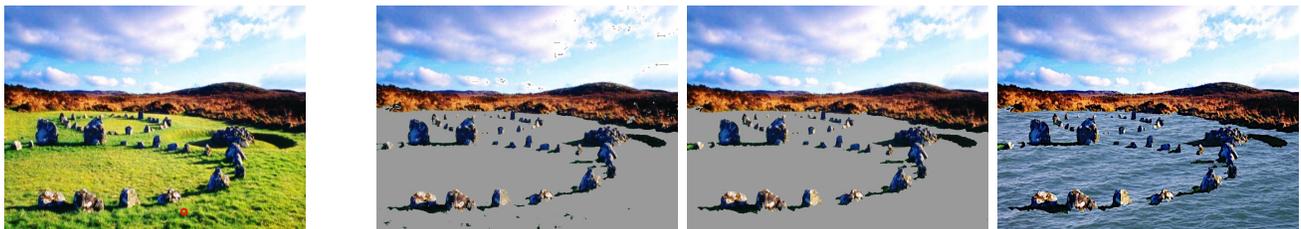
$$d(c_1, c_2) = \sqrt{(r_1 - r_2)^2 + (g_1 - g_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

éventuellement en utilisant un espace uniforme :

$$d(c_1, c_2) = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

- c_0 une couleur de référence (celle d'un point p_0 de l'image)
- c_1 une couleur arbitraire (par exemple $(0.5, 0.5, 0.5)$)
- pour chaque point p de couleur c de l'image :

si $d(c, c_0) \leq D$
 affecter à p la couleur c_1

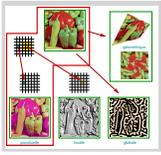


- découpe relativement à la couleur d'un point choisi dans l'herbe
- résultat imparfait mais améliorable (traitements morphologiques – voir B3)
- exemple d'application : utilisation de la zone découpée comme « masque de composition »

2 Transformations ponctuelles

2.1 Principe

$$\forall p, I'(p) = \Psi(I(p))$$



- tous les pixels de I de même couleur sont modifiés de la même manière
- le traitement ne dépend pas des coordonnées du pixel

```
for (p = src, p' = dst;
    p - src < WIDTH*HEIGHT;
    p++, p'++)
    *p' = Ψ(*p);
```

- I et I' ont le même domaine
- le résultat de la transformation d'un pixel dépend seulement de ce pixel
- transformation marginale : caractérisée par son graphe sur chaque canal

- monochrome :

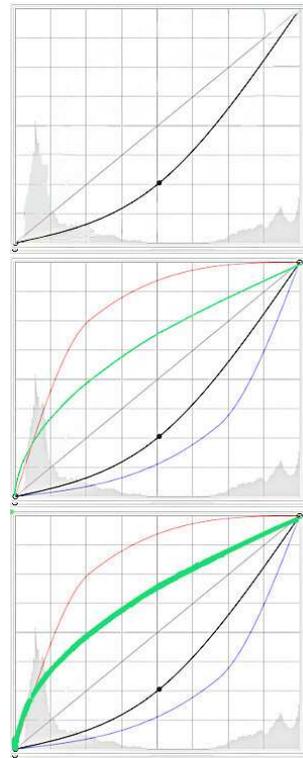
$$\Psi : [0..i_{max}] \rightarrow [0..i_{max}]$$

- transformation couleur marginale

$$\Psi_r : [0..i_{max}] \rightarrow [0..i_{max}]$$

$$\Psi_g : [0..i_{max}] \rightarrow [0..i_{max}]$$

$$\Psi_b : [0..i_{max}] \rightarrow [0..i_{max}]$$



- possibilité de précalculer la transformation : tables de correspondance

- lookup table (LUT)

$$psi_r[r], psi_g[g], psi_b[b]$$

exemple : correction par une loi de puissance :

$$i' = i_{max} \times \left(\frac{i}{i_{max}} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

- pipeline de traitement temps réel

0	→	0
1	→	16
...		...
127	→	180
...		...
254	→	254
255	→	255

$$\gamma = 2$$

2.2 Définition interactive de transformation ponctuelle

- possibilité de définir une transformation marginale par son graphe : fonction *curve* ou *courbe* (Gimp, Photoshop, xv...)



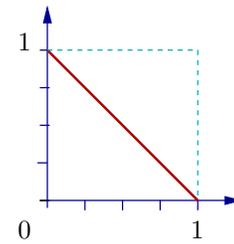
2.3 Deux transformations ponctuelles de base

Inversions

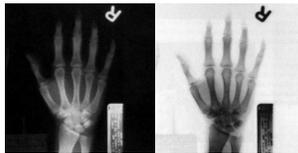
- transformation marginale : chaque intensité ou couleur est remplacée par son **complémentaire**
- inversion **totale** : correspond à un « négatif »

$$\mathcal{C}(i) = 1 - i \quad (\text{ou } i_{max} - i)$$

$$\begin{cases} i'_R = 1 - i_R \\ i'_G = 1 - i_G \\ i'_B = 1 - i_B \end{cases}$$



- exemple : inversion d'une radiographie rayon X



- exemple : inversion d'une image couleur



$$\overline{R} - G - B$$



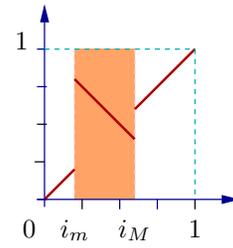
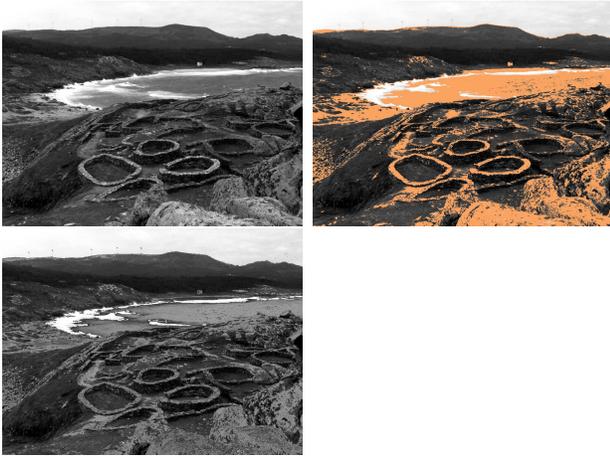
$$R - G - \overline{B}$$



$$\overline{R} - G - \overline{B}$$

— inversion **partielle** : correspond à une « solarisation »

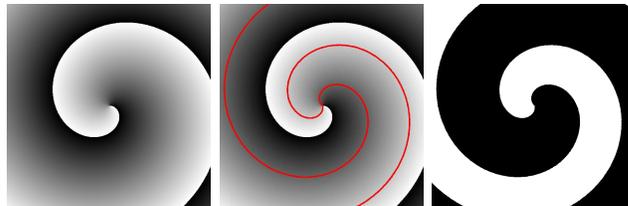
$$C_{[i_m, i_M]}(i) = \begin{cases} 1 - i, & \text{si } i_m \leq i \leq i_M, \\ i & \text{sinon.} \end{cases}$$



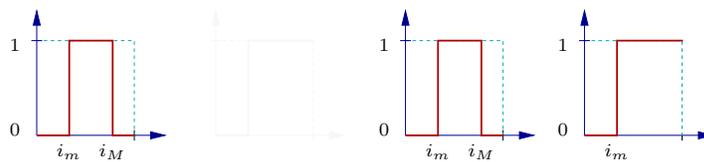
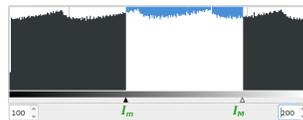
augmentation du *contraste local* autour de i_m et i_M

Seuillages (*thresholding*)

- transformation marginale
- binarisation des canaux relativement à un intervalle $[i_m..i_M]$

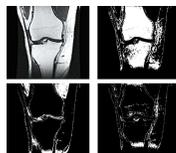


$$T_{[i_m, i_M]}(i) = \begin{cases} 1, & \text{si } i_m \leq i \leq i_M, \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$



— cas particulier, un seul seuil ($i_M = 1$) : $T_{i_m}(i)$

— seuillage d'images d'IRM : pertinent en raison de corrélations entre niveaux de gris et nature des tissus



— seuillage partiel : porte seulement sur un intervalle de la gamme des gris

— permet de mettre en valeur certaines parties de l'image

$$T_{[i_m, i_M]}(i) = \begin{cases} i_1, & \text{si } i_m \leq I(p) \leq i_M, \\ i & \text{sinon.} \end{cases}$$



seuillage [100, 200]

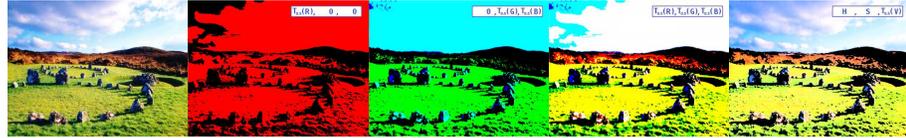


seuillage partiel [100, 200], $i_1 = 0$

— seuillage marginal d'image RGB : cas particulier de quantification

— utilisation d'un espace décorrélé : mise en valeur/transformation d'informations perceptuelles

$$(R, G, B) \rightarrow (T_{0.5}(R), T_{0.5}(G), T_{0.5}(B))$$



$$\begin{aligned} (R, G, B) &\rightarrow (H, S, V) \\ &\rightarrow (H, S, T_{0.5}(V)) \\ &\rightarrow (R', G', B') \end{aligned}$$

Exemple 1 :



H, S



$V \mathbb{C}(T_{i_m, i_M}(V))$

$$\begin{aligned} R, G, B &\rightarrow H, S, V \\ &\rightarrow H, S, \mathbb{C}(T_{i_m, i_M}(V)) \\ &\rightarrow R', G', B' \end{aligned}$$



Exemple 2 :



c



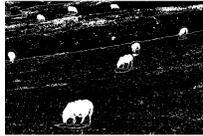
$T_{i_m}(c)$

$$\begin{aligned} R, G, B &\rightarrow L, c, h \\ &\rightarrow L, T_{i_m}(c), h \\ &\rightarrow R', G', B' \end{aligned}$$



— exemple 3 : prétraitement pour la segmentation

- extraction d'éléments d'une image en fonction de l'intensité ou de la couleur
- possibilité d'utiliser l'histogramme pour déterminer les seuils
- exemple : seuillage de la composante V (puis inversion)



— cas particulier : traitement de documents monochromes

- séparation avant-plan/arrière-plan (foreground/background)
- idéalement, histogramme bimodal



— possibilité d'effectuer un seuillage adaptatif local (activité traitements statistiques)

— possibilité d'effectuer des corrections des défauts d'éclairage (partie C, thème 6)

