

**DIPLÔME DE QUALIFICATION DE PHYSIQUE
RADIOLOGIQUE ET MÉDICALE****EPREUVE DE SYNTHESE (2 h)
4 Juin 2015**

CET EXAMEN EST PRÉVU SANS DOCUMENTS. DES RÉPONSES COURTES,
SANS DÉVELOPPEMENTS INUTILES SONT RECOMMANDÉES.

*Comprend trois parties à rédiger sur trois copies indépendantes : Radiothérapie (Partie 1 : 1h),
Imagerie (Partie 2 : 30 min), Médecine Nucléaire (Partie 3 : 30 min)*

Partie 1 : Radiothérapie**Question N°1 : Contrôle de qualité d'un accélérateur linéaire.**

La décision du 27 juillet 2007 fixe les modalités de contrôle de qualité interne des installations de radiothérapie externe.

Vous souhaitez mettre en place la réalisation des contrôles pour les points spécifiques suivants de cette décision, portant sur les caractéristiques du faisceau en régime photons et en mode statique :

- Critère 5.3.2 : Homogénéité et symétrie des champs d'irradiations
- Critère 5.3.3 : Pénombre des champs d'irradiation

Décrire le protocole de mesure que vous mettriez en place pour satisfaire ces contrôles en indiquant : le matériel utilisé, la méthode de mesure et d'analyse. Vous préciserez également les contraintes fixées par la réglementation (périodicité, modalités et critères d'acceptabilité).

Question N°2 : Contrôle de qualité des plans de traitement en RCMI

Votre établissement vient de commencer à utiliser la technique de radiothérapie conformationnelle par modulation d'intensité. Pour cette mise en œuvre, les détecteurs utilisés étaient la chambre d'ionisation et les films radiochromiques.

On vous demande de mettre maintenant en place un contrôle de routine des plans de traitement qui doit permettre d'assurer un contrôle satisfaisant tout en limitant la durée d'immobilisation des équipements et du personnel.

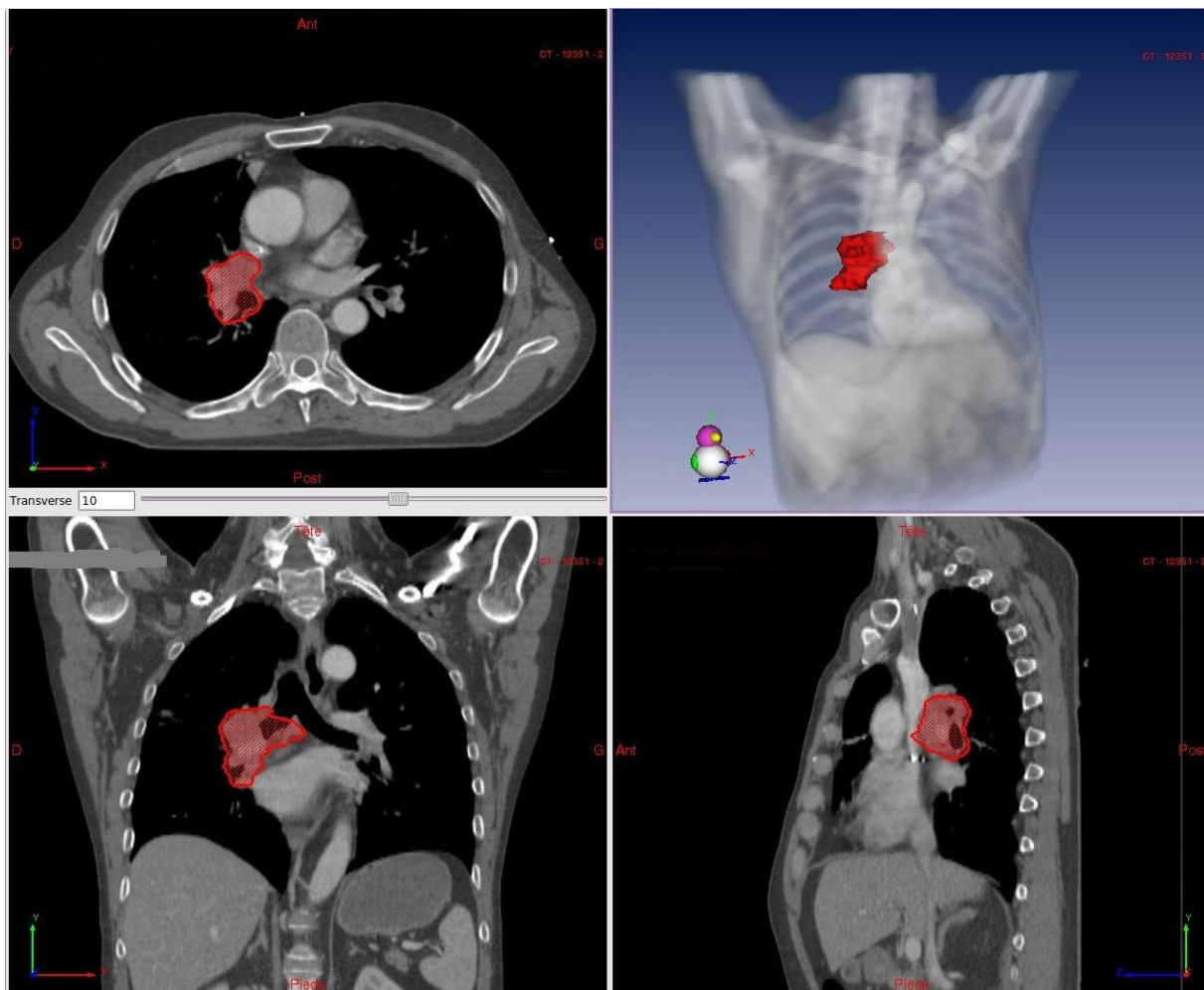
- a) Quels détecteurs ou matériel peuvent être envisagés et en quoi répondent-ils à la problématique posée ? Donner notamment leurs avantages et inconvénients.
- b) En pratique, que feriez-vous pour mettre en place ce contrôle de routine ?

Question N° 3 : Traitement d'une tumeur pulmonaire

Un patient atteint d'une tumeur pulmonaire du lobe moyen Droit doit bénéficier d'une radiothérapie (voir image ci-dessous Figure 1).

- a) Quelle technique conseillerez-vous pour prendre en compte ou limiter le mouvement du volume cible avec la respiration ?
- b) En fonction de la technique précédemment choisie, quels volumes cibles seraient définis selon l'ICRU ? Expliquer les marges appliquées.
- c) Proposer une technique de traitement et une balistique associée utilisant des photons de haute énergie (type de technique, énergie des photons, choix du débit de dose, type et nombre de faisceaux (statiques ou dynamiques), etc., à partir de l'expérience acquise sur votre lieu de stage.
- d) Quels sont les organes à risque (OAR) à prendre en compte ?
- e) Quelles sont les contraintes en termes de dose généralement admises pour ces OAR ?
- f) Pour réaliser le calcul de la distribution de dose vous disposez sur le TPS (Système de planification de la dose) de deux algorithmes : un algorithme type « pencil beam » et un algorithme type « superposition convolution de kernels » avec mise à l'échelle des kernels à partir des informations fournies par les images scanner de référence. Quelles différences observez-vous sur les distributions de dose calculées à partir des deux algorithmes (gradient de dose autour du volume cible, etc.) et sur le nombre d'Unités Moniteurs (UM) à délivrer pour une même dose prescrite ? Quel algorithme va donner la meilleure cohérence calcul/mesure ; pourquoi ?

Données : Figure 1



Partie 2 : Radiologie

Lors du recueil annuel de NRD de votre service de radiologie, la valeur moyenne de la dose entrée du thorax de face adulte est de 52 cGy.cm².

1. Quelle est la valeur moyenne de la dose entrée correspondante ? Justifiez vos choix de calcul.
2. Quels sont les NRD pour cette incidence ? Devez-vous remplir une déclaration d'incident ?
3. Que faites-vous ? Comment ? Détaillez vos différentes actions.

Partie 3 : Médecine Nucléaire

Dans votre service de médecine nucléaire, on se propose d'utiliser un nouveau radionucléide fourni dans le cadre d'un protocole de recherche : le lutétium 177 (Lu-177, T=6,71 jours). Ses caractéristiques physiques, issues du livre *Radionucléides & Radioprotection*, sont données ci-dessous.

	Gamma / X		Beta (E _{max})		Électrons	
	E (keV)	%	E (keV)	%	E (keV)	%
E1	55	5	208	11	6	9
E2	113	6	384	9	48	5
E3	208	11	497	79	110	9

1. Pour étalonner votre activimètre, le laboratoire, promoteur de l'étude, vous fournit un flacon de lutétium accompagné de son certificat d'étalonnage. Décrire comment vous allez procéder pour étalonner votre activimètre en géométrie flacon **et** seringue.
2. L'activité thérapeutique à administrer pour un radiopharmaceutique associé au lu-177 est de 7 GBq. L'administration au patient est réalisée dans le service de médecine nucléaire. On vous demande de faire une évaluation prévisionnelle de l'exposition des extrémités du personnel pendant les phases de préparation et d'injection du radiopharmaceutique.

Vous disposez des données suivantes :

- Constante de débit de kerma dans l'air pour le Lu-177 : $1,32 \cdot 10^{-18} \text{ Gy m}^2 \text{ Bq}^{-1} \text{ s}^{-1}$;
- Couche de demi-atténuation dans le plomb : 0,6 mm ;
- Protège-flacons et protège-seringues utilisés d'épaisseur de plomb : 5 mm ; on considérera que le flacon et la seringue sont toujours protégés pendant les phases de préparation et d'injection.
- Phase de préparation : distance de manipulation : 10 cm ; temps de préparation : 10 minutes ;
- Phase d'injection : distance de manipulation : 1 cm ; temps d'injection : 5 minutes.

- a) Évaluer le niveau d'exposition des extrémités d'un opérateur sur chacun des deux postes (préparation et injection).
 - b) Compte tenu du recrutement prévisionnel (2 patients par mois) et du nombre de cures thérapeutiques pour un traitement (4 cures à 3 mois d'intervalle), qu'en déduisez-vous sur l'exposition annuelle des extrémités d'un opérateur ?
3. Lorsque le patient sort de l'hôpital, le débit de dose mesuré à 1 m est de 20 $\mu\text{Sv/h}$. Donner le principe de détermination des consignes de restriction de contact pour l'entourage du patient après sa sortie de l'hôpital.
4. On se propose de réaliser une imagerie scintigraphique TEMP post-thérapeutique.
- a) Quel(les) fenêtre(s) spectrométrique(s) proposez-vous ?
 - b) Quel collimateur proposez-vous ? Pourquoi ?

**DIPLOME DE QUALIFICATION DE PHYSIQUE
RADIOLOGIQUE ET MÉDICALE
PROMOTION 2013/2015**

**EPREUVE DE RADIOTHERAPIE (1 h)
4 Juin 2015**

CET EXAMEN EST PRÉVU SANS DOCUMENTS. DES RÉPONSES COURTES, SANS
DÉVELOPPEMENTS INUTILES SONT RECOMMANDÉES.

Rédiger chacune des questions I à III sur des feuilles séparées

Tenir compte du temps indiqué pour chaque question, pour dimensionner votre réponse

QUESTION I : Dosimétrie des mini-faisceaux (20 min)

1. DÉFINITION D'UN PETIT FAISCEAU

- a) Donner la définition d'un petit faisceau. On se basera sur l'approche qui prend en compte trois facteurs.
- b) Préciser à partir de quelle taille de champ d'irradiation un faisceau est considéré petit.

2. MESURES RELATIVES DANS LES PETITS FAISCEAUX

Lors de la réception d'un nouvel accélérateur permettant des traitements avec petits faisceaux, vous souhaitez mesurer les trois caractéristiques suivantes : profil de dose, rendement en profondeur et FOC.

Pour chacune des trois caractéristiques :

- a) Citer deux types de détecteurs qui peuvent être utilisés pour la mesure.
- b) Lorsqu'il existe, préciser lequel de ces détecteurs est « idéal » et expliquer brièvement en quoi il est mieux adapté que l'autre détecteur proposé.

Remarque : les deux types de détecteurs proposés peuvent être différents selon la caractéristique mesurée.

QUESTION II : Protonthérapie (20 min)

1. Expliquer succinctement, en vous aidant d'un schéma, le principe du contrôle de dose par imagerie TEP en protonthérapie. Quels sont les principaux émetteurs imagés ?
2. L'imagerie des gammas prompts est une technique d'imagerie alternative à l'imagerie TEP.
 - a) Quelles sont les deux géométries de détection à l'étude en recherche sur cette thématique ?
 - b) Discuter des avantages et inconvénients de cette technique.
 - c) Quelle méthode est utilisée pour réduire le bruit neutronique dans les géométries collimatées ?

QUESTION III : Radiothérapie Interne Vectorisée (RIV) (20 min)

La RadioPeptidoThérapie est en cours d'évaluation pour le traitement des tumeurs neuroendocrines. Il s'agit d'une administration systémique de peptides radiomarqués, soit avec du ^{177}Lu (^{177}Lu -DotaTate), soit avec de l' ^{90}Y (^{90}Y -DotaTOC).

1. Définir le type d'approche dosimétrique que vous seriez amenés à implémenter.
 - Détermination de l'activité ?
 - o Directe ? Avec un isotope de substitution ?
 - Détermination de la pharmacocinétique ?
 - o Combien de points ?
 - Calcul dosimétrique ?
 - o Quel logiciel ? Quel type d'approche ?
2. On remarque que le ^{90}Y -DotaTOC à une toxicité rénale plus importante que le ^{177}Lu -DotaTate (à activité administrée égale). Donnez des pistes permettant d'expliquer cette observation, sachant que l'élimination rénale des peptides entraîne une fixation hétérogène (au niveau microscopique) dans le cortex rénal.
3. La mIBG (marquée à l'iode 131) est parfois utilisée dans le cadre du traitement des tumeurs neuroendocrines. Avantages/inconvénients de cet isotope dans un contexte de RadioPeptidoThérapie (par rapport aux 2 précédents) ?

Isotope	E β moy (keV)	Gamma ?	T1/2 (jours)
^{90}Y	948,8	-	2,67
^{131}I	191,5	364 keV (81%)	8,02
^{177}Lu	132,9	208 keV (11%)	6,71

**DIPLOME DE QUALIFICATION DE PHYSIQUE
RADIOLOGIQUE ET MÉDICALE
PROMOTION 2013/2015**

**ÉPREUVE D'IMAGERIE (1H)
4 Juin 2015**

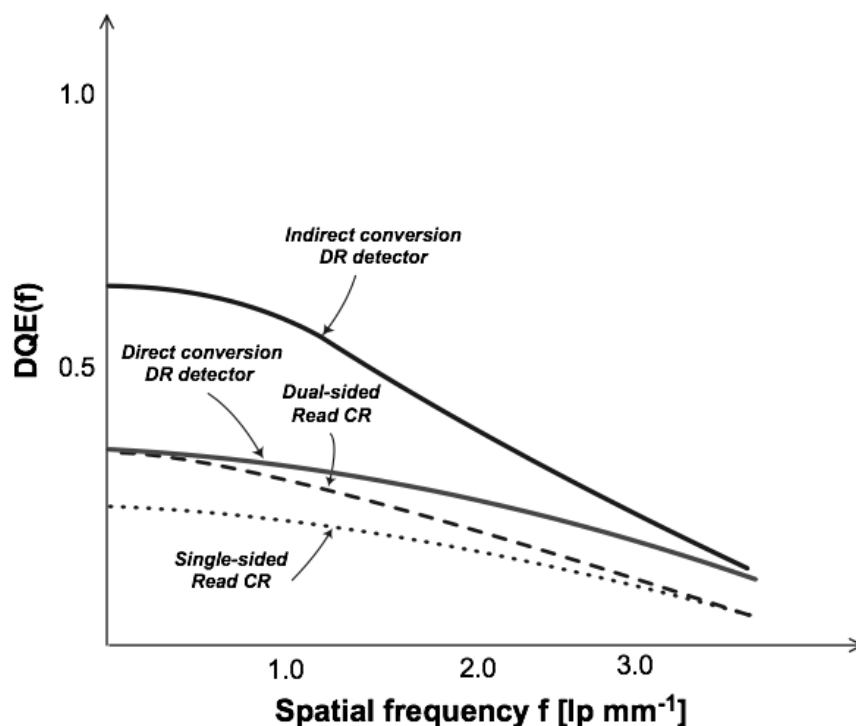
CET EXAMEN EST PRÉVU SANS DOCUMENTS. DES RÉPONSES COURTES, SANS
DÉVELOPPEMENTS INUTILES SONT RECOMMANDÉES.

Rédiger chacune des questions I à III sur des feuilles séparées

Tenir compte du temps indiqué pour chaque question, pour dimensionner votre réponse

QUESTION I : Imagerie de qualité en radiologie : Notions fondamentales en imagerie (20 min)

1. Quels sont les différents niveaux d'évaluation de la qualité image
2. Dans quelle catégorie classeriez-vous l'index de performance Efficacité de Détection Quantique (DQE selon l'acronyme anglais).
3. Comment interprétez-vous le graphique ci-dessous représentant les DQE des différents types de détecteur de radiologie conventionnelle ? Et quelles informations utiles auraient dû être apportées à ce graphique.



QUESTION II : TEP-TDM Reconstruction et methodes de correction (20min)

1. Les images TEP reconstruites avec l'algorithme itératif EM-ML exécuté jusqu'à convergence sont très bruitées. Citez deux moyens simples de limiter (régulariser) le bruit dans l'image reconstruite EM-ML.
2. Quelles sont les deux méthodes généralement utilisées pour corriger des coïncidences fortuites les données en TEP ? Donner leurs avantages ou inconvénients respectifs en termes de biais et de bruit.

QUESTION III : Scanographie (20 min)

Concernant l'optimisation des paramètres d'acquisition en CT que pouvez-vous dire des points suivants :

1. Lors d'une acquisition avec produit de contraste iodé comment améliorer le rapport contraste-sur-bruit tout en diminuant l'exposition du patient ? Sur quel principe cette stratégie repose-t-elle ?
2. Le reformatage des images CT (obtention de coupes coronales par exemple) nécessite quelques précautions au niveau de l'acquisition des données et de la reconstruction des données. A quoi pensez-vous qu'il faille faire attention ?
3. Définir et expliquer le rôle et l'utilisation des indicateurs dosimétriques en CT ($CTDI_{vol}$, PDL)