

TP2 - IMN530

FOUQUET, Jérémie et MÉTHOT, Vincent

17 mars 2014

Préface

Le code `python` utilisé dans ce TP est contenu dans le module `tp2` du dossier `Python`. Pour obtenir plus de renseignements sur `tp2`, l'utilisateur peut entrer la commande `tp2.fonction?` dans un terminal `ipython` et pour voir son code ; `tp2.fonction??`. Le code de la question 5 est contenu dans le script `ants.sh` du dossier `ANTS`. Le dossier `ANTS` contient aussi les deux images IRM du TP1 (`flair.nii` et `t1.nii`) ainsi que leurs images recalées. Le dossier `Data` contient les images 2D utilisées dans les questions 1-4.

Question 1 Histogramme conjoint

a Fonction `JointHist(I,J,nbin)`

La fonction `tp2.JointHist(I,J,nbin)` calcule l'histogramme conjoint de `I` et `J`.

b Somme des valeurs de l'histogramme conjoint

La fonction `tp2.verifSommeHisto(I,J,nbin)` retourne `True` si la condition

$$\sum_{k,l} H_{I,J}(k,l) = n \times p \quad (1)$$

est respectée, avec $n \times p$ les dimensions des images `I` et `J`. Peu importe les images `I` et `J` utilisées, si elles sont de même taille, la fonction `tp2.verifSommeHisto(I,J,nbin)` retourne `True`. Par exemple, `verifSommeHisto('Data/I1.png','Data/J1.png')` et `verifSommeHisto('Data/I2.png','Data/J2.png')` retournent `True`. Ceci vérifie bien l'éq. 1. Conceptuellement, cette condition s'explique par la définition de l'histogramme conjoint, qui recense le nombre de pixels d'une image à chaque intensité de l'image cible et source. La somme d'un histogramme conjoint donne donc le nombre de pixel d'une image.

c Analyse des histogrammes conjoints

Les histogrammes conjoints pour tous les couples d'images (I_k, J_k) de la fig. 1 sont présentés sur la fig. 2. Voici les principales observations faites pour chacun des couples :

1. La forte intensité de l'histogramme le long de la droite de pente unitaire et d'ordonnée à l'origine nulle indique que les valeurs des images sont très similaires et que celles-ci sont déjà pratiquement recalées. L'intensité décroissante et diffuse autour de la droite indique qu'au moins une des deux

images est entachée d'un bruit indépendant des intensités de l'autre image. L'écart-type du bruit semble constant en fonction de l'intensité de l'image.

2. La présence d'une droite de forte intensité indique qu'il existe une dépendance linéaire entre les valeurs de deux images et que celles-ci sont déjà pratiquement recalées. La pente différente de un indique qu'il existe un facteur d'échelle entre les valeurs des deux images (la gamme dynamique de l'image J est plus faible). L'ordonnée à l'origine non nulle montre que les valeurs de l'image J sont toutes majorées d'une constante par rapport à l'image I. Encore une fois, l'intensité décroissante et diffuse autour de la droite indique la présence de bruit indépendant dans au moins une des deux images.
3. L'absence de patron clair dans l'histogramme conjoint indique que les intensités des images ne sont en général pas reliées par une transformation évidente. La région agrandie montre que l'histogramme présente une forte intensité au point (255,255). Ceci signifie qu'une grande proportion des pixels des deux images situés aux mêmes endroits sont blancs (ont une intensité de 255).
4. L'intensité de l'histogramme conjoint est davantage concentrée autour d'une droite approximative, mais une région élargie autour de cette droite de même que d'autres régions ont aussi une intensité significative. Cela signifie que les deux images sont relativement semblables et recalées, mais que des diffaltes.
5. Les lignes droites observées montrent que des régions d'intensité constante dans l'image J chevauchent des régions d'intensités variables de l'image I. Il est difficile de dire à partir d'une inspection visuelle de l'histogramme si les images sont recalées.
6. Visuellement, l'histogramme a des caractéristiques très similaires à l'histogramme du couple 5. Cependant, les images sont davantage recalées (d'après une inspection visuelle des images). Cela illustre donc qu'il peut parfois être difficile de dire avec un seul coup d'oeil à l'histogramme conjoint si deux images sont recalées.

Question 2 Critère de similarité

a Somme des différences au carré

La fonction `tp2.SSD(I,J,nbin)` calcule la somme des différences au carré entre I et J.

b Coefficient de corrélation

La fonction `tp2.CR(I,J,nbin)` calcule le coefficient de corrélation entre I et J.

c Information mutuelle

La fonction `tp2.IM(I,J,nbin)` calcule l'information mutuelle entre I et J.

d Comparaison des trois critères

Les valeurs des trois critères de similarité présentés précédemment pour les 6 couples d'images fournis sont présentés au tab. 1.

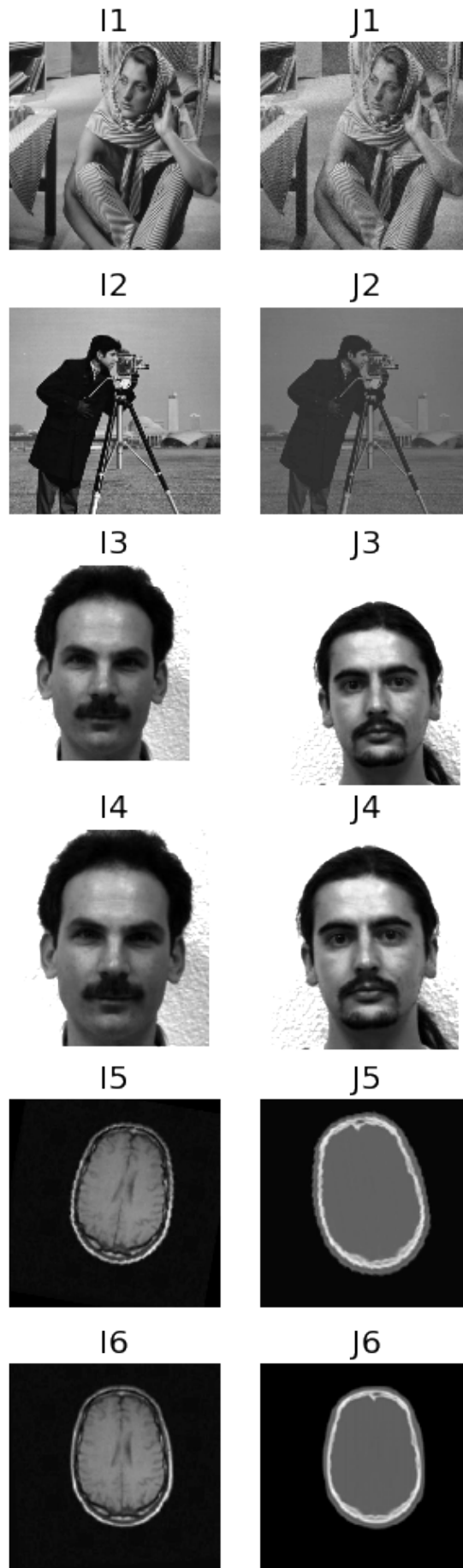


FIGURE 1 – Couples d'image (I_k, J_k) avec $k \in 1, 2, \dots, 6$.

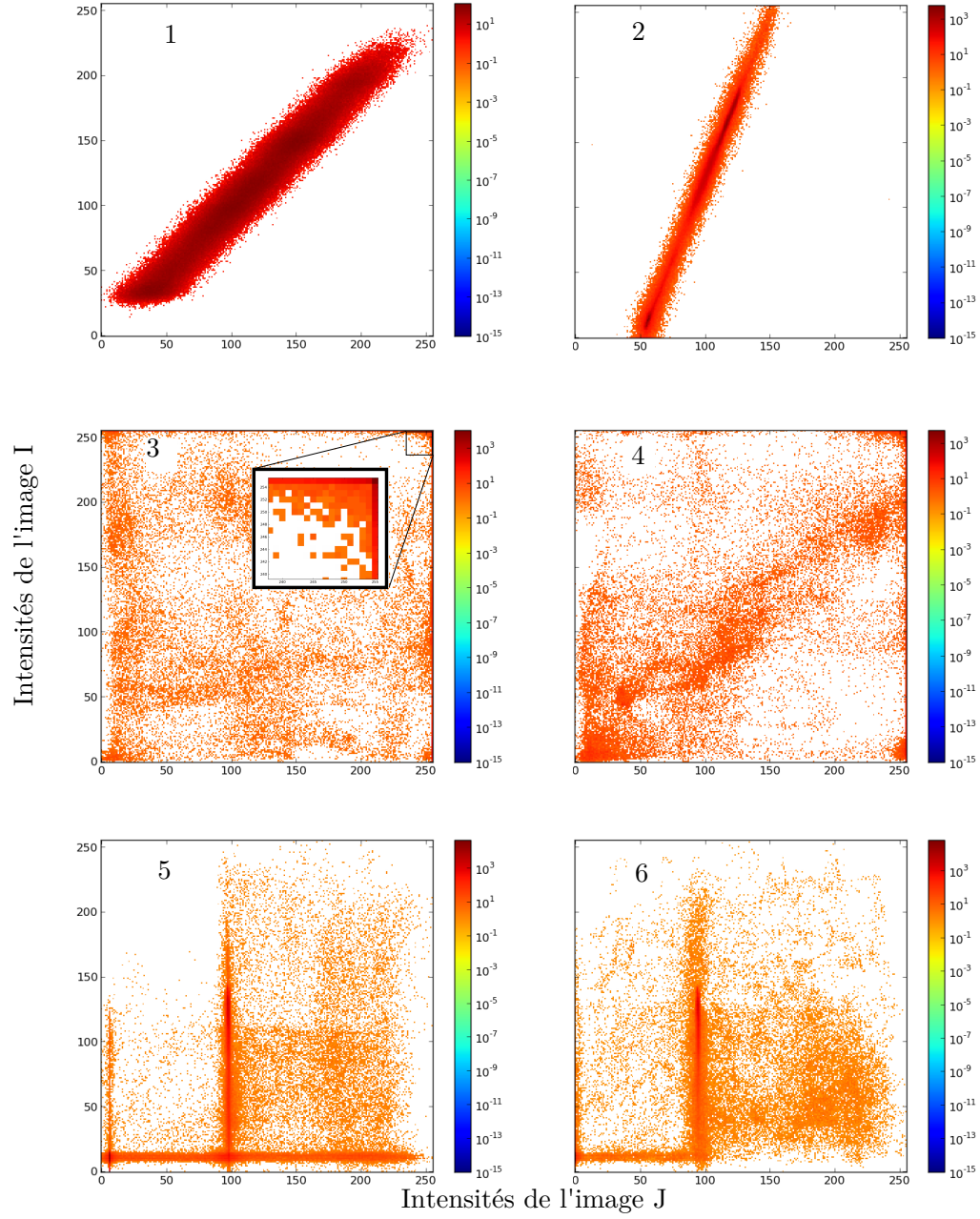


FIGURE 2 – Histogrammes conjoints pour les couples (I_k, J_k) avec $k \in 1, 2, \dots, 6$. Une échelle log a été utilisée pour tous les histogrammes.

k	SSD	CR	IM
1	16084808	0.978	1.554
2	30364219	0.996	2.228
3	4401503	0.143	0.668
4	3848301	0.564	1.023
5	20998301	0.656	0.555
6	42510000	0.780	0.675

TAB. 1 – Somme des différences au carré (SSD), Coefficient de corrélation (CR) et Information mutuelle (IM) pour les 6 couples d’images (I_k , J_k) avec 256 bin

La comparaison des SSD entre les couples d’image ne signifie pas grand chose, puisque ce critère n’est pas normalisé – il dépend des distributions d’intensité des deux images. Deux images très semblables, comme les couples $k = 1$ et $k = 2$, affichent donc des SSD très différentes.

L’inspection de la fig. 2 permet de prédire certains des critères de similarité. Les histogrammes 1 et 2 sont très linéaires; on s’attend donc à des coefficients de corrélation très près de 1, ce qui est le cas. Les histogrammes 4-6 semblent comporter des formes de lignes droites, ce qui est accentué par des coefficients de corrélation assez élevé. Le coefficient de corrélation pour $k = 3$, est très bas, ce qui s’explique par la translation entre les deux images, empêchant toute comparaison. De plus, l’information mutuelle est élevée même pour deux images différentes ($k = 4$) du moment qu’elles présentent des similarité structurelles et soient bien alignées. Ceci pourra s’avérer utile lors de recalage d’images de modalités différentes. Dernièrement, on voit que des translations et rotations réduisent fortement l’information mutuelle ($k = 3, 5, 6$) ce qui en fera un bon critère de recalage.

Question 3 Transformations spatiales

a Grille régulière de points 3D

La fonction `tp2.grille_test` génère une grille régulière de points 3d, lui fait subir une transformation affine et affiche les points initiaux en bleu ainsi que les points transformés en rouge.

b Transformation rigide

La fonction `tp2.trans_rigide(theta, omega, p, q, r)` retourne la matrice d’une transformation rigide en coordonnées homogènes. La figure 3 montre le résultat de cette fonction.

c Similitude

La fonction `tp2.similitude(s, theta, omega, p, q, r)` retourne la matrice d’une transformation de similarité en coordonnées homogènes. La figure 4 montre le résultat de cette fonction.

d Analyse des matrices de transformation

L’analyse visuelle des trois matrices ($M1$, $M2$ et $M3$) permet de déceler de quel genre de transformations il s’agit. Les matrices 3×3 en haut à gauche comporte les informations de rotation et dilatation. Ainsi, on pourrait trouver les valeurs propres ainsi que les vecteurs propres de cette sous-matrice pour

Transformation sur une grille de points

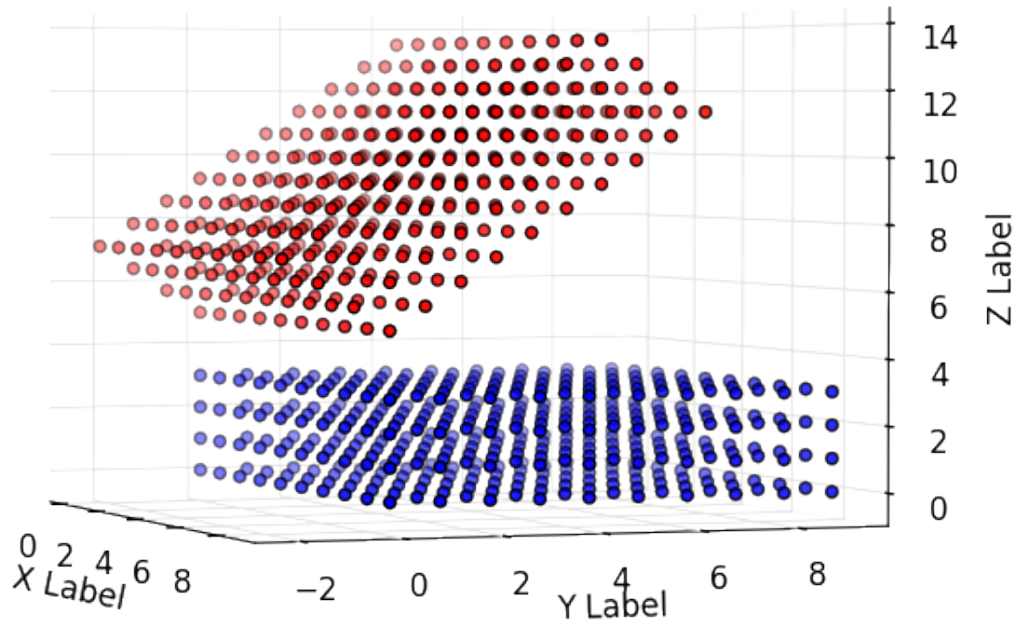


FIGURE 3 – Résultat de la commande
`tp2.grille_test(tp2.trans_rigide(pi/4, 0, 0, 0, 0, 5), 10, 10, 4).`

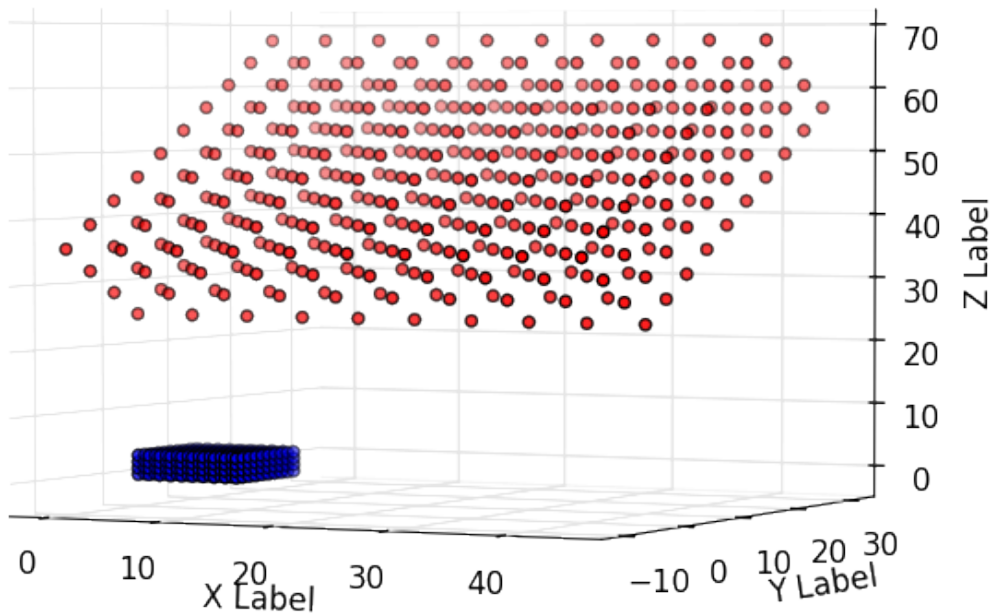


FIGURE 4 – Résultat de la commande
`tp2.grille_test(tp2.similitude(5, pi/4, 0, 0, 0, 0, 5), 10, 10, 4).`

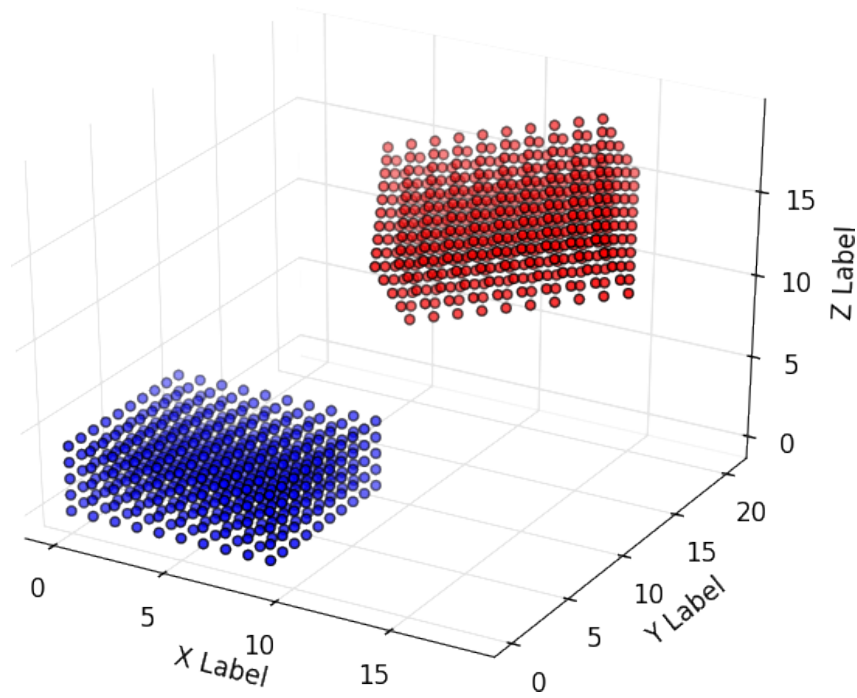


FIGURE 5 – Transformation M1 sur une grille de points

	Im. 1	Im. 2	Im. 3
$(p, q)_{ini}$ [pix]	(26.5644, 45.9758)	(-0.1177, 19.2243)	(9.2674, 5.7847)
$(p, q)_{rec}$ [pix]	(-26.5626, -45.9727)	(0.1128, -19.2236)	(-9.2685, -5.7783)

TAB. 2 – Pour 3 exemplaires de l'image Brain_MRI_1 initialement translatées par les vecteurs $(p, q)_{ini}$, les vecteurs de translation $(p, q)_{rec}$ ont été obtenus grâce au recalage par descente de gradient à pas fixe présenté à la [Question 4 b](#)

identifier les directions principales et les longueurs de la grille de points transformés. Nous contenterons de tracer les trois transformation à l'aide d'une grille de points régulière.

De plus, le vecteur 3 par 1 en haut à droite de la matrice donne la translation à appliquer après la rotation et la dilatation.

Ceci dit, la matrice M1 (fig. 5), comporte une rotation sans dilatation, suivit d'une translation de (10, 10, 10). La matrice M2 (fig. 6), rapetisse la grille, lui impose une rotation, puis une translation de (-3, 1.5, 0). Dernièrement, la matrice M3, (fig. 7) agrandit l'espace entre les points tout en donnant une rotation et une translation en (1.8115, 0.2873, 0.7404).

Question 4 Recalage iconique 2D simple

a Fonction translation(I,p,q)

Voir la fonction `translation(I,p,q)` du module `tp2`.

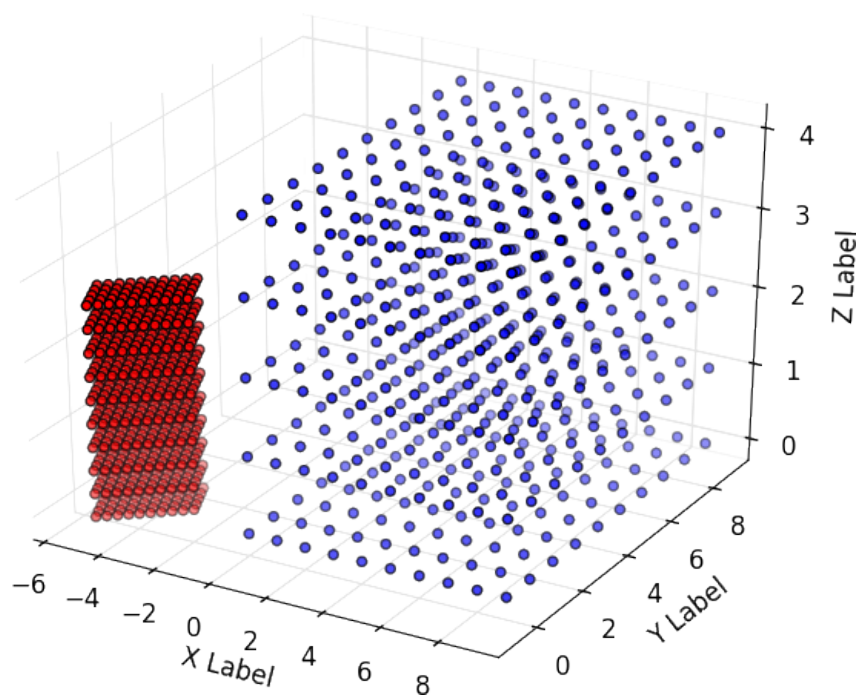


FIGURE 6 – Transformation M2 sur une grille de points

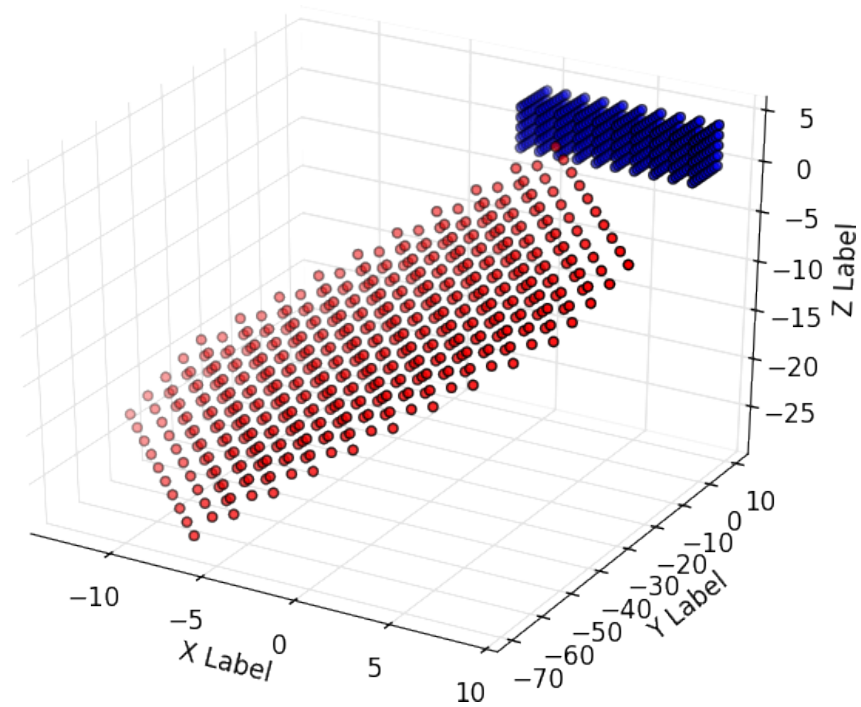


FIGURE 7 – Transformation M3 sur une grille de points

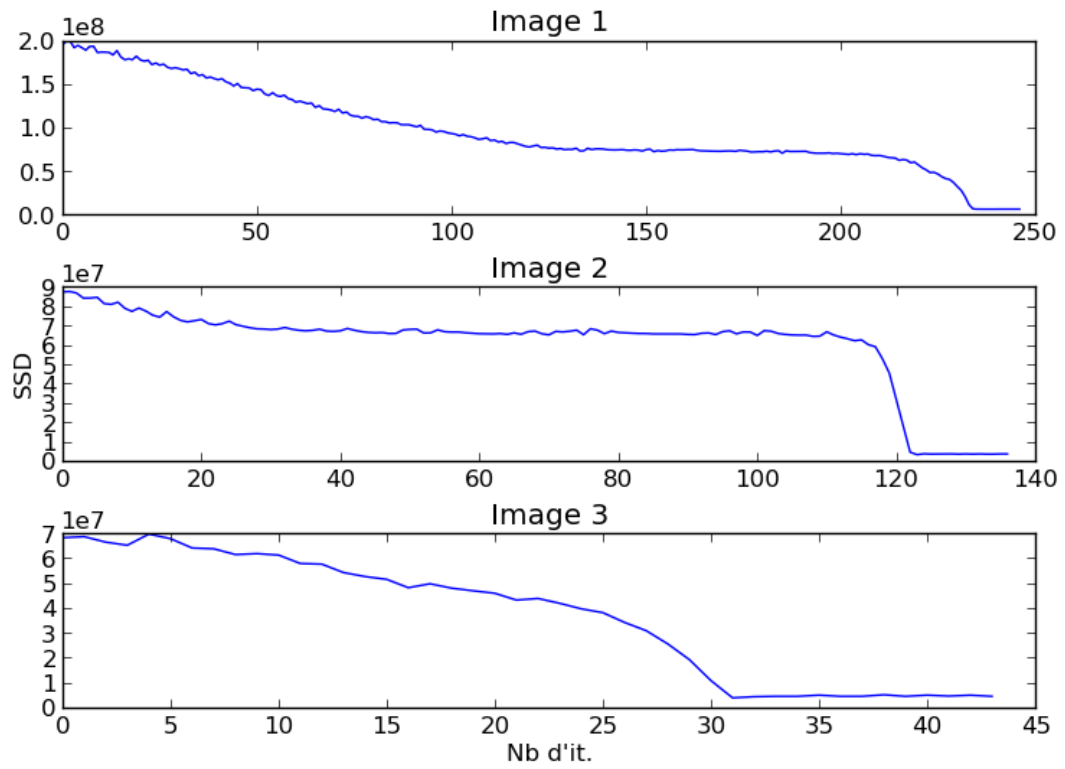


FIGURE 8 – Évolution de la SSD lors de trois recalages effectués avec **rec2dtrans**. Trois translations de l'image Brain_MRI_1, décrites par les vecteurs $(p, q)_{ini}$ du tab. 2, ont été recalées sur l'image initiale Brain_MRI_1.

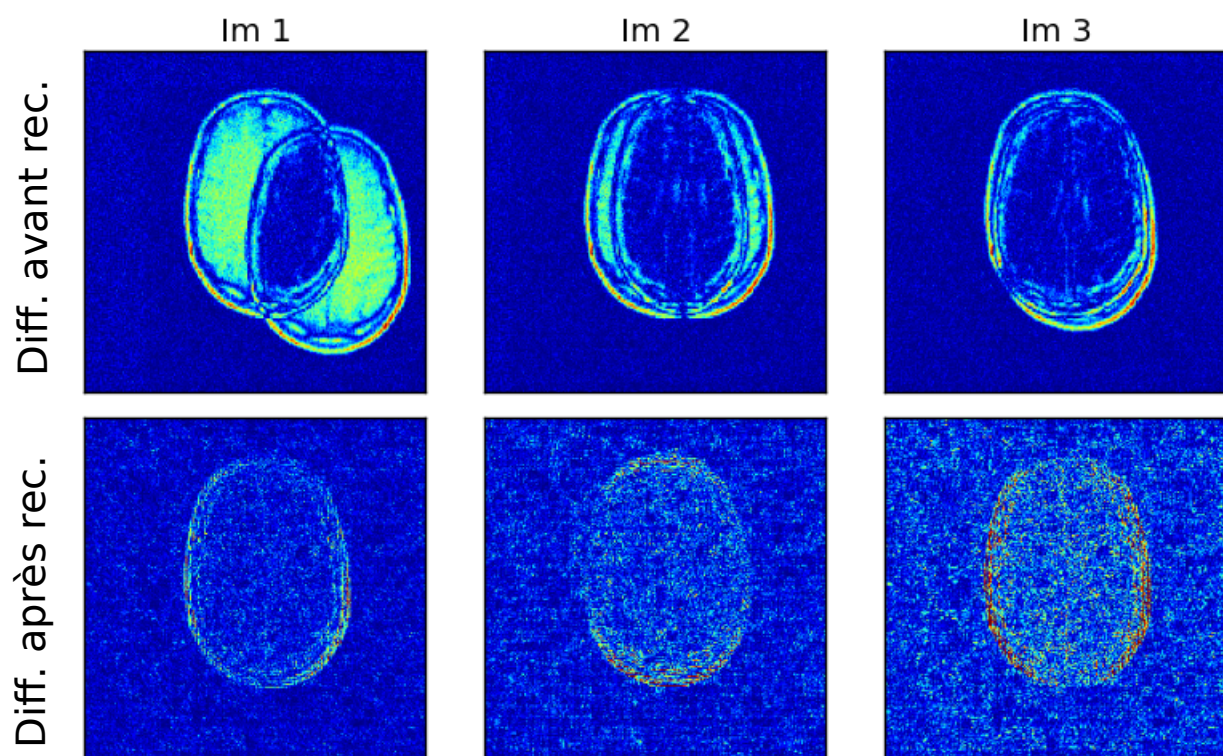


FIGURE 9 – Différence entre l'image cible et l'image source avant et après recalage pour trois recalages effectués avec la fonction `rec2dtrans`. Trois translations de l'image Brain_MRI_1, décrites par les vecteurs $(p, q)_{ini}$ du tab. 2, ont été recalées sur l'image initiale Brain_MRI_1.

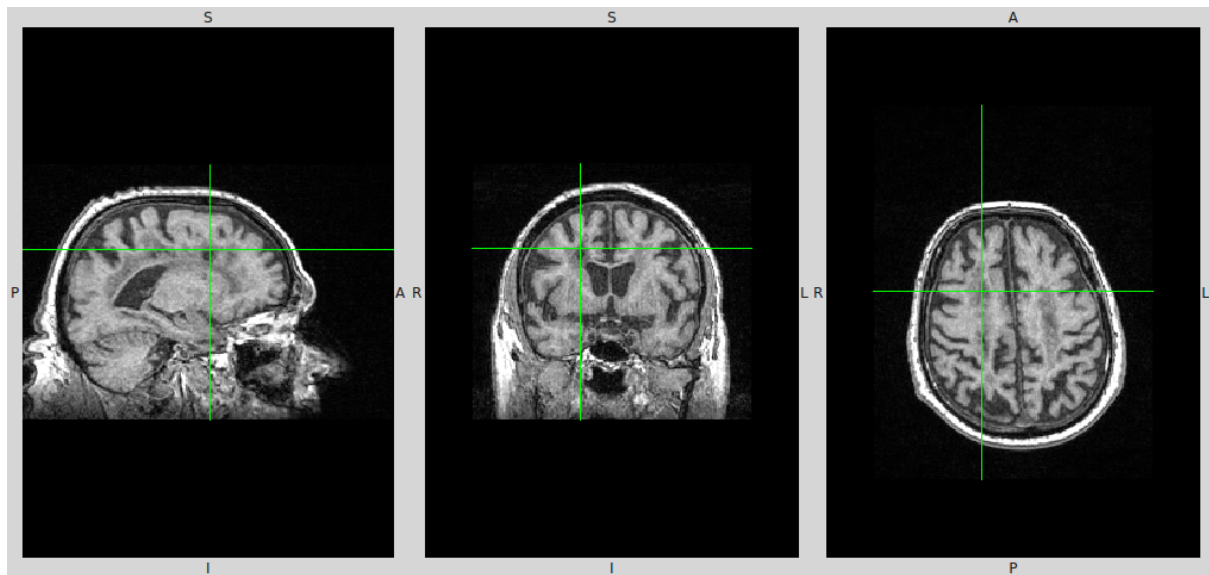


FIGURE 10 – Image t1.

b Recalage d'images translatée

Question 5 Recalage non-linéaire

Les images t1.nii et flair.nii proviennent du même sujet, mais de deux modalités d'IRM différentes. De plus, la résolution des deux images est extrêmement différente, la première étant isotrope et la seconde étant fortement anisotrope. Un recalage linéaire utilisant une bonne méthode d'interpolation ainsi qu'un critère d'Information Mutuelle pourrait donc être une bonne solution, toutefois les différences de forme entre les deux modalités pourraient causer des différences qu'il serait impossible de prendre en compte sans un recalage non-linéaire.

On a utilisé fsl flirt pour le recalage linéaire (avec information mutuelle, et 6 degrés de liberté). On a comparé le recalage linéaire de flirt avec le recalage non-linéaire de ANTS (information mutuelle, multirésolution et régularisation gaussienne). Les commandes utilisées et les images obtenues se retrouvent dans le dossier ANTS.

Les deux méthodes de recalage semblent, au premier abord, fournir toutes deux un recalage des images permettant d'identifier et de comparer les structures cérébrales identiques. Toutefois, le recalage non-linéaire semble comporter moins d'artéfact dû à l'anisotropie et au changement de contraste, permettant par exemple d'identifier plus précisément un « trou » près du ventricule gauche.

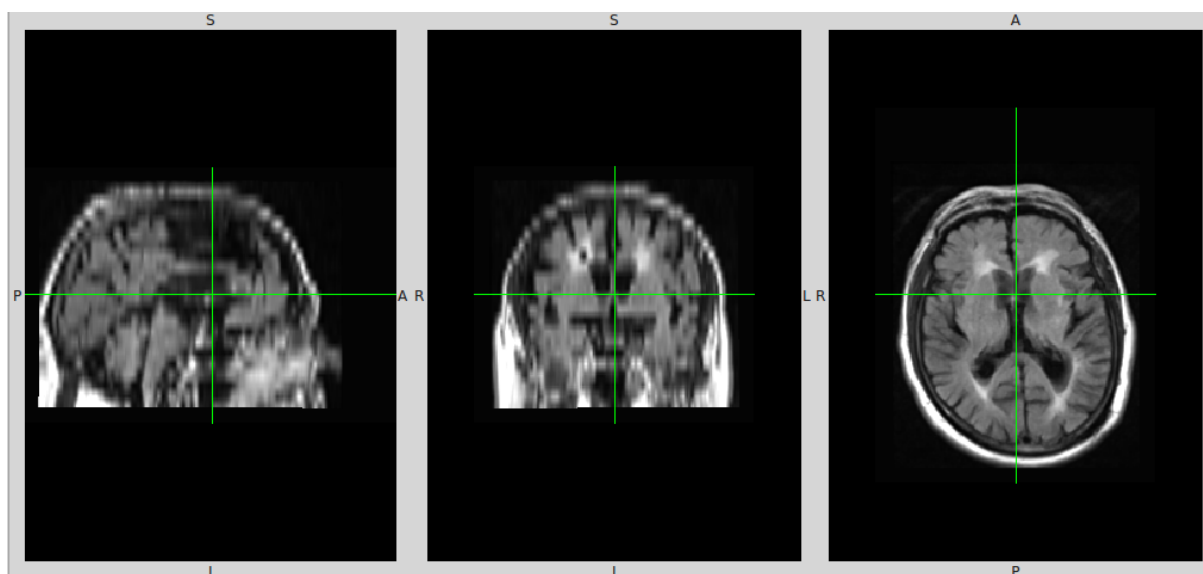


FIGURE 11 – Image flair recalée sur t1 par flirt.

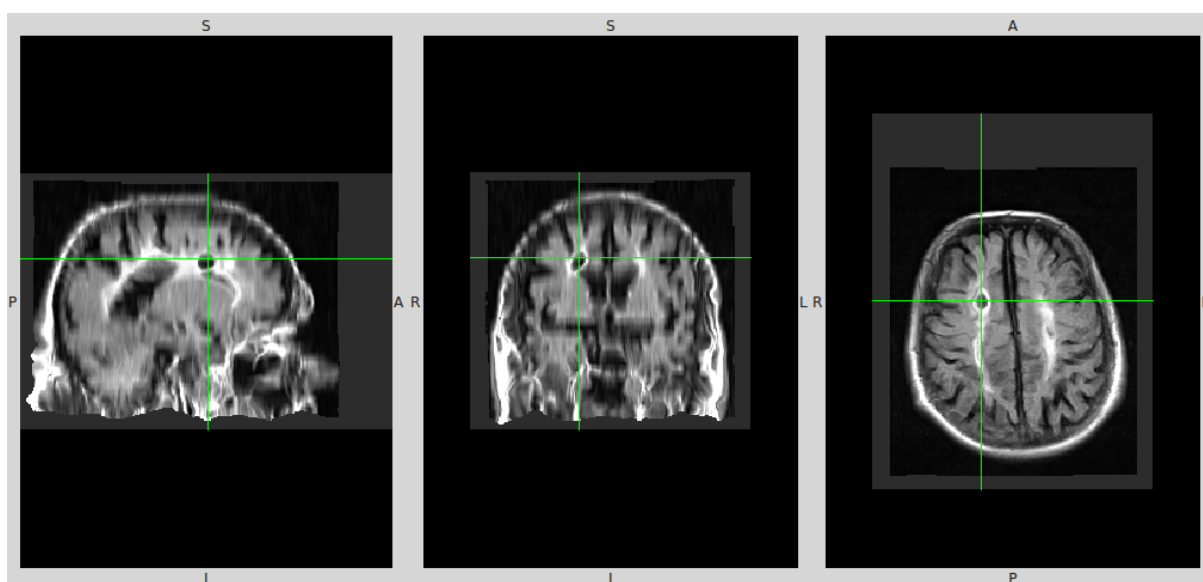


FIGURE 12 – Image flair recalée sur t1 par ANTS.