

Problème 1 (cours Evaluation E et reconstruction tomographique R)
Comparaison de deux techniques de reconstruction tomographique (courbe ROC)

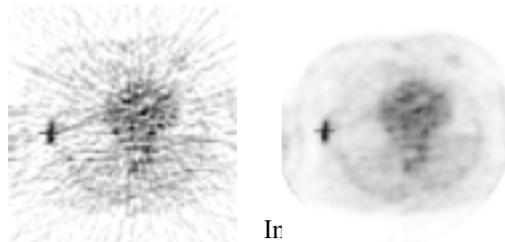
Un médecin nucléaire décide de réaliser une étude pour déterminer objectivement l'influence de la méthode de reconstruction tomographique mise en œuvre sur l'interprétation d'images tomographiques PET FDG reconstruites. A cet effet, il rassemble 20 examens corps entier au FDG, et reconstruit les images successivement par deux méthodes : rétroprojection filtrée (FBP) et OSEM . Il se focalise sur une coupe particulière pour chaque examen et obtient donc 40 images (20 images reconstruites par rétroprojection filtrée et 20 images reconstruites par OSEM). Il demande à un collègue de déterminer, pour chaque image, si elle contient ou non une tumeur en formulant son jugement sur l'échelle suivante :

1. très certainement non
2. probablement non
3. je ne sais pas
4. probablement oui
5. très certainement oui

Pour chaque patient, il a la chance de savoir si la coupe considérée contient ou non une tumeur. Il résume donc les résultats de la lecture de son collègue dans le tableau suivant, dans lequel tumeur + indique la présence d'une tumeur, tandis que tumeur - indique l'absence de tumeur :

Image	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tumeur	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	+	-	+	-	-
Score FBP	4	2	3	3	2	3	1	4	4	2	3	5	4	2	1	4	1	5	3	2
Score OSEM	4	3	2	1	2	3	1	4	5	2	3	5	3	3	2	4	1	5	2	2

1. Voici un exemple d'images obtenues, l'une reconstruite par rétroprojection filtrée, l'autre obtenue par OSEM :



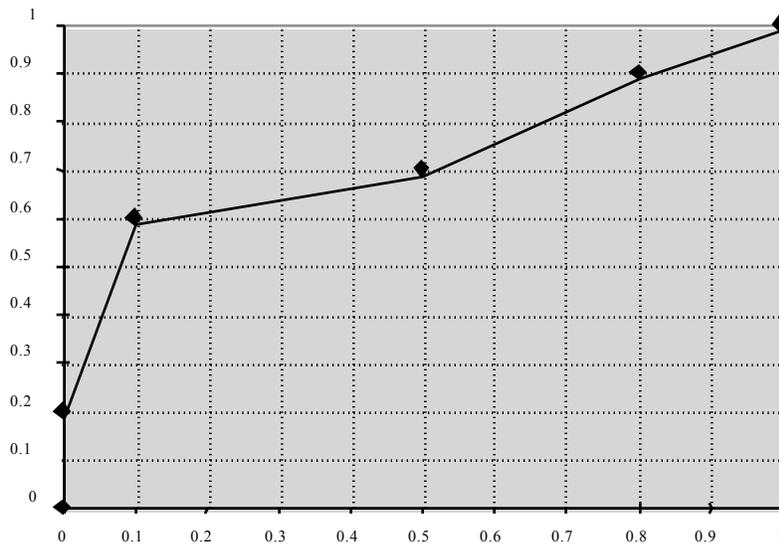
Quelle est l'orientation anatomique de ces coupes ? Justifier.

2. De ces deux images, pouvez-vous dire laquelle a été reconstruite par rétroprojection filtrée et laquelle a été reconstruite par OSEM ? Préciser les éléments qui vous ont conduit à cette interprétation.

3. Si on considère que toutes les images pour lesquelles un score supérieur ou égal à 3 a été attribué sont positives, quelles sont, pour FBP et OSEM :

- a) la probabilité pour qu'un patient diagnostiqué positif présente effectivement une lésion ?
- b) la valeur prédictive positive ?
- c) la sensibilité de détection ?
sensibilité = $VP / (VP+FN)$
- d) la probabilité pour qu'un patient ne présentant pas de tumeur ait un examen interprété comme négatif ?

4. Le graphe suivant représente la courbe ROC obtenue pour la méthode FBP. Sur ce même graphe, tracer la courbe ROC correspondant à la méthode OSEM.



5. Qualitativement, une des deux méthodes apparaît-elle plus performante que l'autre ? Justifier.

6. Sachant que l'aire sous la courbe ROC pour la méthode FBP est égale à 0,73 (erreur standard = 0,115), pouvez-vous déterminer si, quantitativement, les deux méthodes conduisent à des performances de détection significativement différentes, sachant que l'erreur standard associée à l'aire sous la courbe ROC relative à OSEM vaut 0,064 ? Pour $\alpha=5\%$, la valeur de z critique est de 1,96.

7. Comment ce médecin nucléaire peut-il modifier son protocole d'évaluation pour aboutir à des résultats plus concluants ? Justifier.

Problème 2 (cours Quantification en PET)

Un patient est soumis à deux examens PET, à deux mois d'intervalle, dans le cadre du suivi thérapeutique d'une tumeur hépatique de petite taille inconnue (tumeur non visible au moyen d'autres modalités d'imagerie). La concentration d'activité dans la tumeur est mesurée en traçant une région d'intérêt interne à la tumeur sur la coupe sur laquelle la tumeur est la mieux visible. La région d'intérêt utilisée a la même taille pour les deux examens. On note une diminution significative du nombre de coups mesurés dans cette région d'intérêt sur l'image correspondant au deuxième examen, par rapport au nombre de coups mesurés sur l'image correspondant au premier examen. Pourtant, un prélèvement révèle que l'activité métabolique de la tumeur est strictement identique lors du deuxième examen par rapport à l'activité métabolique mesurée à la date du premier examen.

- Sachant que les deux examens ont été réalisés exactement dans les mêmes conditions (injection de la même dose traceuse, utilisation du même détecteur calibré strictement de la même façon), comment expliquer la décroissance apparente de l'activité métabolique de la tumeur sur les images PET ?

Problème 3 (cours Analyse de séquences d'images)

Traitement de séquences d'images

En imagerie SPECT, on dispose de la séquence de 6 images temporelles, reconstruites par OSEM 4 sous-ensembles et 8 itérations, schématisée ci-dessous :

1	0.5	0.5	0	0
1	0.5	0.5	0	0
1	0.5	0.5	0.5	0.5
1.5	1	0.5	0.5	0.5
1.5	1.5	1	1	1

Image 1 : [0-30s]

10	6	7	3	4
10	6	7	3	3
10	6	7	7	7
15	10	6	6	6
15	15	10	10	10

Image 2 : [30-60s]

2	3	5	6	8
2	3	5	6	6
2	3	5	5	5
3	2	3	3	3
3	3	2	2	2

Image 3 : [1-2 min]

1	3	5.5	7.5	10
1	3	5.5	7.5	7.5
1	3	5.5	5.5	5.5
1.5	1	3	3	3
1.5	1.5	1	1	1

Image 4 : [2-4 min]

0	3	6	9	12
0	3	6	9	9
0	3	6	6	6
0	0	3	3	3
0	0	0	0	0

Image 5 : [4-8 min]

0	3	6	9	12
0	3	6	9	9
0	3	6	6	6
0	0	3	3	3
0	0	0	0	0

Image 6 : [8-12 min]

1. Combien de cinétiques différentes observe-t-on à partir de cette série d'images ?
2. On s'attend à ce que cette séquence d'images contienne une tumeur accumulant le radiotracteur et une fonction d'entrée artérielle. Quelle image doit-on considérer pour tracer une région d'intérêt (ROI) autour de la tumeur ? Justifier.
3. Quelle image doit-on considérer pour tracer une ROI correspondant à une artère ? Justifier.
4. Déterminer la cinétique moyenne associée à la tumeur en considérant une ROI carrée de taille 2 pixels x 2 pixels (4 pixels au total) dans laquelle le signal tumoral est maximum.
5. Déterminer la cinétique moyenne associée à la fonction d'entrée artérielle en considérant une ROI carrée de taille 2 pixels x 2 pixels (4 pixels au total) dans laquelle le signal artériel est maximum.
6. Dessiner l'image paramétrique « Time-to-peak » (temps d'apparition du max). Préciser l'unité dans laquelle sont exprimées les valeurs indiquées dans chaque pixel.
7. On réalise une analyse factorielle à 2 facteurs de cette série d'images :
Le facteur 1 vaut (1.5 ; 15 ; 3 ; 1.5 ; 0 ; 0).
Le facteur 2 vaut (0 ; 4 ; 8 ; 10 ; 12 ; 12)
Quel est le facteur artériel ? Justifier.
8. Une des deux images factorielles est la suivante : est-ce l'image factorielle associée au facteur 1 ou au facteur 2 ?

$2/3$	$1/3$	$1/3$	0	0
$2/3$	$1/3$	$1/3$	0	0
$2/3$	$1/3$	$1/3$	$1/3$	$1/3$
1	$2/3$	$1/3$	$1/3$	$1/3$
1	1	$2/3$	$2/3$	$2/3$

9. Calculer et représenter l'image factorielle associée à l'autre facteur.

10. Si les images sont reconstruites avec OSEM 4 sous-ensembles et 4 itérations, les images factorielles contiendront-elles plus ou moins de valeurs nulles que les images factorielles présentées en questions 8 et 9 ? Justifier.

Problème 4 (cours Quantification en SPECT)

Quantification en SPECT

- 1) Donner un type d'examen SPECT utilisant un radiotracer marqué avec un isotope de l'Iode et préciser l'isotope utilisé.
- 2) Citer deux éléments à modifier dans le protocole d'acquisition suivant que l'on fait de l'imagerie à l'Iode 123 (159 keV) ou de l'imagerie à l'Iode 131 (principale raie d'émission à 365 keV).
- 3) Indiquer un élément expliquant que les images obtenues avec de l'I123 sont a priori globalement de meilleure qualité que les images obtenues avec de l'I131.
- 4) Indiquer pour lequel des deux isotopes (I123 ou I131) le phénomène d'atténuation sera le plus pénalisant. Justifier.
- 5) Pour corriger de l'atténuation les images acquises au moyen du traceur marqué à l'I123, on effectue, simultanément à l'acquisition en émission, une acquisition en transmission au moyen de Gd153 (énergie d'émission = 100 keV). Dire si les coefficients d'atténuation μ ainsi mesurés vont avoir tendance à être plutôt surestimés ou plutôt sous-estimés, par rapport aux valeurs réelles qu'ils devraient avoir à 100 keV. Expliquer pourquoi.
- 6) Indiquer comment il serait possible de réduire les erreurs commises sur la mesure des coefficients d'atténuation à 100 keV.
- 7) À partir de la mesure en transmission effectuée à l'aide du Gd153, on détermine les coefficients d'atténuation adaptés aux acquisitions à l'I123 et aux acquisitions à l'I131. Dans lequel de ces deux cas les coefficients d'atténuation estimés seront-ils les moins biaisés (c'est-à-dire les plus justes) ? Justifier.
- 8) Indiquer une raison pour laquelle il serait avantageux de faire une acquisition en transmission en utilisant du Tc99m plutôt que du Gd153 comme source de transmission, pour corriger des données I123 de l'atténuation.
- 9) Indiquer une raison pour laquelle il serait pénalisant de faire une acquisition en transmission en utilisant du Tc99m plutôt que du Gd153 comme source de transmission, pour corriger des données I123 de l'atténuation.

Problème 5 (cours Quantification en SPECT)

Quantification en SPECT

On cherche à optimiser les paramètres d'une acquisition SPECT myocardique.

1. Dans le cas d'une acquisition au Tc99m, doit-on acquérir les données dans une fenêtre spectrométrique de 126-154 keV ou dans une fenêtre 135-163 keV pour minimiser les problèmes de diffusion ?
2. Pour minimiser les distorsions dans les images reconstruites en utilisant une orbite de rotation circulaire, doit-on acquérir les images en positionnant le patient de sorte que son cœur soit au plus près du centre de rotation du détecteur, ou plutôt excentré pour être proche de la tête de détection pour un sous-ensemble des projections ?
3. Pour optimiser la résolution spatiale, doit-on utiliser une orbite circulaire de 30 cm de rayon ou une orbite circulaire de 40 cm de rayon ?
4. Pour minimiser les problèmes d'atténuation, doit-on utiliser plutôt un traceur marqué au Tl201 ou un traceur marqué au Tc99m ?
5. On souhaite effectuer, simultanément à l'examen SPECT, une acquisition en transmission pour corriger de l'atténuation. Sachant que l'on dispose d'une source au Gd153 (énergie d'émission = 100 keV), doit-on plutôt faire l'acquisition au Tc99m ou au Tl201 pour éviter que l'acquisition en transmission ne perturbe les données en émission ?
6. Si on effectue une acquisition de 120 projections 64 x 64 sur 360° avec un champ de vue de 40 cm x 40 cm, combien de coupes transaxiales pourra-t-on reconstruire et quelle sera la distance entre les coupes ?

QCM : PET

En PET, les coïncidences fortuites peuvent être corrigées (choisir une ou plusieurs réponses) :

1. sans introduire de biais
2. sans augmenter le bruit
3. en utilisant une fenêtre de coïncidence secondaire de durée différente de la fenêtre de coïncidence principale
4. en réduisant la longueur de la fenêtre de coïncidence
5. en réduisant l'activité dans le champ de vue

En PET, les coïncidences diffusées (choisir une ou plusieurs réponses) :

1. peuvent être soustraites a posteriori sans introduire d'erreurs dans les images
2. sont plus pénalisantes en mode 2D qu'en mode 3D
3. sont intégralement stoppées par les septa en mode 2D
4. sont d'autant plus nombreuses que la fenêtre de coïncidences a une longue durée
5. sont plus pénalisantes en présence d'activité en dehors du champ de vue