

IMN530 - Reconstruction et analyse d'image médicale

TP 2 - Recalage

Vous devez me remettre un rapport PDF. Le style et la forme de vos réponses sont libres. Vous pouvez travailler en équipe de 2-3 ou seul. Soyez originaux. Gérer votre temps adéquatement. Il y a beaucoup de questions et c'est facile de s'enfoncer et perdre du temps sur des problèmes mineurs.

1. [20 pts] Histogramme conjoint

- Écrivez une fonction *python* `JointHist(I, J, bin)` qui calcule l'histogramme conjoint de deux images (de même taille) I et J en divisant leur intervalle de valeurs en *bin* sous-intervalles.
- Pour des images de taille $n \times p$, vérifiez que :

$$\sum_{i,j} H_{I,J}(i, j) = n * p$$

- Calculez et affichez l'histogramme conjoint des différents couples (I_k, J_k) fournis avec le TP. Décrivez ce que vous voyez.
(l'échelle logarithmique peut être un bon choix pour la visualisation)

2. [30 pts] Critère de similarité

- Écrivez une fonction `SSD(I, J)` qui calcule la somme des différences au carré entre 2 images I et J de même taille.
- Écrivez une fonction qui calcule `CR(I, J)` qui calcule le coefficient de corrélation entre 2 images I et J de même taille.
- Écrivez une fonction `IM(I, J)` qui calcule l'information mutuelle entre 2 images de même taille.
- Comparez les résultats de ces trois fonctions sur les différents couples d'images (I_k, J_k) fournis. Décrivez brièvement ce que vous remarquez.

3. [30 pts] Transformations spatiales

a. Générez une grille régulière de points 3D (voir Figure 1a)

b. Écrivez une fonction `trans_rigide(theta, omega, phi, p, q, r)` qui renvoie la matrice (en coordonnées homogènes) de la transformation rigide correspondant à faire:

- i. une rotation d'angle θ autour de l'axe x
- ii. une rotation d'angle ω autour de l'axe y
- iii. une rotation d'angle ϕ autour de l'axe z
- iv. une translation du vecteur $\mathbf{t} = (p, q, r)$

Testez cette fonction sur le nuage de points 3D réguliers de a) et affichez le résultat (exemple sur la Figure 1b)

c. Écrivez une fonction `similitude(s, theta, omega, phi, p, q, r)` qui effectue la même suite de transformations qui ci-dessus et rajoute une homothétie (*scaling*) de rapport s . Affichez et testez cette fonction comme en b) (exemple en figure 1c).

d. Étant donné les 3 matrices suivantes: $M1$, $M2$, $M3$. Déterminer le type de transformations correspondantes. Justifiez.

$$M1 = \begin{bmatrix} 0.9045 & -0.3847 & -0.1840 & 10.0000 \\ 0.2939 & 0.8750 & -0.3847 & 10.0000 \\ 0.3090 & 0.2939 & 0.9045 & 10.0000 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$$M2 = \begin{bmatrix} -0.0000 & -0.2598 & 0.1500 & -3.0000 \\ 0.0000 & -0.1500 & -0.2598 & 1.5000 \\ 0.3000 & -0.0000 & 0.0000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$$M3 = \begin{bmatrix} 0.7182 & -1.3727 & -0.5660 & 1.8115 \\ -1.9236 & -4.6556 & -2.5512 & 0.2873 \\ -0.6426 & -1.7985 & -1.6285 & 0.7404 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

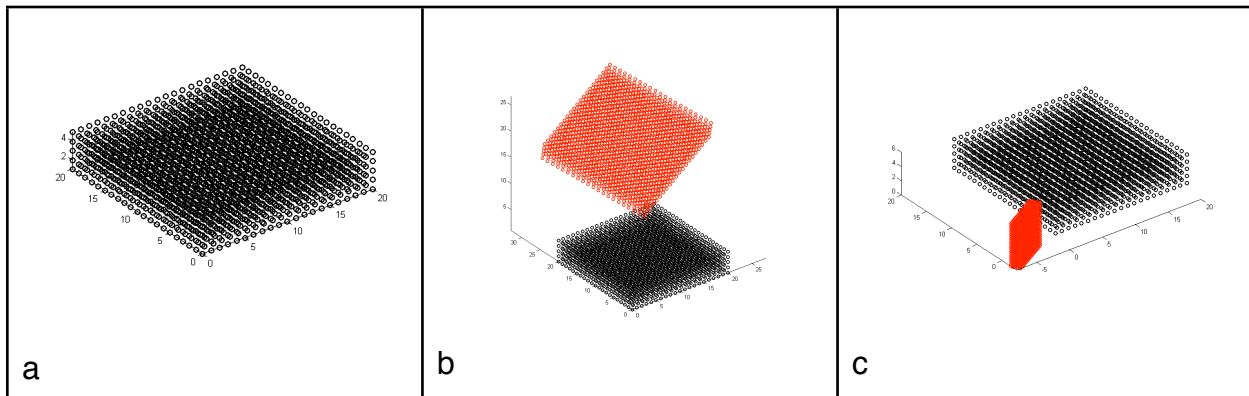


Figure 1

4. [50pts] Recalage iconique 2D simple

- a. Écrivez une fonction translation(I , p , q) qui retourne une nouvelle image correspondant à l'image I translatée du vecteur $\mathbf{t} = (p, q)$. Les composantes p et q peuvent être des *float*. Vous devez donc gérer l'interpolation. Appelez des fonctions d'interpolation existantes.
- b. Implémentez un recalage 2D vu en cours minimisant la SSD et considérant uniquement des translations. Au cours de l'évolution sauvegardez l'énergie SSD correspondant à chaque état.

Testez votre fonction pour 3 translations différentes de l'image de cerveau Brain_MRI_1. Visualisez le recalage obtenu, la courbe de d'énergie et quantifié la qualité de votre recalage.

Décrivez votre courbe d'énergie. Est-elle strictement décroissante? Si elle n'est pas strictement décroissante, pourquoi, à votre avis? Que faudrait-il faire pour être plus correct?

- c. Écrivez une fonction rotation(I , θ) qui produit une image correspondant à l'image I à laquelle on a appliqué une rotation d'angle θ et de centre $(0,0)$ qui est au coin en haut à gauche de l'image.
- d. Implémentez un recalage 2D minimisant la SSD et considérant uniquement des rotations. Au cours de l'évolution sauvegardez l'énergie SSD correspondant à chaque état. Testez votre fonction pour 3 rotations différentes de l'image de cerveau. Visualisez le recalage obtenu, la courbe d'énergie et quantifié la qualité de votre recalage.
- e. Implémentez une descente du gradient pour minimiser la SSD en considérant cette fois les transformations rigides (translations + rotations). Recalez BrainMRI_2,3,4 sur Brain_MRI_1.

Quels recalages convergent? Lesquels ne convergent pas? Que se passe-t-il à votre avis pour ceux qui ne convergent pas?

- i. Pour améliorer les performances de la descente du gradient à **pas fixe**, il faut une technique d'optimisation un peu plus évoluée. Améliorez votre recalage rigide avec une meilleure technique d'optimisation de votre choix.

Testez pour 3 cas de transformations rigides variés.

5. [20 pts] Préparation pour le TP3/projet. Installer le logiciel ANTS (<http://picsl.upenn.edu/software/ants/>). Regardez ce qui existe pour faire du recalage linéaire et recalage non-linéaire. Prenez la flair.nii et t1.nii du TP1 et rouler ANTs linéaire et non-linéaire. Quels sont les meilleurs paramètres à votre avis (critère de similarité, transformation et interpolation)? Le non-linéaire améliore l'affaire?