

**DIPLÔME DE QUALIFICATION DE PHYSIQUE  
RADIOLOGIQUE ET MÉDICALE  
PROMOTION 2014/2016**

**ÉPREUVE DE SYNTHÈSE (4 h)  
26 mai 2016 de 9h00 à 13h00**

---

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

---

**NOM :** .....

**PRÉNOM :** .....

**Candidat n° :** .....

**ÉPREUVE DE SYNTHÈSE : RADIOTHÉRAPIE**  
**Candidat n° :**

**Partie 1 : Radiothérapie (1 h) Vincent Marchesi**

**Radiothérapie externe d'une tumeur gynécologique**

Une patiente doit recevoir un traitement pour une tumeur de l'utérus sur un accélérateur linéaire conventionnel.

1. Proposer une technique de traitement utilisant l'accélérateur linéaire d'électrons qui puisse permettre d'aboutir à la distribution de dose proposée sur la figure 1. Quel est son intérêt pour ce genre de localisation ?
2. Pour la technique retenue proposer une description de la balistique (énergie, nombre de faisceaux et orientation, etc.); justifier vos choix.
3. Proposer un protocole d'acquisition des données morphologiques du patient incluant les éléments suivants :
  - a) position de la patiente et contention éventuelle,
  - b) protocole d'acquisition en imagerie CT (mode d'acquisition, limites morphologiques de l'acquisition, paramètres radiologiques, repères, épaisseur de coupe, etc.).
4. Quels sont les volumes qui seront délinéés en tant qu'organes à risques ?
5. La prescription médicale est de 50 Gy à raison de 2 Gy par séance et 5 séances par semaine sur le PTV. Donner la définition du PTV selon l'ICRU après avoir rappelé la définition du GTV et du CTV ; quelle marge proposez-vous pour construire le PTV ; justifier la valeur retenue.
6. Donner les objectifs et contraintes généralement retenus :
  - a) sur le volume cible
  - b) sur les organes à risques
7. Proposer une procédure de contrôle du positionnement adaptée à cette localisation au cours du traitement (modalité, fréquence, marges etc...). Comment justifier le choix de la procédure retenue ?

**Curiethérapie du col de l'utérus**

Pour le traitement d'un cancer du col de l'utérus le protocole d'irradiation prévoit une dose de 60 Gy sur l'isodose de référence (Figure 2).

La technique retenue est la technique de curiethérapie « endocavitaire » à débit pulsé (technique PDR/ Pulsed Dose Rate) utilisant une source radioactive d'iridium 192 (<sup>192</sup>Ir).

8. Décrire le principe de mise en œuvre de la technique PDR pour ce type de traitement (matériel et méthode)
9. Quelle est la nature du rayonnement qui participe effectivement à l'irradiation de la cible. Donner les caractéristiques physiques de la source radioactive (spectre, énergie moyenne, période radioactive, etc.)
10. Quelle est l'activité de la source utilisée à son chargement dans le projecteur (en MBq et en Ci). Quel est le critère de choix de cette activité de référence ; donner notamment le nombre de pulse par heure et le débit maximum à utiliser en Gy/h.
11. Au bout de combien de temps la source doit-elle être renouvelée ? Justifier votre réponse.

## ÉPREUVE DE SYNTHÈSE : RADIOTHÉRAPIE

### CANDIDAT N° :

12. Énoncer les contrôles de radioprotection à mettre en œuvre depuis la réception de la source radioactive jusqu'à sa reprise par le fabricant.
13. Énoncer les contrôles de qualité à mettre en œuvre à la réception de la source radioactive avant toute utilisation clinique.

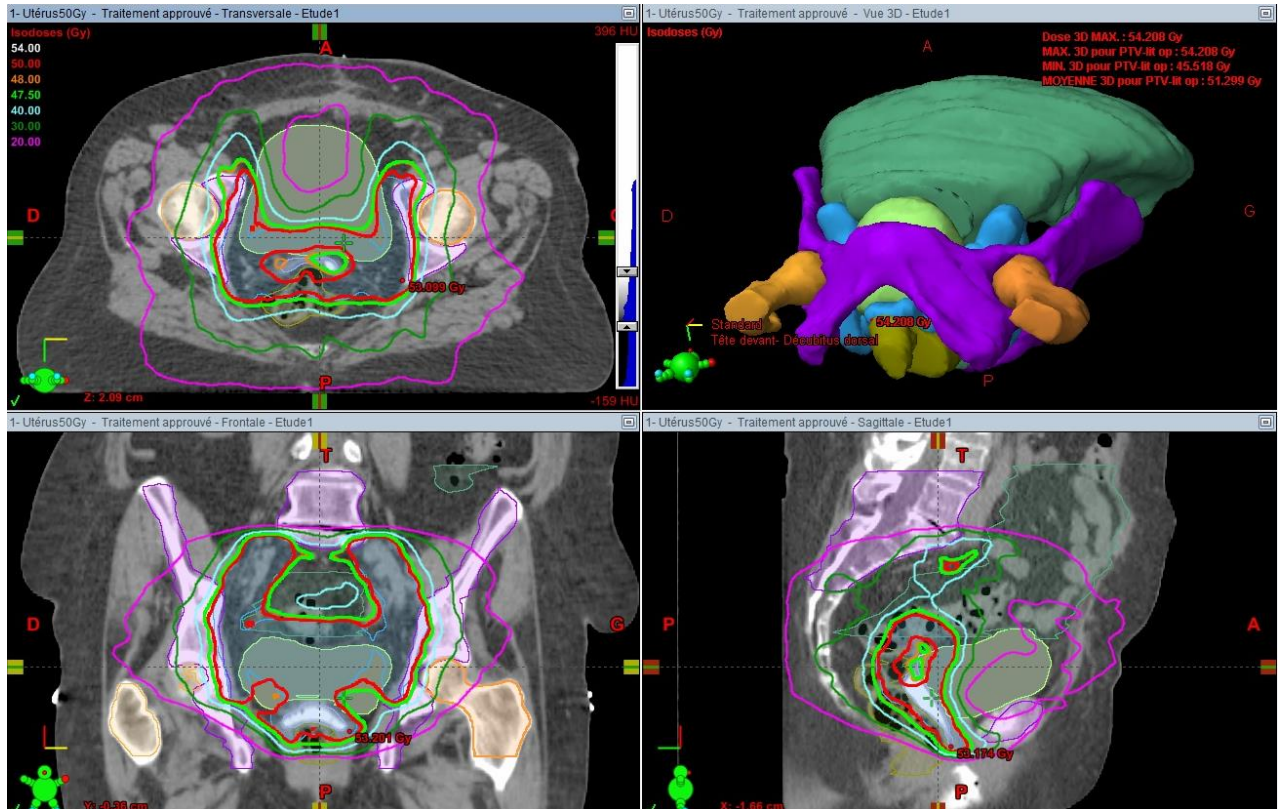


Figure 1.

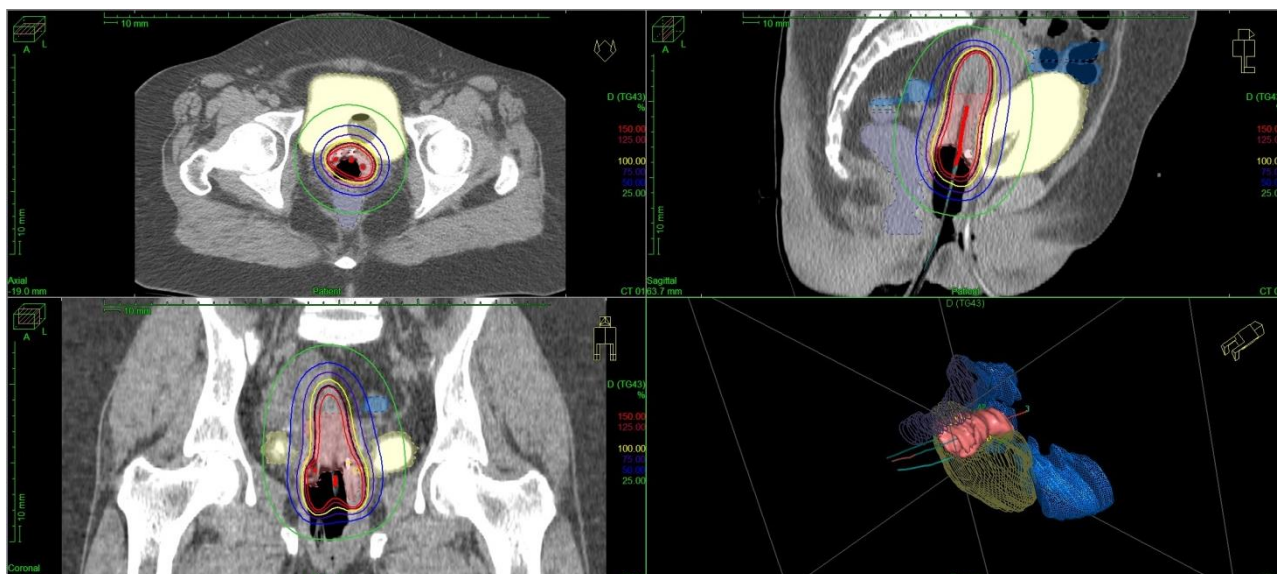


Figure 2.

**ÉPREUVE DE SYNTHÈSE : RADIOLOGIE**  
**Candidat n° :**

**Partie 2 : Radiologie (30 min) Didier Defez**

Lors d'un examen de radiologie interventionnelle réalisé en urgence (hémorragie de la délivrance), les paramètres suivants vous sont reportés par la machine :

Durée de la scopie cum. : 14min et 53 secondes

PDS cum. (scopie) : 77403 mGy·cm<sup>2</sup>

Kerma d'air cumulé : 3 514.51 mGy

Nombre total d'images : 213

PDS total : 876122 mGy·cm<sup>2</sup>

PDS cum. (expo) : 798719 mGy·cm<sup>2</sup>

Nombre total de séquences : 16

Nbre total d'images d'exposition : 213

Nombre séq	Nombre d'images	Procédure	Heure hh:mm	Vitesse i/s	kV	mA mAS	ms	Rotation	Angle	DFI [cm]
1	15	Embolisation Fibrome Uterin 2i/s	19:18	2	88	93		+4	-3	108
2	11	Embolisation Fibrome Uterin 2i/s	19:18	2	99	83		-31	-3	108
3	13	Embolisation Fibrome Uterin 2i/s	19:19	2	89	92		-31	-3	108
4	8	Embolisation Fibrome Uterin 2i/s	19:23	2	89	92		-31	-3	108
5	21	Embolisation Fibrome Uterin 2i/s	19:27	2	96	85		-27	-3	108
6	16	Embolisation Fibrome Uterin 2i/s	19:31	2	96	85		-27	-3	108
7	12	Embolisation Fibrome Uterin 2i/s	19:34	2	102	81		-27	-3	108
8	17	Embolisation Fibrome Uterin 2i/s	19:35	2	99	83		-27	-3	108
9	8	Embolisation Fibrome Uterin 2i/s	19:36	2	99	83		-1	-3	108
10	10	Embolisation Fibrome Uterin 2i/s	19:39	2	92	89		-1	-3	108
11	11	Embolisation Fibrome Uterin 2i/s	19:41	2	81	102		+23	-3	108
12	12	Embolisation Fibrome Uterin 2i/s	19:41	2	93	88		+23	-3	108
13	19	Embolisation Fibrome Uterin 2i/s	19:44	2	94	87		+23	-3	108
14	10	Embolisation Fibrome Uterin 2i/s	19:47	2	96	86		+23	-3	108
15	12	Embolisation Fibrome Uterin 2i/s	19:48	2	96	86		+23	-3	108
16	18	Embolisation Fibrome Uterin 2i/s	19:51	2	96	85		+23	-3	108

NB : Rotation et Angle correspondent aux deux mouvements rotationnels possibles du bras de la salle, définis en degrés.

**ÉPREUVE DE SYNTHÈSE : RADIOLOGIE**  
**Candidat n° :**

1. Que pensez-vous des doses délivrées ? Sont-elles élevées, classiques ou faibles ? Est-ce habituel ?
2. Détaillez les indicateurs dosimétriques utilisés : quels sont-ils ? Que mesurent-ils et où ? Existe-t-il des limites à ne pas dépasser ? Réglementaires ? Qu'est-ce que la DFI (dernière colonne) ?
3. Y a-t-il quelque chose à faire concernant la patiente ? Si oui quoi et pourquoi ? Détaillez votre réponse. Quels sont les risques encourus par la patiente suite à cet examen ?
4. Que pouvez-vous dire de l'utilisation de la machine ? Avez-vous des remarques à faire au médecin (bonnes ou mauvaises) liées à son utilisation de la machine ? Précisez vos réponses. Quelles améliorations préconisez-vous ?
5. Pouvez-vous estimer la dose max à la peau de la patiente ? Si oui, comment procédez-vous ? Quelles hypothèses faites-vous et pourquoi ?  
En supposant que la surface irradiée à la peau de la patiente soit de 80 cm<sup>2</sup>. Quelle est la dose peau obtenue dans ce cas ?

Données :

- Distance source- table : 68.5 cm
- Diamètre patiente : 32.5 cm
- Taille opérateur : 180 cm
- Diagonale Ampli : 42 cm

**ÉPREUVE DE SYNTHÈSE : MÉDECINE NUCLÉAIRE**  
**Candidat n° :**

**Partie 3 : Médecine Nucléaire (30 min) Jean-Marc Vrigneaud**

Sur une caméra à scintillations, on se propose d'étudier les protocoles relatifs à l'exploration de la perfusion myocardique à l'aide de traceurs technétiés.

1. Pour un dépistage de la maladie coronarienne, décrire :
  - a) L'objectif de l'examen ;
  - b) Les différentes étapes de l'examen ;
  - c) Le principe de l'interprétation de l'examen.
2. Donner, pour la tomoscintigraphie myocardique :
  - a) la forme pharmaceutique associée, le mode d'administration du traceur radioactif, le collimateur qui sera monté sur la caméra et la fenêtre spectrométrique utilisée ;
  - b) l'ordre de grandeur de l'activité administrée pour un patient de 70 kg et le délai administration-acquisition pour chaque examen scintigraphique dans la cadre du protocole utilisé sur votre site (protocole 1 jour ou protocole 2 jours) ;
  - c) Les paramètres d'acquisition (configuration des détecteurs, le type d'orbite, la taille de la matrice, le nombre d'angles, le zoom, le temps par projection) pour chaque examen scintigraphique ;
  - d) La technique de traitement des images.
3. Discuter les avantages et les inconvénients d'une orbite de 180° versus une orbite de 360° en imagerie cardiaque.
4. Pour l'étude de la viabilité myocardique, on peut préférer utiliser du thallium-201. D'un point de vue physique et dosimétrique, quels sont les inconvénients de l'utilisation de ce traceur ?
5. Quel est l'intérêt de coupler la tomoscintigraphie myocardique à l'ECG ? Quel traitement des images est alors effectué en supplément ?
6. Quel peut être l'apport de l'imagerie hybride (couplage avec un scanner) en tomoscintigraphie myocardique ? Expliquer.
7. Si maintenant on réalise cet examen sur une caméra de type CZT. Quels sont les bénéfices attendus au niveau du patient et de la qualité d'image ? Expliquer.

**ÉPREUVE D'IMAGERIE : QUESTION I**  
**Candidat n° :****QUESTION I : Optimisation en Médecine Nucléaire (20 min) B. Farman**

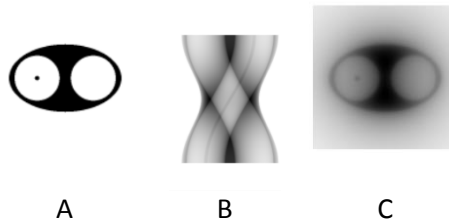
1. Quelles sont les deux aspects de l'optimisation en médecine nucléaire ? Développez l'importance de chaque partie.
2. Que faites-vous concrètement si votre service dépasse les NRD pour une scintigraphie donnée (en moyenne) ?

**ÉPREUVE D'IMAGERIE : QUESTION II**  
**Candidat n° :**

**QUESTION II : TEP TDM (20 min) C. Comtat**

**1. Reconstruction analytique 2D**

La projection de l'objet-test A correspond au sinogramme B. Si l'on effectue une rétroprojection simple de ce sinogramme B, on obtient l'image C :



Quelle opération mathématique doit-on effectuer sur le sinogramme B pour que sa rétroprojection donne l'objet de départ A et non l'image C (algorithme FBP) ?

**2. Atténuation**

Quelle est la différence entre une projection atténuée en Tomographie par Émission de Positons (TEP) et en Tomographie d'Émission Monophotonique (TEMP) ?

Quelle est la conséquence de cette différence sur la correction d'atténuation en TEP et en TEMP ?

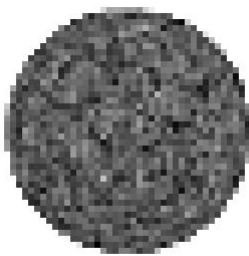


**ÉPREUVE D'IMAGERIE : QUESTION III**  
**Candidat n° :**

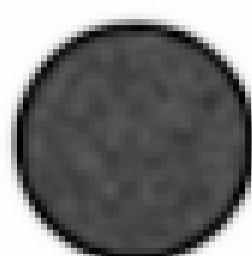
**QUESTION III : Imagerie SPECT. Problématique de déconvolution (20 min) T. Carlier**

La plupart des données reconstruites en imagerie SPECT le sont aujourd'hui en utilisant la déconvolution de la réponse impulsionnelle du système. Cette déconvolution est incorporée dans l'algorithme de reconstruction statistique itératif.

On considère les deux volumes reconstruits d'un cylindre uniforme (figure 1 et figure 2).

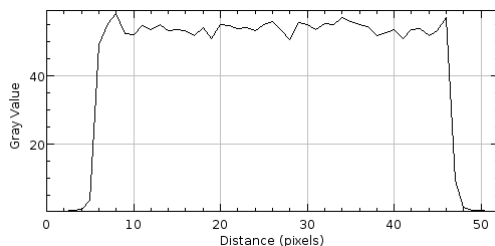


**Figure 1**

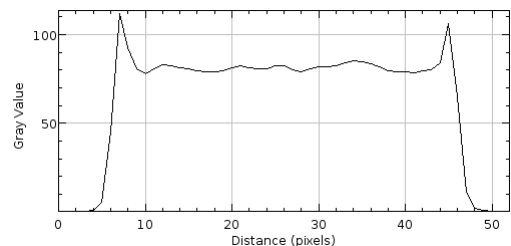


**Figure 2**

1. Identifier le volume reconstruit sans modélisation de la réponse impulsionnelle et celui reconstruit avec (figures 1 et 2). Vous justifierez précisément votre réponse.
2. Un profil réalisé sur les figures 1 et 2 est représenté respectivement sur les figures 3 et 4. Que constatez-vous ? Comment expliquer cet aspect ?
3. La figure 5 représente une scintigraphie réalisée 5 jours après administration d'une gélule d'iode 131 pour traitement d'un cancer différencié de la thyroïde. Que constatez-vous ? Comment expliquer ce phénomène ?
4. Donnez les différentes composantes physiques du phénomène que vous observez (au nombre de 4)
5. Expliquez quel moyen mathématique peut-être mis en œuvre pour corriger individuellement chacune de ces composantes.



**Figure 3**



**Figure 4**

**ÉPREUVE D'IMAGERIE : QUESTION III**  
**Candidat n° :**



**Figure 5**

**ÉPREUVE TRONC COMMUN ET RADIOTHÉRAPIE : QUESTION I**  
**Candidat n° :****QUESTION I : Gestion des risques (20 min) P. François**

Décrire les 5 étapes nécessaires à une démarche d'analyse des risques à priori.

**ÉPREUVE TRONC COMMUN ET RADIOTHÉRAPIE : QUESTION II**  
**Candidat n° :**

**QUESTION II : Dosimétrie des petit-faisceaux (20 min) M. Le Roy**

**1. DÉFINITION D'UN PETIT FAISCEAU**

La taille de champ à partir de laquelle un faisceau de photons de haute énergie est considéré comme petit dépend-elle de l'énergie du faisceau utilisé ? Justifier votre réponse.

**2. DÉTECTEURS ET MESURES RELATIVES EN PETITS FAISCEAUX**

Vous souhaitez réaliser des mesures relatives en petits faisceaux avec une diode silicium et des films radiochromiques :

- a) Pour chacun de ces deux détecteurs, donner deux avantages et deux inconvénients.
- b) Lors de mesures de profils de dose avec ces deux détecteurs, vous remarquez que la pénombre mesurée avec la diode est plus étroite que celle obtenue avec les films. Comment expliquez-vous ce phénomène ?
- c) Vous souhaitez mesurer des FOC avec la diode silicium :
  - Pourquoi n'est-il pas recommandé d'utiliser une mesure en champ de  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  avec la diode pour la normalisation des FOC mesurés en petits faisceaux ?
  - Quelle alternative peut être utilisée ?

**ÉPREUVE TRONC COMMUN ET RADIOTHÉRAPIE : QUESTION III**  
**Candidat n° :**

**QUESTION III : Les accélérateurs et faisceaux en Radiothérapie par Particules**  
**Lourdes chargées (20 min) S. Meyroneinc**

**1. ACCÉLÉRATEURS DE PARTICULES**

Veillez décrire successivement le principe des 3 types d'accélérateur de particules (le Linac, le cyclotron et le synchrotron), en indiquant leurs principes de fonctionnement et leurs éléments constitutifs. Un schéma simple à la main pourra être réalisé.

**2. MÉTHODES DE CONFORMATION DU FAISCEAU EN PARTICLE THERAPY**

Veillez indiquer les différences entre la méthode de « diffusion passive » et la méthode dite « à balayage actif » (ex : Pencil Beam Scanning).