

**DIPLÔME DE QUALIFICATION DE PHYSIQUE
RADIOLOGIQUE ET MÉDICALE****EPREUVE DE SYNTHÈSE (2 h)
20 Avril 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 : Caractérisation du débit de référence de la machine***

On dispose d'un accélérateur de particules de type Varian Clinac iX délivrant des faisceaux de photons de 6 et 15MV et des faisceaux d'électrons de 6, 9, 12, 16 et 18 MeV.

Il est équipé d'un collimateur multilames de 120 lames de largeur 5 mm à l'isocentre, d'un système d'imagerie portale haute énergie et d'un système d'imagerie embarqué de type OBI utilisant un tube à rayons X (kV). Pour les deux systèmes d'imagerie la détection des images est assurée par une technologie basée sur des plaques à silicium amorphe.

On veut procéder à la caractérisation du débit de référence exprimé en terme de rapport Dose(cGy)/UM des faisceaux selon le protocole AIEA TRS 398.

- Sur le certificat d'étalonnage de la chambre d'ionisation reproduit en figure 1, quelles sont les informations pertinentes à relever pour la détermination du rapport Dose(cGy)/UM ? Outre la valeur du facteur de calibration du détecteur et la qualité du faisceau de référence, donner un exemple de paramètre qui peut varier selon les certificats. Expliquer notamment comment vous en tenez compte lors d'une mesure.
- Le constructeur préconise le réglage du débit exprimé en cGy/UM à la profondeur du maximum de dose dans l'eau sur l'axe du faisceau, pour une distance de la source à la surface du milieu de 100cm et une dimension de champ carré de 10 cm x 10 cm à l'isocentre. Décrivez une méthodologie pour déterminer le débit exprimé en cGy/UM dans les conditions de référence selon le protocole AIEA TRS 398 pour les faisceaux de photons et les faisceaux d'électrons ?

- c) Donner un ordre de grandeur de la valeur numérique du rapport Dose(cGy)/UM pour le faisceau de photons de 6 MV

Lors du contrôle quotidien de stabilité du débit de dose, on observe des valeurs en dehors des critères d'acceptabilité prévus par la législation.

- d) Donner les critères d'acceptabilités sur l'évaluation de la stabilité du rapport Dose(cGy)/UM selon la législation en vigueur en France. Quelles mesures en cas de dépassement des critères sont prévues par la législation ?
- e) Si la valeur du rapport Dose(cGy)/UM vaut 1,003, quelles sont les mesures concrètes que vous prendriez dans une telle situation ?
- f) Citer trois causes potentielles d'une telle dérive ? Comment pouvez-vous identifier la cause de la dérive ?

Après investigation, il s'avère que les chambres moniteurs de l'accélérateur étaient défectueuses.

- g) Décrire le principe de ces chambres ainsi que leur rôle.
- h) Après remplacement des chambres, quels réglages de l'accélérateur seront nécessaires ? Quelles sont les valeurs cibles des paramètres dosimétriques que vous chercherez à obtenir et pourquoi ?

Question N°2 : Traitement d'une tumeur cérébrale

Un patient atteint d'une tumeur cérébrale doit recevoir une radiothérapie à une dose de 54 Gy en 27 séances.

- a) Quel protocole d'acquisition des images pour la saisie des informations morphologiques sur le scanner proposeriez-vous ? En particulier justifier le choix de l'épaisseur de coupe retenue.
- b) Quel type de contention proposez-vous pour la mise en œuvre du traitement ? Donner une description de la contention (forme, qualité des matériaux, etc.) ? Quel niveau de précision peut-on atteindre avec la contention proposée ?
- c) Les structures délinéées par le radiothérapeute sont représentées sur la figure 2 et suivent les recommandations des rapports 50 et 83 de l'ICRU. Décrire tous les volumes représentés sur l'image. Expliquer notamment les critères qui permettent de déterminer les marges utilisées.
- d) Quelle imagerie complémentaire est adaptée pour la délinéation des structures dans ce cas ?
- e) Quelles sont les doses limites communément admises pour les organes à risques délinéés déterminées à la question (c) ?
- f) Quelles sont les différences entre les recommandations de l'ICRU pour la prescription de dose sur les volumes cibles en radiothérapie conformationnelle classique et en RCMI (RT avec modulation d'intensité) ?
- g) Pour ce type de traitement, un contrôle quotidien par imagerie tomographique en faisceau large (CBCT) est choisi. Est-ce selon vous le protocole le plus adapté ? Justifiez.

Données : Figure 1**CALIBRATION CERTIFICATE**

No. 1305084



PTW-Freiburg, Lörracher Str. 7, 79115 Freiburg, Germany ☎ +49-(0)761- 49055-0 FAX +49-(0)761- 49055-70 E-Mail info@ptw.de

Calibration Object

Radiation Detector

Detector [REF] TM23332 [SN] 000970
Detector Type Ionization Chamber

Manufacturer PTW-Freiburg
Customer PTW-France SARL

Order No. : R133445-1
Order Date : 2013-11-13

41, Chemin de la Cerisaie
F-91620 La Ville du Bois

Calibration ResultsMeasuring Quantity Absorbed Dose to Water (D_w)Detector Calibration Factor $N_{D,w} = 1.060 \cdot 10^8 \text{ Gy / C}$

Beam Quality Correction

Beam Quality	Correction Factor k_Q	Uncertainty
^{60}Co	1.000	1.1 %

Reference Conditions

Beam Quality: ^{60}Co
Temperature: 293.2 K (20°C)
Air Pressure: 1013.25 hPa
Relative Humidity: 50%
Chamber Voltage/Polarity: + 400 V
Ion Collection Efficiency: 100 %

Calibration Date

2013-11-25

Recalibration Interval

2 years (recommended)

Freiburg, 2013-11-26

PTW-Freiburg
Physikalisch-Technische
Werkstätten Dr. Pychlau GmbH

(Signature)

Figure 1 (suite)

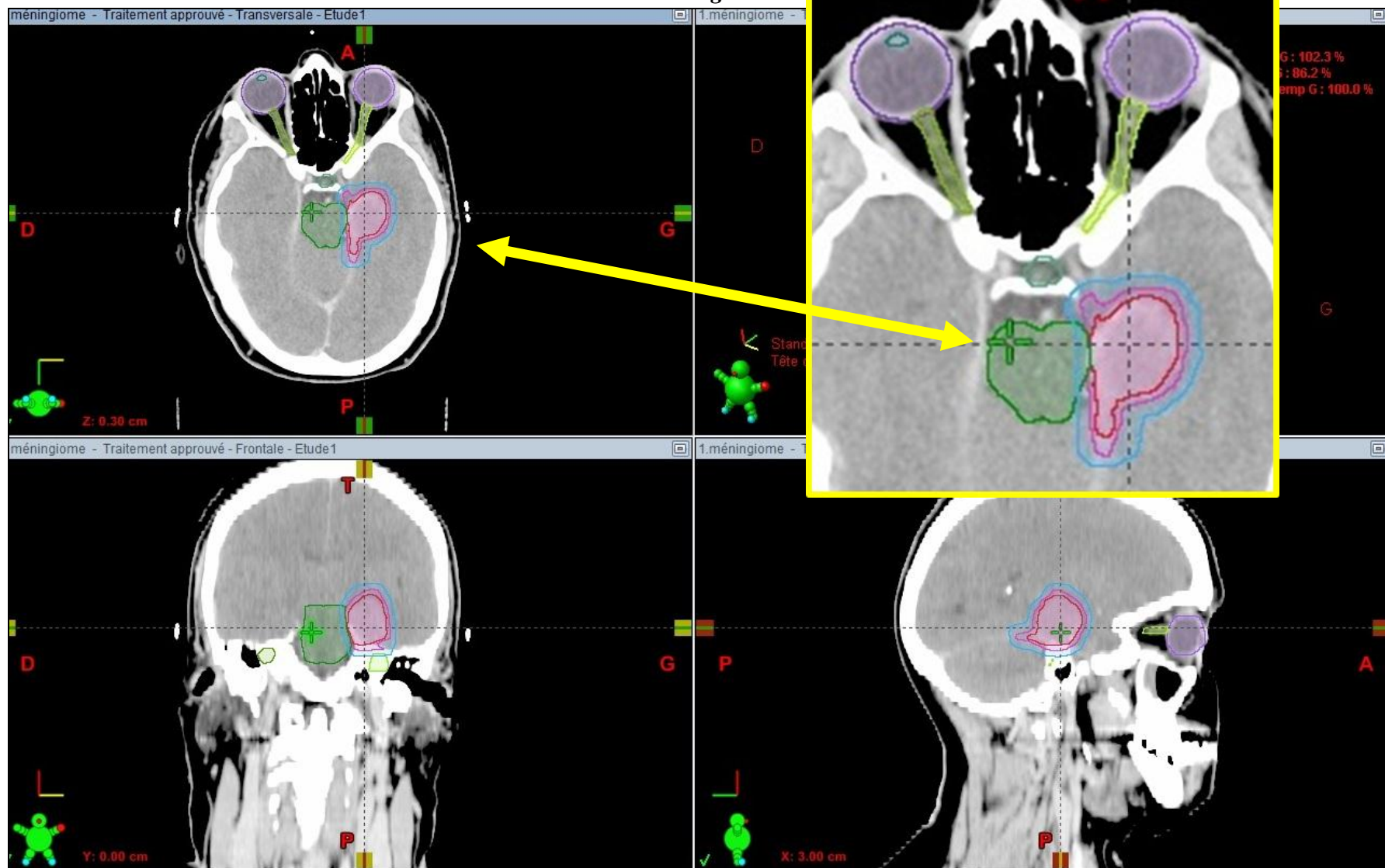
Calibration Conditions and Set-up

Climatic Conditions	Temperature Range:	(294.2 ± 3) K / (21 ± 3) °C			
	Air Pressure Range:	(1000 ± 50) hPa			
	Rel. Humidity Range:	(40 ± 20) %			
Beam Quality and Geometry	Quality	Filter [mm]	HVL [mm]	SDD [cm]	Size [cm]
	⁶⁰ Co	-	-	100	10 x 10
	Quality:	Beam qualities according to DIN 6809-5 / DIN 6809-4			
	Filter:	Total filtration (inherent and additional filters)			
	HVL:	Half value layer at the point of measurement			
	SDD:	Distance between radiation source and reference point			
	Size:	Field size at reference point, diam. = Field Diameter			
	Reference depth:	5 g cm ⁻² H ₂ O			
Detector Arrangement	Chamber axis perpendicular to radiation beam axis Line on chamber stem faced towards the radiation source Reference point position at stated measuring depth / distance to the radiation source (For further information see manual and data sheet of detector.)				
Dose and Dose Rate	Absorbed Dose To Water :	min.: 5.0 · 10 ⁻² Gy / max.: 5.0 Gy			
	Absorbed Dose To Water rate :	min.: 50 mGy/min / max.: 300 mGy/min			
Polarity Effect	≤ 0.2 % (not accounted for in the detector calibration factor)				
Saturation Correction Factor	k _s = 1.000				
Leakage	Negligible during calibration				

Remarks

- The uncertainty stated corresponds to the double standard deviation (k=2). The standard deviation was calculated according to ISO GUM from the partial uncertainties arising from the standard used, the calibration procedure, the environmental conditions and short time effects of the object of measurement. The uncertainties stated are composed of the uncertainties of the calibration procedure and those of the specimen during calibration. A share for the long-term instability of the object under calibration is not included.
- The calibration is traceable to national standards of the German National Laboratory, PTB, Braunschweig. This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory. This certificate is valid only with the ionization chamber showing the intact sticker with the certificate number. Calibration factors of chambers having been opened for repair are not comparable to previous calibrations. Calibration certificates without signature are not valid.
- The components of the calibration object fully comply with the respective specifications given in the data sheet and user manual.

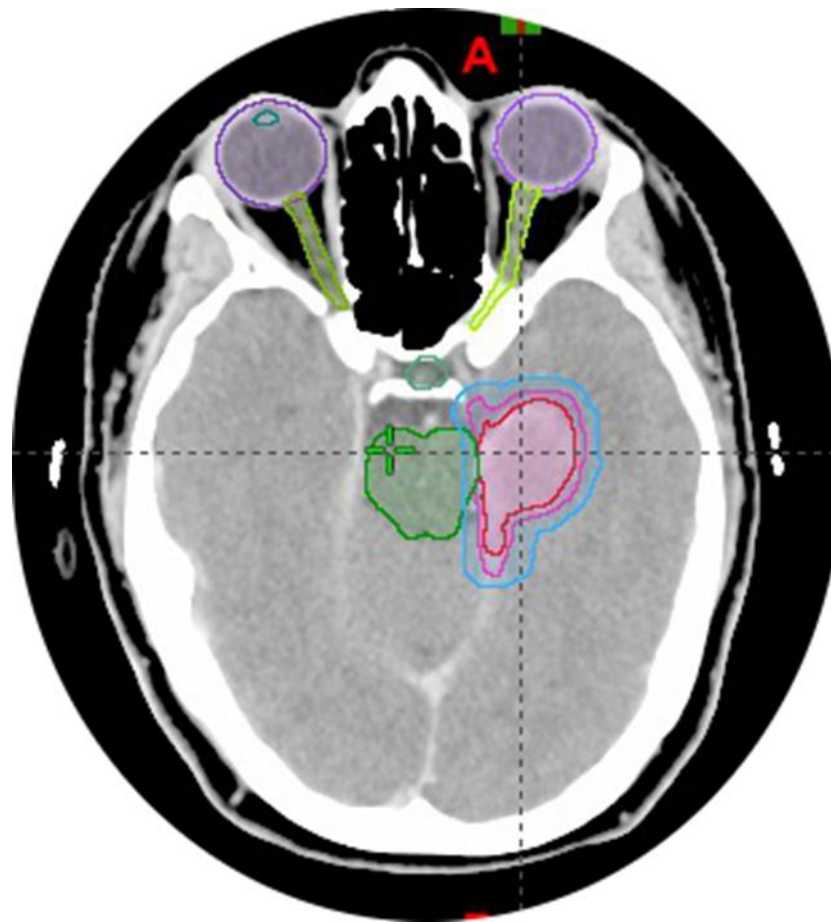
Figure 2



Question N°2 :

- c) Localiser et donner le nom des structures délinéées.

Note les réponses directement sur la feuille joint avec votre copie.



Partie 2 : Radiologie

Vous avez en charge la machine TEP-CT servant à réaliser l'exposition de syndromes démentiels.

Question N°1 :

Quels contrôles devez-vous réaliser sur cette machine ? Énumérez-les et décrivez-les succinctement ainsi que leur fréquence. Quel organisme les a rédigés ?

Question N°2 :

Quel diamètre (région) de normalisation doit être utilisé ? Pourquoi ?

Question N°3 :

Quels sont les NRD relatifs à cette acquisition ? Argumentez.

Question N°4 :

Pour chacun des trois constructeurs, décrivez le type ainsi que le fonctionnement de la modulation d'intensité utilisée pour cette acquisition.

Partie 3 : Médecine Nucléaire

Dans le cadre d'une exploration de syndromes démentiels, on réalise une acquisition TEP/TDM du crâne avec du F18-FDG (2-F18 fluoro-2-desoxy-D-glucose). Le protocole sur site consiste à injecter 2 MBq/kg et à respecter un délai d'attente de 30 minutes entre l'injection et l'acquisition TEP/TDM.

Question N°1

Quelles différences techniques majeures voyez-vous entre un protocole d'acquisition (et de reconstruction) TEP cérébral et un protocole d'acquisition (et de reconstruction) TEP corps-entier ?

Question N°2

L'analyse des images cliniques est essentiellement visuelle. Dans certains cas, cependant, il peut être utile d'obtenir une information quantitative à l'aide du SUVmax.

- a) Donner la définition générale du SUV et celle du SUVmax.
- b) Lister tous les paramètres susceptibles d'influencer la valeur de ces indices :
 - au niveau du patient ;
 - au niveau de la mesure de l'activité administrée ;
 - au niveau de la TEP et de l'acquisition des données ;
 - au niveau de la reconstruction et du traitement des données.
- c) Quels sont donc le(s) avantage(s) et le(s) limite(s) du SUV ?
- d) Quels sont le(s) avantage(s) et le(s) limite(s) du SUVmax ?
- e) Que peut-on recommander dans le cadre d'une étude multicentrique ?

Question N°3

L'utilisation des indices de type SUV nécessite un étalonnage système de la TEP.

- a) Décrire la procédure d'étalonnage.
- b) Décrire le test de contrôle de qualité qui permet de vérifier cet étalonnage. Quelles sont les tolérances habituellement admises sur le SUV ? Pourquoi ?

Question N°4

Pour lever un doute sur le type de démence, une scintigraphie TEMP de type Datscan® peut également être envisagée dans ce cas.

- a) Quel est le radionucléide utilisé ?
- b) Quelle(s) fenêtre(s) spectrométrique(s) proposez-vous ?
- c) Quel collimateur proposez-vous ? Justifiez votre réponse.
- d) Quels sont les autres paramètres d'acquisition caractéristiques de la tomographie ?
- e) Quelle interprétation peut-on faire sur cette imagerie (visuelle et/ou quantitative) ? Expliquez brièvement.

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

**ÉPREUVE DE RADIOTHERAPIE (1 h)
20 avril 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) Quels sont les trois facteurs permettant de définir un petit faisceau ? Préciser brièvement pour chacun d'entre eux la condition « petit faisceau ».
- b) À partir de quelle taille de champ d'irradiation, un faisceau est-il considéré comme « petit » ? Sur lequel des trois facteurs cités précédemment repose cette limite ?

2. DÉTECTEURS

Donner la liste des types de détecteurs vus en cours pouvant être utilisés pour la dosimétrie des petits faisceaux.

Pour deux d'entre eux, préciser deux avantages et deux inconvénients. *On s'intéressera par exemple aux problématiques de résolution spatiale, d'équivalence-eau/perturbation par le détecteur ou de facilité d'utilisation.*

QUESTION II : Protonthérapie (20 min)

Afin de valider la distribution de dose absorbée délivrée à un patient en protonthérapie, une acquisition TEP est réalisée dans une salle adjacente à la salle de traitement 15 minutes après la fin du traitement.

Quel nom porte cet examen d'imagerie tardif ? Discuter brièvement des avantages et inconvénients par rapport à une acquisition « en ligne ».

QUESTION III : Dosimétrie de la Radiothérapie interne vectorisée (RIV) (20 min)

En radiothérapie interne vectorisée (RIV), la mise en œuvre de la dosimétrie clinique est de plus en plus fréquente. Ceci découle du fait qu'il existe maintenant de nombreuses approches technométhodologiques qui permettent de calculer la dose absorbée de manière personnalisée. Par ailleurs, différentes approches ont été proposées. Certaines sont très compliquées, d'autres beaucoup plus simples.

- a) La réalisation d'une approche dosimétrique en RIV correspond-elle à une nécessité légale (en Europe et en France) ?
- b) Le fait qu'il n'y ait pas d'approche unique provient-il uniquement d'un manque de concertation entre centres ? Y a-t-il une raison plus fondamentale pour cet état de fait ? En d'autres termes, quelles sont (à votre avis) les raisons qui expliquent qu'il n'y a pas qu'une seule manière de réaliser une dosimétrie clinique ?
- c) Quelles sont les questions à se poser avant de définir une approche dosimétrique en RIV ?
- d) Faut-il toujours privilégier l'approche dosimétrique la plus raffinée (par rapport à une approche plus rudimentaire) ?

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

**ÉPREUVE D'IMAGERIE (1H)
20 avril 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 : Optimisation en radiologie (20 min)

L'optimisation en radiologie peut être définie comme le juste point d'équilibre de la balance bénéfice-risque i.e. la balance entre dose et qualité image.

1. Quels sont les différents niveaux d'évaluation de ces 2 paramètres ?
2. Comment, en pratique, mettre en place une stratégie d'optimisation structurée pour un examen de radiologie donné ?

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

1. Rétroprojection filtrée 3D
 - a) Contrairement à des données acquises en mode 2D, pour quelle raison n'est-il pas possible d'appliquer directement un algorithme de rétroprojection filtrée à des données TEP acquises en mode 3D ?
 - b) Quelle étape préalable est nécessaire avant l'utilisation d'un algorithme de rétroprojection filtrée 3D en TEP ?
 - c) Cette raison s'applique-t-elle également à un algorithme itératif tel que EM-ML appliqué à des données TEP 3D ? Justifiez votre réponse
2. Existe-il un ordre particulier dans lequel doivent être réalisées la correction d'atténuation et la correction des coïncidences diffusées ? Justifiez votre réponse.

QUESTION III : Mammographie (20 min)

La mammographie est une technique d'imagerie de projection qui se distingue de la radiographie au niveau des requis en qualité d'image. Justifier pour chacun des paramètres suivants le choix qui est proposé ci-dessous :

1. Pourquoi mettre à disposition des combinaisons anode-filtre en Mo-Mo ou Rh-Rh plutôt que W-Al ? Sur quel principe se base t-on avec ce type de choix ?
2. Pourquoi est-on contraint à des distances foyer-détecteur relativement courtes (environ 65 cm) ? Quelle contrainte cela pose t-il au niveau de la résolution spatiale ?
3. Expliquer brièvement le principe de la tomosynthèse en mammographie et mentionner les avantages et inconvénients associés