# MARS 2009

**1- Mesures in vivo en radiothérapie externe dans des faisceaux de photons :**

**Expliciter le choix du matériel nécessaire à la réalisation des mesures in vivo et décrire les caractéristiques physiques et mécaniques des détecteurs proposés.**

*La dosimétrie in vivo est réalisée par des semi-conducteur dont les caractéristiques sont :*

*• faible dépendance en énergie et débit de dose <1%*

*• faible dépendance de l’inclinaison du l’angle du bras <1-3% (3% à l’angle 90°)*

*• faible dépendance de la distance <1%*

*• faible dépendance de la température <1%*

**b- Décrire les conditions d’étalonnage de ces détecteurs (inclure tous les éléments**

**métrologique avec précision).**

*Les semi-conducteur sont étalonnés à fin de donner la dose à la profondeur de maximum.*

*Matériel :*

*Lot des semi-conducteurs*

*Chambre d’ionisation de volume 0.3cc*

*Plaque de PMMA*

*Méthode :*

*Centrer la chambre (dans la plaque avec l’insert) par rapport à l’axe du faisceau sous 5 cm de PMMA (pour simuler le rétrodiffusé) à DSP 100 cm*

*Placée la chambre à 1.5 cm de profondeur (dans les plaques) pour X 6 et à 3 cm de profondeur pour X 18*

*Mesurer la dose (corrigée de Kpt, Kpol et K rec) pour chaque profondeur (mesure sur 100UM)*

*Centrer les semi-conducteurs par rapport à l’axe du faisceau sous 5 cm de PMMA à DSP 100cm relever la mesure Lsc de SC (mesure sur 100UM)*

*Déterminer le facteur d’étalonnage pour chaque SC : Fcal = F*

*Renter le facteur d’étalonnage dans le logiciel des SC.*

**c- Décrire le protocole de mesures in vivo pour la réalisation du contrôle d’une irradiation du sein (gauche par exemple) par deux faisceaux de photons de 6 MV (quasiment coaxiaux opposés) avec filtre en coin motorisé (filtre 45 degrés) d’un accélérateur linéaire d’électrons.**

*Pour chaque faisceau une mesure de dose à l’entrée du faisceau est effectuée par un SC placé à la peau de la patiente.*

*Le choix du point de mesures sur le TPS est comme suit :*

*-le point est positionné à 2 cm de bord du champ (vers l’intérieur du champ)*

*-le point est à la profondeur de maximum de dose (en fonction de l’énergie du faisceau)*

*-le point ne présente pas un fort gradient de dose (un point dans une zone homogène)*

**Les corrections de la réponse du détecteur pour les conditions de mesure (par rapport aux conditions d’étalonnage) seront spécifiées. Expliciter le passage de la mesure à la dose.**

*Dose = L (lecture) x Fcal (facteur d’étalonnage)xF dsp (correction de DSP)xFbras (facteur de correction de l’effet d’angle du bras) x Fw (facteur de correction de l’effet de la présence du filtre)*

**d- Fournir un calcul d’incertitude prenant en compte l’ensemble des éléments de la chaine de traitement afin de situer la mesure réalisée par rapport à la valeur attendue (obtenue à partir d’une simulation sur le TPS).** *Cf a/*

**e- En cas d’écart très important observé (supérieur à 10%) entre la mesure et le calcul proposez un protocole sur les vérifications/investigations que vous devrez réaliser (citer les sources d’erreurs les plus fréquentes).**

*1/vérifier la position du point dans le TPS par rapport à la position sur la peau de la patiente*

*2/vérifier l’absence de fort gradient de dose au point de mesure*

*3/vérifier la bonne énergie et les accessoires présents dans le faisceau*

*4/vérifier le bon fonctionnement des SC (matériel)*

*5/si écart confirmé revérifier 1)le TOP de jour 2) l’étalonnage des SC*

***l’atténuation en profondeur des photons (RX 6MV, 18MV):***

**La mesure du rendement en profondeur est réalisée par une chambre d’ionisation cylindrique de 0.125 cm3 (voir schéma joint) placée dans l’eau (utilisation d’un explorateur automatique de faisceau).**

1. **Préciser les conditions de réglage (position/centrage) de la chambre dans le milieu eau.**

*Les conditions de réglage est le centrage de la chambre en Tête-pied et Droit-Gauche. Les mesures seront effectuées au point effectif de la chambre*

1. **Par quelles méthodes vous assurez vous que la chambre à une trajectoire superposable à celle de l’axe du faisceau. Dans le cas où l’axe de déplacement de la chambre d’ionisation n’est pas superposé à l’axe du faisceau quel sera le sens de variation de l’erreur observée sur la mesurée du rendement en profondeur.**

*Méthode : Mesure de profil de dose en Tête-pied et Droit-Gauche pour deux profondeurs différentes 5 cm et 10 cm par exemple*

1. **La chambre d’ionisation donne une mesure des ionisations sur l’axe du faisceau. Exprimer les conditions de passage des ionisations en un point à la dose en ce même point en l’absence de chambre.**

**d. Une courbe des rendements en profondeur sur l’axe est-elle superposable à la courbe des ionisations en profondeur sur ce même axe ? Pourquoi ?**

*Oui parce que en mode photon le pouvoir d’arrêt ne dépend pas de la profondeur*

**e. Tracer avec précision sur un graphique les courbes de rendement en profondeur pour les deux énergies de 6MV et 18 MV. Faire apparaître clairement la valeur du rendement en profondeur à la surface de l’eau, à 10 cm et 20 cm de profondeur dans l’eau (fantôme standard). La profondeur du maximum de dose sera donnée pour les deux énergies.**

*%R à 10 cm pour X6 est de 67% et 40% en 20 cm le max à 1.5 cm*

*%R à 10 cm pour X 18 est de 77% et 57% en 20 cm le max à 3 cm*

**f. Pouvez-vous donner un ordre de grandeur des index de qualité attendus à ces deux énergies après l’avoir défini.**

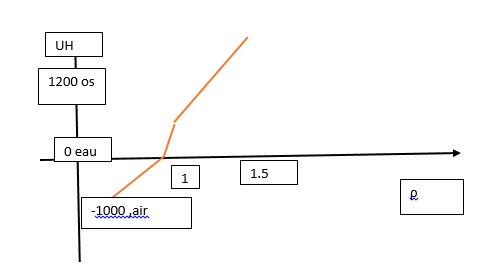
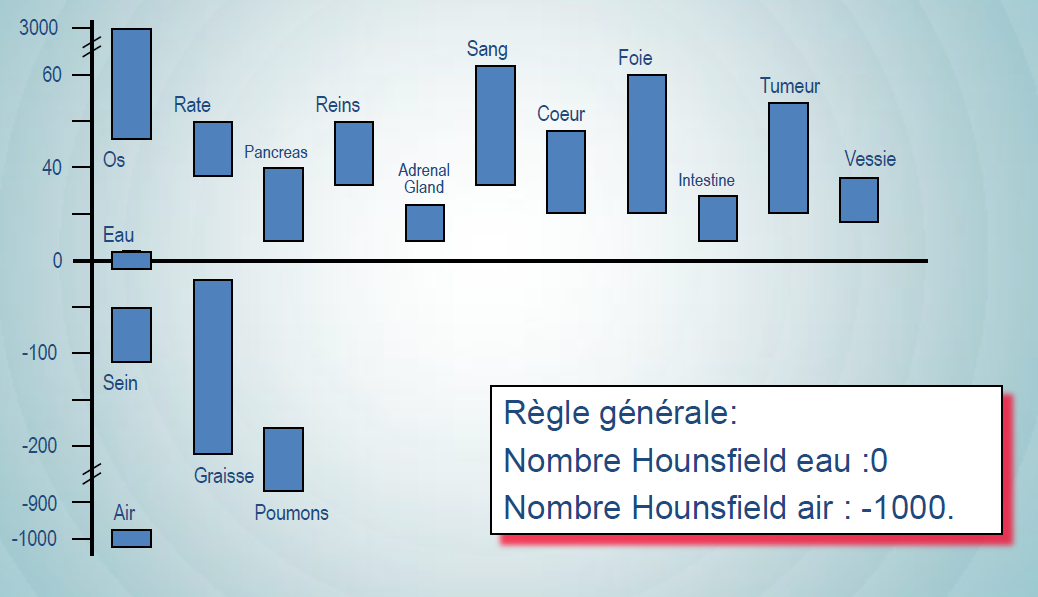
*X 6 ;0.67 et X 18 ; 0.78*

**g. Quel est la distance minimum à respecter entre la chambre d’ionisation et le fond de la cuve pour éviter toute erreur de mesure. Justifier votre réponse.**

*10 cm de distance entre la chambre d’ionisation et le fond de la cuve afin d’assurer la mesure de rétrodiffusé*

**3 – Imagerie CT et radiothérapie**

**a. Donner un exemple de courbe de correspondance entre les nombres CT de l’échelle de Hounsfield et la densité physique du milieu.**



**b. Situer sur cette courbe la densité et le nombre CT d’une prothèse métallique, de l’os compact, de l’os mou, du foie, des reins, de l’eau, de la graisse, du poumon et de l’air. c. Quels sont les deux facteurs majeurs d’influence sur cette courbe pour un scanner donné ?** *les KV, volume du fantôme et mA*

**d. Donner un exemple de protocole de mesures à mettre en oeuvre sur un scanner pour l’établissement de la courbe de correspondance nombre CT/densité. La dimension du fantôme utilisé aura-t-elle une incidence sur le résultat ?**

*Pour ce contrôle le fantôme CIRS 62 avec ces différentes insert de différentes densités est utilisé. Le scanner du ce fantôme est faite dans les mêmes conditions que le scanner initiale (KV et mA) => le volume du fantôme a une incidence sur les résultats (facteur d’atténuation )*

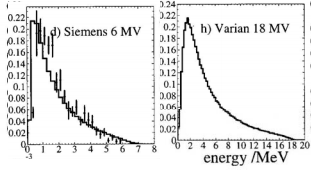
**e. Il existe souvent des confusions entre densité physique et densité électronique du milieu. Etablir la relation qui existe entre ces deux grandeurs.**

# NOVEMBRE 2009

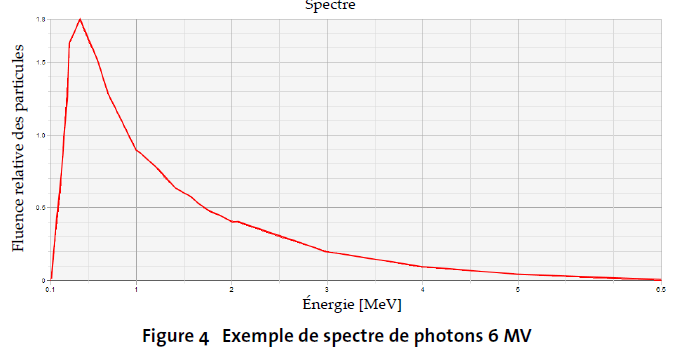
**Le service de radiothérapie est équipé d’un accélérateur linéaire d’électrons, équipé d’un collimateur multi lames produisant des faisceaux de photons de 6 MV et 23 MV et des faisceaux d’électrons de 9 MeV, 12 MeV et 20MeV. Il possède les techniques instrumentales de base ainsi que les plus modernes pour la métrologie dans les faisceaux de rayonnements ionisants.**

***Question 1 :***

**a) Décrire et représenter graphiquement les spectres des deux faisceaux de photons à la surface du milieu irradié (noter sur les axes des graphiques les grandeurs et les unités avec précision) ; donner des éléments sur la modification du spectre de photons après traversée de 20 cm de milieu « équivalent eau » (épaisseur moyenne d’un patient).**



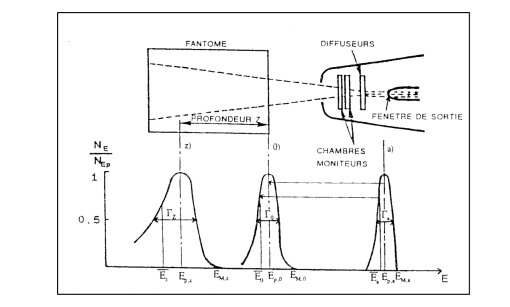
*Doc Varian :*



*- a 20 cm il aura l’effet du diffusé patient sur le spectre d’énergie élargissement du spectre*

*(contribution des photons de basse énergie)*

**b) Décrire et représenter graphiquement les spectres des faisceaux d’électrons à la surface du milieu irradié pour les trois énergies; Comment se modifie le spectre des électrons au fur et à mesure de leur atténuation en profondeur dans l’eau ?**

*Élargissement du spectre ceci est due à la au diffusé vraiment peu de variation* 

**c) Quelle est la profondeur à partir de laquelle il n’existe pratiquement plus d’électrons**

**pour les trois énergies proposées ; justifier votre réponse.**

*3cm pour E9/ 4 cm pour E12 et 6.5cm pour E20 l’électron perdre 2Mev par cm*

***Question 2 :***

**Les figures 1 et 2 montrent une distribution de dose en superposition d’une image scanner pour deux balistiques différentes relatives à l’irradiation de la paroi du sein droit et de la chaîne mammaire interne. Le CTV (en rouge) et la chaîne mammaire interne (en rose) sont irradiés à la dose de 50 Gray en 25 séances (1 séance par jour). La figure 3 donne les HDV (Histogrammes Dose Volume) des deux plans de traitement.**

**a)- Rappeler les critères d’homogénéité sur la distribution de dose dans le PTV « paroi sein**

**droit » et « chaîne mammaire » interne.**

*Dmax dans le volume de PTV <105% de la dose prescrite*

*Le volume de PTV est couvert au moins par isodose 95% de la dose prescrite*

**b)- Citer les organes à risques et donner les contraintes de dose à respecter sur ces organes ; il y a t-il une contrainte de dose à respecter sur le sein controlatéral ? Justifier votre réponse.**

*Cœur Dmoy = 8Gy*

*Poumon V10<50% et V20<20%*

*Moelle Dmax <45Gy*

*5 Gy sur le sein controlatéral risque d’un caner secondaire*

**c)- Parmi les plans de traitement proposés lequel est acceptable sur le plan dosimétrique. Faire une analyse commentée des HDV.**

*Le plan 2 repend ou critères d’acceptabilité pour la dosimétrie de PTV ainsi que les OARs*

**d)- Proposer une balistique d’irradiation à partir de l’expérience acquise durant votre formation pratique: nombre et position et orientation des faisceaux, choix du rayonnement et de son énergie, choix des angles des filtres en coin (si nécessaire) et orientation etc. ; justifier vos propositions.**

*\*2 champs Tg int et Tg ext pour la glande en RX de 6MV le filtre selon l’anatomie de la patiente*

*\*association électron photon pour la CMI 20 electron 30 photon (protégé DE PLUS le cœur)*

**e) - Vous réalisez le calcul de la distribution de dose sur un TPS (Système de Planification des Traitements) à partir d’une base de données en imagerie scanner (CT) ; le TPS possède deux algorithmes différents : un algorithme type « pencil beam » (algorithme type a) et un algorithme « type convolution superposition de kernel » avec mise à l’échelle des kernels (algorithme type b).**

**Vous observez une pénombre simulée plus importante côté poumon pour le calcul réalisé par l’un des algorithmes ; lequel :** *ALGO ; type convolution superposition de kernel » avec mise à l’échelle des kernels*

**(algorithme type b? Pourquoi ?** *Bonne prise en compte de l’hétérogénéité du poumon* ; **Quel est l’ordre de grandeur des différences généralement observées sur la pénombre côté poumon et du nombre d’UM calculées pour une même dose délivrée à l’isocentre** ; *est ecart de plus de 20 % quel est l’algorithme qui donne la meilleure cohérence*

*calcul/mesure. Algo ; type convolution superposition de kernel » avec mise à l’échelle des kernels. (algorithme type b)*

*Question3 :*

a)- Vous disposez d’un accélérateur linéaire d’électrons qui vous permet l’utilisation de filtres dynamiques ou de filtres mécaniques ; donner les avantages et les inconvénients de chaque type de filtre.

*Le filtre dynamique : ne modifie pas la qualité du faisceau filtration avec le mouvement de mâchoire. Le filtre mécanique ; modifier la qualité du faisceau durcissement du faisceau; filtre posé dans le champ*

**; quel type de filtre conseillez vous d’utiliser ? Pourquoi ?**

*Le filtre dynamique qui ne modifie pas la qualité du faisceau (gain en terme du temps 🡪 pas besoin de rentrer en salle). Moins de risque d’erreur*

**b)- Sur la figure 4 sont représentées les courbes de rendement en profondeur (RP) mesurées dans l’eau (milieu semi-infini en première approximation) sur l’axe principal du faisceau à l’aide d’une chambre cylindrique de 0.125 cm3 (rayon de la cavité : 2.75 mm) pour un faisceau RX de 6MV.**

**Les conditions géométriques de mesure sont : champ carré de 10 cm x 10 cm et DSP 90 cm. L’une des courbes de RP est obtenue en présence d’un filtre en coin mécanique de 60 degrés. Que signifie « filtre en coin » de 60 degrés ?**

*L’angle entre l’isodose à 10 cm et l’axe perpendiculaire l’axe du faisceau ; égale à 60°*

**Quelle est la courbe qui correspond à la mesure faite en présence du filtre ; expliquer les différences observées à la surface du milieu et au-delà de 10 cm de profondeur ; expliquer la différence observée sur la profondeur du maximum de dose.**

*La différence est due au durcissement du faisceau au-delà de 10 cm réduction des composantes de basse énergie*

**Dans le cas d’un filtre dynamique existe-t-il une modification attendue de la courbe de rendement en profondeur comparé à la courbe de rendement en l’absence de filtre ; justifier votre réponse.** *Non il aura pas de modification sur la qualité du faisceau (filtration avec mouvement mâchoires)*

*Question 4 :*

Proposez un protocole pour la mesure des profils de dose dans le cas d’un filtre en coin dynamique. :

*mesure avec une matrice (chauffage de la matrice 20 min avant le début d’irradiation)*

*champ 20 x20 cm²*

*DSA 100cm : attention au point de mesure définie par le constructeur*

**Que proposez-vous pour vous assurer de la validité de vos mesures et éviter toute erreur grossière qui pourrait avoir des incidences sur la modélisation du *faisceau*** *faire une validation par dosimétrie par film*

# MARS 2010

**1- Curiethérapie :**

**Pour une irradiation complémentaire du fond vaginal le protocole proposé prévoit de délivrer une dose de 24 Gy en 4 séances ; cette dose est prescrite à 5 mm de la paroi (de la surface de l'applicateur) et sur une distance de 5 cm à partir du fond vaginal. Un projecteur semi- automatique de source d’iridium 192 est utilisé en technique haut débit de dose (HDD).**

1. **Décrire un type d’applicateurs qui peut être utilisé.**

*Applicateur cylindrique (diamètres 2cm à 4 cm) ou par moulage personnalisé*

**b) Donner les caractéristiques physiques et technologiques de la source d’iridium utilisée en technique HDD.**

*I192 : émetteur gamma et béta (gamma intéressant pour la curie) énergie moyenne de 0.38MV période de 74 jours : Activité pour HDR 10 Ci et de 0.5 Ci PDR*

**c) Donner l’activité de référence de la source radioactive haut débit de dose utilisable selon la réglementation (en Bq et Ci) ; à partir de quelle activité la source est-elle généralement changée ? Pourquoi ? Quelle est en pratique la durée d’utilisation d’une source HDD d’iridium.**

*Activité pour HDR 370 GBq = 10 Ci et 0.5 Ci = 18.5GBq pour PDR changement tous les 2 mois pour ne pas trop allongé le temps du traitement par patient*

**d) Donner les contraintes d’utilisations sur le plan de la radioprotection ; donner notamment un ordre de grandeur de l’épaisseur des murs (béton ordinaire) nécessaire pour un local de 3 m par 4 m :**

*\*Matériel de sécurité en cas de blocage de la source pince pot plombé*

*\*Indicateur de présence de la source sur la porte d’entrée*

*\*Arrêt d’urgence*

*\*Porte blindé*

*\* Mure d’épaisseur de l’ordre de 50 cm en béton*

**e) Décrire une méthode de calcul de la dose utilisable et un ordre de grandeur de la durée du traitement pour une activité de référence que vous aurez définie.**

*En curiethérapie la dose est calculée dans un milieu homogène (pas prise en compte de l’hétérogénéité) sur des images de scanner ou IRM. Pour une activité de référence le temps du traitement est de 3-5min*

**2- Radiothérapie « externe » utilisant un accélérateur linéaire d’électrons :**

**a) Donner les organes à risque (OAR) pour une irradiation du sein gauche et de la chaîne mammaire interne ? Quelles sont les doses limites acceptables aux OAR définis.**

*Poumon V10Gy<50% ; V20Gy<20%*

*Cœur Dmoy 26 Gy*

*Sein controlatéral Dmax 8 Gy*

1. **Proposez deux techniques d’irradiation différentes (balistiques) ; chaque technique présentée inclura les éléments suivants : nature du ou des rayonnements, nombre de faisceaux, énergie, orientation des faisceaux, limites géométriques des faisceaux (forme des champs d’irradiation), pondération en dose de chaque faisceau, accessoires éventuels, etc.) ; justifiez votre choix pour chaque paramètre énoncé. Faire un schéma précis et documenté de la balistique proposée et de la distribution de dose à réaliser (prendre les éléments de la figure 2 ; une échelle est associée aux schémas présentés ; elle permet d’avoir les éléments morphologiques pour le choix de l’énergie).**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Plan I | Energie | Pondération | Prescription | Taille | ISO | Filtre |
| Tg int | 6MV vu l’épaisseur du sein | 45% | Sein 50Gy | 5cmx8cm  Prise en compte de fuit 1-2 cm | Iso sein | 30°  Vu la surface d’entrée |
| Tg ext | 6MV | 45% | Sein 50Gy | 5cmx8cm  Prise en compte de fuit 1-2 cm | Iso sein | 30°  Vu la surface d’entrée |
| Tg int\_red | 18MV réduire les points chauds | 5% | Sein 50Gy | 5cmx5cm | Iso sein | 0° |
| Tg ext\_red | 18MV réduire les points chauds | 5% | Sein 50Gy | 5cmx5cm | Iso sein | 0° |
| CMI photon | 6MV  Vu la profondeur de la CMI | 20% | CMI 50Gy | 5cm x5cm | Iso -1.5 cm de la surface | 0° |
| CMI électron | 9MeV  Vu la profondeur de la CMI  Plan II | 30% | CMI 50Gy | A10 insert 5cmx5cm | Iso -1.97 cm de la surface max | 0° |
|  | Energie | Pondération | Prescription | Taille | ISO | Filtre |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Tg int | 6MV | 50% | Sein 50Gy | 5cmx8cm | Iso sein | 30° |
| Tg ext | 6MV | 50% | Sein 50Gy | 5cmx8cm | Iso sein | 30¨° |
| CMI photon | 6MV | 20% | CMI 50Gy | 5cm x5cm | Iso -1.5 cm de la surface | 0° |
| CMI électron | 9MeV | 30% | CMI 50Gy | A10 insert 5cmx5cm | Iso -1.97 cm de la surface max | 0° |

1. **Dans le cas de l’irradiation d’une prostate (80Gy) proposez un protocole de contrôle du positionnement du patient et des faisceaux avant la réalisation de la première séance de traitement J-1 ;**

*Contrôle de l’ensemble du faisceau du plan de traitement en double exposition afin de vérifier les limites du chaque faisceau par rapport aux OARs et la forme du champ*

*Contrôle de la position du traitement de patient avec deux champ :*

*\* champs de positionnement LAT D*

*\* un champ de positionnement en POST*

**et ensuite au décours de chaque séance de traitement. Décrire le matériel**

**utilisable ; donner une analyse (avantages et inconvénients) des différentes techniques**

**d’imagerie utilisables.**

*J1-J5 : image en CBCT avant chaque séance en suite en fait la moyenne sur l’ensemble de décalage appliqué au patient*

*En suite une CBCT chaque semaine Hebdomadaire*

*Dose par CBCT = 3 cGy*

*J1-J5 : image en EPID avant chaque séance*

*En suite une EPID chaque semaine Hebdomadaire dose par EPID 2 cGy*

*L’avantage de CBCT est le bon repositionnement du patient avec une vérification en 3D par rapport ou repère anatomique bien déterminé l’inconvénient reste la dose reçue par le patient*

# NOVEMBRE 2010

**Un accélérateur linéaire d’électrons est utilisé pour le traitement d’un cancer ORL. La machine permet l’utilisation de deux faisceaux de photons (6MV/I=0.68 et 18MV/I=0.78). Elle est équipée de deux systèmes d’imagerie embarquée (EPID/ MV et 2D KV/CBCT). Un ensemble de trois faisceaux lasers permet de matérialiser la position de l’isocentre de l’accélérateur. Par ailleurs le physicien dispose des matériels les plus aboutis pour la métrologie des faisceaux et la réalisation des contrôles de qualité.**

**Question 1 : Après avoir réalisé la recette de l’accélérateur il y a obligation de mettre en œuvre des contrôles de qualité afin de vérifier la constance des performances dans le temps. Certains de ces contrôles doivent être journaliers, d’autres hebdomadaires (décision du 27 juillet 2007 fixant les modalités du contrôle de qualité interne des installations de radiothérapie externe).**

**Citer et définir l’objectif de chaque contrôle journalier et hebdomadaire à mettre en œuvre; puis décrire de manière pratique et précise les matériels et méthodes pour la réalisation et le suivi de ces contrôles.**

**Donner les critères d’acceptabilité pour ces contrôles ; définir les consignes à donner immédiatement si ces critères ne sont pas respectés.**

*Contrôle qualité journalier :*

*1/stabilité du faisceau mode photon*

*Matériel :*

*Chambre d’ionisation cylindrique (e.g 0.125 cc)*

*Plaques de PMMA (bolc-TOP)*

*Méthode*

*Mesure de la dose dans les mêmes conditions qui sont définies le jour d’étalonnage (montage et conditions de référence)*

*Critères d’acceptabilités*

*Si l’écart « E » entre la mesure de référence et la mesure de jour <2% => ok*

*Si 2%<E<4 % refaire la mesure le lendemain*

*Si E> 4% refaire la mesure le jour même avec un autre matériel*

*Si écart conformer arrêt de la machine et signalement à ANSM*

*Contrôle du système de surveillance du patient interphone/caméra*

*Critères d’acceptabilités bon état de fonctionnement*

*Contrôle du système anti collision*

*Critères d’acceptabilités toute collision arrête tous mouvement*

*Contrôle d’indicateur de présence du faisceau sur la porte*

*Critères d’acceptabilités bon état de fonctionnement : activé en présence du faisceau*

*Contrôle de dispositif de commande*

*Le mouvement est interdit si les deux interrupteurs de sécurité ne sont pas actifs*

*Contrôle de qualité hebdomadaire :*

*Contrôle de la taille du champ*

*Matériel*

*Papier millimétré*

*Méthode centrer le papier millimétré sur la table à DSP 100*

*Vérifier les dimensions du champ pour un faisceau de taille 20cm x 20 cm en ouverture et en fermeture*

*Critères d’acceptabilité : L’écart entre la taille du champ affichée et la taille du champ mesurée <2 mm*

*Contrôle du télémètre*

*Matériel*

*Pige graduée (étalonnée)*

*Méthode*

*Afficher une DSP = 100 cm sur la table du traitement (indiquée par le télémètre)*

*Mesurer avec la pige la DSP*

*Contrôle de la distance source table pour une DSP =100 cm*

*Critère d’acceptabilité l’écart entre DSP affichée et la DSP mesurée < 2 l’écart initiale (le jour d’installation de la machine)*

*Contrôle de l’imageur portale*

*Contrôle du système anti collision*

*Critères d’acceptabilités toute collision arrête tout mouvement*

*Contrôle la distance source détecteur*

*Matériel et méthode*

*Afficher la distance source détecteur (par le télémètre)*

*Critères d’acceptabilités : l’écart entre la mesure de référence et la mesure de jour <2mm*

**Question 2 : Compte tenu du nombre important d’étapes et de personnes intervenant dans le processus de mise en œuvre d’une radiothérapie il existe une probabilité d’erreurs dans la préparation et l’exécution d’un traitement de radiothérapie. La précision sur la dose délivrée qu’il est possible d’atteindre est liée à l’incertitude totale pour l’ensemble des étapes. Citer les différents paramètres de chacune des étapes qui conduisent à une incertitude sur la dose délivrée.**

**Donner pour chaque étape l’ordre de grandeur de l’incertitude généralement observée sur la dose dans le respect des bonnes pratiques professionnelles. Quel est l’objectif raisonnable recommandé pouvant être atteint en 2010 en termes de précision de la dose délivrée ?**

* *Incertitude liée à l’acquisition des données anatomique du patient scanner du simulation : mouvement du patient pendant l’acquisition des données anatomique un scanner est une image à un instant t : incertitude <±1%*
* *Incertitude liée au contourage des volumes ; cible ou OARs ; incertitude <±2%*
* *Incertitude sur le centrage du patient par rapport au données de la simulation incertitude <±1*
* *Incertitude liée ou mouvement interne d’organe pendant l’irradiation incertitude <±1%*
* *Incertitude liée à la stabilité du faisceau « TOP du jour) incertitude <±1%*
* *Incertitude liée à la géométrie de la machine (mécanique MLC, Télémètre, taille du champ….) incertitude <±1%*

***L’objectif raisonnable est de ne pas dépasser une incertitude de ±5%***

***Mettre schéma..***

**Question 3 : Dans le cas d’une irradiation ORL utilisant des faisceaux d’intensité modulée (technique RCMI type « Step and Shoot », radiothérapie hélicoïdale, arcthérapie volumétrique modulée) il est possible de diminuer la dose aux organes critiques de manière plus efficace. Donner les niveaux de dose à ne pas dépasser pour les organes suivants :**

*moelle : Dmax 45 Gy*

*tronc cérébral : Dmax<54 Gy*

*, parotides Dmax <30 Gy,*

*cavité buccale saine : Dmax <30 Gy,*

*cristallin Dmax <10 Gy*

*oreille interne Dmax 50 Gy (risque de surdité).*

**Quel faisceau de photons proposez-vous d’utiliser pour réaliser le traitement ? Précisez l’ordre de grandeur de l’énergie moyenne exprimée en MeV du faisceau retenu ; justifiez votre choix.**

*Dans le cas d’un cancer ORL le faisceau d’énergie maximale de 6 MV et d’énergie moyenne de 0.8 MV est utilisé. Dans le cas du cancer ORL ce faisceau permet d’épargner d’avantage les volumes des OARs et permet de ne pas trop déposer la dose à distance de volume cible.*

*En comparaison avec le faisceau d’énergie maximale de 18 MV et d’énergie moyenne de 1.8 MV le RX de 6 MV ne génère pas des neutrons suite à l’interaction avec les composantes de la tête d’irradiation*

*En dosimétrie en utilise 6-7 faisceau pour la planification inverse RCMI*

**La distribution de dose planifiée en RCMI étant très conformationnelle proposez un protocole d’« IGRT » (Radiothérapie Guidée par l’Image) qui permette de conserver le bénéfice de la technique RCMI planifiée.**

*Protocole IGRT*

*• J1=>J3 un contrôle CBCT avant chaque séance appliquer le décalage si >3mm*

*Faire la moyenne de décalage, au cas ou la moyenne des décalages > à 3 mm redéfinie des points d’installation (points de tatouage)*

*Ensuite un CBCT toutes les semaines*

*• Images kV/kV (OBI ou Exactrac) tous les jours ou 3 premiers jours et 1 jour / semaine*

**Question 4 :**

**Dans le processus de radiothérapie un certain nombre d’objets DICOM/ DICOM-RT sont créés. Citer les cinq (5) objets DICOM-RT principaux propres au processus de radiothérapie et donner une description succincte de leur contenu.**

**Illustrer par un diagramme le processus de planification et de délivrance de la dose de rayonnement montrant le transfert des données DICOM/DICOM-RT aux différentes étapes. Identifier deux services DICOM/DICOM-RT fréquemment utilisés sur les objets DICOM/DICOM-RT dans le processus conduisant au traitement.**

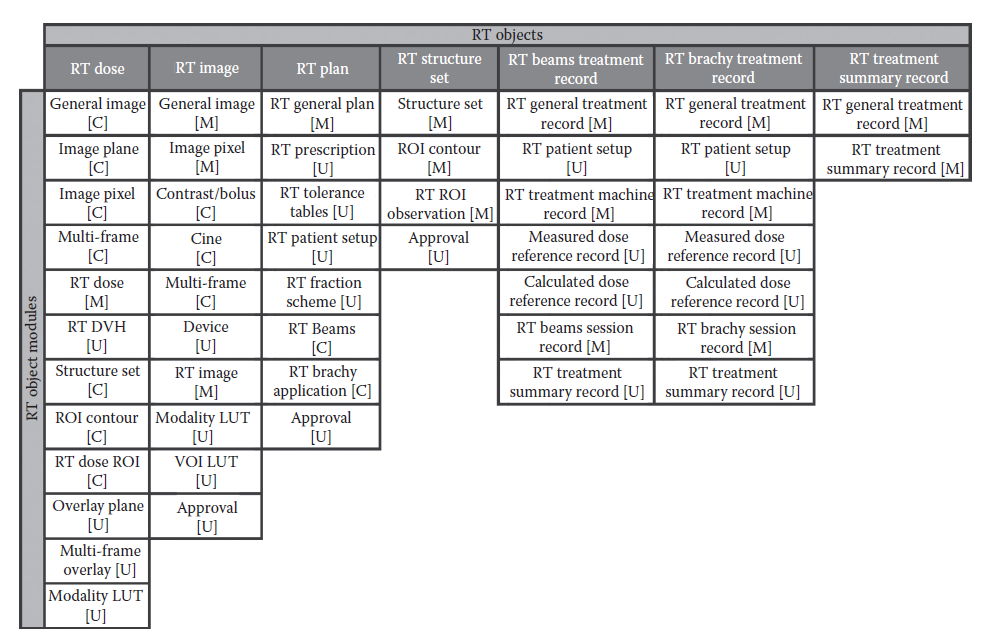
*RT-structures ; porte l’ensemble des structures liée au patient tel que le PTV CTV GTV les OARs*

*RT-dose ; porte la distribution de dose calculée par le TPS*

*RT-plan ; porte toutes les données relatives aux faisceaux du plan du traitement*

*RT record assure l’enregistrement des données relatives aux séances du traitement*

*RT-image relative aux images du patient utilisé pour la simulation*

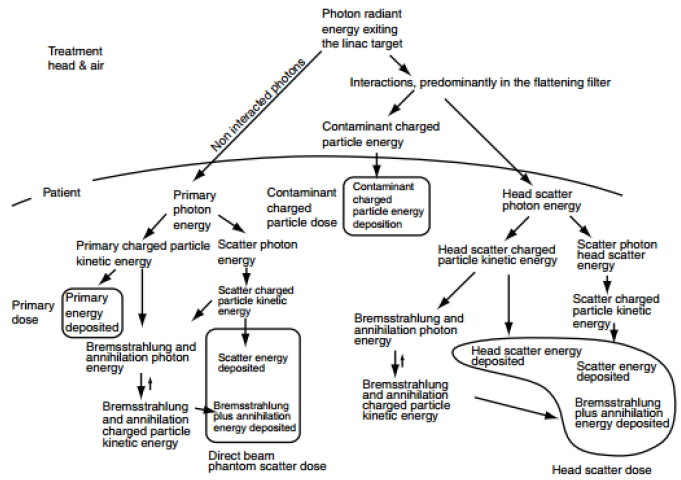


**Question 5 : Radioprotection du patient**

**Lors d’un traitement ORL, les yeux ou les gonades sont exposés à des doses de rayonnement bien que ces zones soient placées en dehors du champ d’irradiation.**

**Décrire les différentes composantes de rayonnement diffusé qui participent à cette irradiation**

*Le diffusé de type diffusé de la tête d’irradiation (accessoires) et diffusé du milieu*



**Proposez un protocole (matériel et méthode) afin d’évaluer la dose en dehors du champ**

**d’irradiation; donner un ordre de grandeur des doses attendues pour une dose de référence de**

**2 Gy au volume cible.**

*Mesure de dose hors champ*

*Matériel*

*TLD-700*

*Lecteur des TLD*

*Chambre d’ionisation*

*Cuve à eau (60cm x60cmx60cm)*

*Méthode*

*Calibration des TLD*

*dans les mêmes conditions de mesures : Mesure à la profondeur des organes (ou on cherche de mesurer la dose ) pour une gamme de dose de 0 au 5 Gy par pas de 0.25 Gy*

*1/effectuer la mesure de la dose absolue avec une chambre d’ionisation (correction de l’ensemble de facteur tel que Ktp, Kpol, Krec KQQ0 )*

*2/ effectuer les mesures avec les TLD-700 dans les mêmes conditions que la chambre pour chaque dose.*

*3/déterminer la courbe de calibration ; signale de TLD en fonction de la dose*

*Ordre de grandeur à 10 cm de bord du champ pour un faisceau de 6MV et une taille du champ de 10 cm x10 cm la dose présente 1% de la dose (yeux)*

*0,1 % de la dose pour les gonades qui sont très éloignées de la localisation ORL*

# MARS 2011

**Partie I : Radiothérapie**

**Durée : 90 minutes pour ce sujet**

**Un accélérateur linéaire d’électrons « standard » est utilisé pour le traitement d’un cancer de la prostate en technique de radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité (RCMI) « step and shoot » ou « Sliding Window » par faisceaux statiques ; la dose prescrite est de 46 Gy sur un premier volume « prostate + vésicules séminales » suivi d’une dose de 34 Gy sur la prostate seule ; la dose par séance est de 2 Gy. La machine permet l’utilisation de deux faisceaux de photons (6MV/I=0,68 et 18MV/I=0,78). Elle est équipée de deux systèmes d’imagerie embarquée (EPID/ MV et 2D KV/CBCT).**

**Un ensemble de trois faisceaux lasers permettent de matérialiser la position de l’isocentre de l’accélérateur. Par ailleurs le physicien dispose des matériels les plus aboutis pour la métrologie des faisceaux et la réalisation des contrôles de qualité. Pour l’étalonnage des faisceaux de photons une chambre d'ionisation cylindrique de 0,3 cm3 est utilisée (voir annexe1 : description de la chambre d'ionisation + certificat d’étalonnage). L'accélérateur linéaire d’électrons est réglé pour que le rapport D/M soit égal à 1 cGy/UM dans les conditions d’étalonnage (D représente la dose mesurée et M le nombre d’unités moniteur délivrées ; l’étalonnage est réalisé pour un réglage de machine à 400 UM/minute ; la température du milieu de référence lors de l’étalonnage est de 24 °C ; et la pression atmosphérique de1020 hPa).**

**Question 1 : Etalonnage des faisceaux**

**Proposer un protocole d’étalonnage des faisceaux de photons de 6 MV et 18 MV ; après avoir rappelé les caractéristiques du RTM sur l’axe du faisceau (type d’atténuation, profondeur du maximum de dose, valeurs du RTM à 10cm et 20cm de profondeur).**

*RTM est le rapport tissue maximum : mesure à DSA = 100cm fixe mesuré sur l’axe du faisceau est normalisé par rapport à la dose au maximum pour un champ fixe. Le RTM dépend que de l’atténuation de milieu et pas de 1/r² comme le rendement en profondeur.*

*RTM=*

*%RTM à 10 cm pour X6 est de 77% et 50% en 20 cm*

*%R à 10 cm pour X6 est de 67% et 40% en 20 cm*

*%RTM à 10 cm pour X18 est de 87% et 67% en 20 cm*

*%R à 10 cm pour X18 est de 77% et 50% en 20 cm*

**Décrire sur la base de ce protocole la méthode mise en oeuvre pour relier la mesure de la**

**charge électrique dans la chambre d’ionisation à la dose au point de référence défini.**

Protocole ;

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X6 | X18 |
| Indice de qualité | 0.67 | 0.77 |
| Taille du champ | 10x10cm² | 10x10cm² |
| DSA | 100cm | 100cm |
| DSP | 95cm | 90cm |
| Profondeur de mesure | 5cm I<0.7 | 10cm I>0.7 |
| Point de référence de mesure | Centre géométrique TRS398 | |

: facteur de correction de qualité du faisceau prendre en compte de la différence entre le faisceau du site et le faisceau d’étalonnage de la chambre.

**Faire une description pratique de cette mise en œuvre après avoir justifié le choix du détecteur utilisé. Proposer un calcul d’incertitude sur la mesure réalisée.**

**Vous devez préciser:**

*- les tests nécessaires sur l’ensemble « détecteur – électromètre » avant la réalisation des mesures propres à l’étalonnage ;*

*-vérification de la tension de la polarisation (dans l’électromètre et celle de la chambre)*

*-vérification des câbles de connexion chambre électromètre (port d’entré)*

*-faire le « nul zéro électronique» sur l’électromètre connecté à la chambre et vérifier l’absence de déviation de mesure sur l’électromètre*

**- une méthode pour la mesure du coefficient de recombinaison ; quel est l’ordre de grandeur de la valeur attendue pour les faisceaux étudiés ; comment varie ce coefficient si le débit de dose augmente : de l’ordre de** *<0.1%, lorsque le débit augment l’influence de la recombinaison augmente*

*Avec M1 mesure pour la tension V1 : tension recommandée pour la chambre*

*M2 mesure pour la tension V2 inférieure à V1*

**Question 2 : Mesure du rapport D/M en fonction de la dimension du champ**

**Donner sur un graphe l’ordre de grandeur de la variation de ce paramètre avec la dimension d’un champ carré de 0,5cm x 0,5cm à 40cm x 40cm. Présenter cette variation en valeur relative (D/M)R par rapport au champ de référence utilisé pour l’étalonnage.**

*Le FOC varie de 0.7 (0.5x0.5cm²) au 1.1(40x40cm²) pour X6*

*Le FOC varie de 0.65 (0.5x0.5cm²) au 1.12(40x40cm²) pour X18*

**Expliquer pourquoi ce rapport (D/M)R diminue rapidement pour les petites dimensions de champs carrés :** ceci est due à la réduction de diffusé due à la taille du champs.

**Pour un champ carré de 1cm x 1cm, la valeur de (D/M)R est-elle plus importante dans le faisceau RX de 18 MV ou dans le faisceau RX de 6 MV ? Justifier votre réponse.**

*Pour les deux énergies X6 et X18 étalonnées dans les mêmes conditions profondeur est D/UM pour le même UM la dose par le Rx de 6MV est plus importante due au diffusé*

**Proposer une procédure (avec un choix de détecteurs) pour une mesure de (D/M)R dans une gamme de dimensions de champs carrés de 0,5cm x 0,5cm à 40cm x 40cm. Justifier le choix des détecteurs retenus.**

*Pour les champs entre 0.5cm x0.5cm -2cm x2 cm: diode diamant*

*Pour les champs de 2xcm x2cm à 5cmx5cm; pinpoint 0.016cc*

*Pour les champs de 5cmx5cm -40cmx40cm : chambre de volume 0.125cc ou 0.3cc*

*Mesure à DSA fixe (centre géométrique de la chambre)*

**Proposer une démarche pour vous assurer que les valeurs trouvées sont valides et conformes.**

*Comparaison entre les détecteurs « de volume adaptable aux dimensions du champs)*

*Comparaison nos résultats ou données de littérature*

**Question 3 : Protocoles de contrôle par l’image**

**Quels sont les objectifs généraux des contrôles par l’image.**

**Assurer le bon positionnement du patient sur la table du traitement (par rapport aux données de simulation : référence).**

**Vérifier les limites du champ (exemple : double exposition dans le cas du traitement du sein)**

**Proposer trois protocoles de contrôle par l’image, utilisant respectivement des images**

*2DMV (EPID) : cas d’un traitement pour le sein : la 1ere séance contrôle d’image par double exposition pour tous les champs (CMI Tg int, Tg ext, Sus claviculaire)*

*2me -3éme jours contrôle les champs Tg int et TG ext de repositionnement*

*Ensuite une fois par semaine. Décalage >5mm 3D et 3mm en VMAT ou RCMI appliquer le décalage.*

*2DKV cas d’un traitement ORL contrôle en deux clichés Lat D et Lat G les 3 premières séances puis une fois par semaine. Décalage >3mm 3D, VMAT et IMRT RCMI appliquer le décalage .*

*CBCT tous les jours dans le cas d’un traitement du cancer de la prostate.*

*Décalage >3mm 3D et 3mm en VMAT ou RCMI appliquer le décalage.*

**, acceptables pour la mise en oeuvre et le suivi du traitement.**

**Pour chaque protocole d'imagerie donner un ordre de grandeur de la dose délivrée. Discuter les avantages et inconvénients des protocoles proposés (sachant que dans les installations existantes il n’y a pas toujours la possibilité de réaliser les images 2DKV ou CBCT). (Rappel : la dose délivrée est de 46 Gy sur un premier volume « prostate + vésicules séminales » suivi d’une dose de 34 Gy sur la prostate seule ; la dose par séance est de 2 Gy).**

*La dose pour un CBCT est de l’ordre de 3cGy/CBCT : 1.2Gy sur les 40 séances*

*La dose pour MV est de l’ordre de 1cGy/MV=>0.8 Gy sur l’ensemble du traitement contrôle à chaque séance*

*Avantages ; bonne positionnement du patient assurer la bonne dose au volume cible selon les prescriptions du médecin. Protéger de plus les organes à risques (vérification de la position de vessie pleine ou vide ainsi que le rectum et validation selon les images de la simulation ; référence). Surveillance du patient en cas de perte de poids.*

**Question 4 : Contrôles de qualité**

**Quelles sont les recommandations AFSSAPS pour le contrôle de qualité du collimateur mutilâmes (MLC)**

*Correspondance axe de collimateur principale est collimateur MLC <2mm*

*Exactitude et répétabilité de positions des MLC pour 3 positions différentes de Banc bras 0°-90° et 270° <1mm*

**et du système d’imagerie portale (EPID)**

* *contrôle de la distorsion de l’image<1mm*
* *contrôle de l’homogéneité de l’image <5% CQ initiale*
* *outil de mesures : 2 dimensions du pixel*
* *contrôle du dimension des champs pour l’image*
* *contrôle de jeu mécanique en fonction de déplacement du bras (en rotation) : 2mm pour le repérage (dosimétrie) et 10 mm pour l’imagerie*
* *contrôle de jeu mécanique en fonction du déplacement vertical du bas : 2mm pour le repérage (dosimétrie) et 10 mm pour l’imagerie*
* *contrôle de la résolution, bruit et contraste : tolérance fabricant*
* *distance source détecteur<2mm*
* *système anti collision. Toute collision arrête le mouvement*

**Quelles sont les tolérances définies ? (cf au-dessus)**

**Pensez-vous pouvoir vous limiter aux recommandations AFSSAPS pour les contrôles du MLC et de l’EPID ? Si votre réponse est « non » vous proposez les contrôles complémentaires que vous jugez indispensables.**

*-CQ MLC pour des formes irrégulier pour différente angle du bras*

*-Contrôle de fuit inter Lames*

*-Contrôle de transmission des Lames*

*-Contrôle de vitesse de déplacement des Lames en fonction de la rotation du bras.*

# NOVEMBRE 2011

***Partie 1 : Radiothérapie***

**Un accélérateur linéaire d’électrons est utilisé pour le traitement d’un cancer de la prostate en technique de radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité (RCMI-figure 1); la dose prescrite est de 78 Gy sur la prostate seule ; la dose par séance est de 2 Gy. La machine permet l’utilisation de deux faisceaux de photons (6 MV/I=0,68 et 18 MV/I=0,78).**

**Un ensemble de trois faisceaux lasers permet de matérialiser la position de l’isocentre de l’accélérateur. Par ailleurs le physicien peut disposer des matériels les plus appropriés pour la métrologie des faisceaux et la réalisation des contrôles de qualité de l’équipement.**

***Question N°1 (~30 min): Caractéristique des faisceaux de photons***

**a- Donner la définition de l’isocentre « machine ». Donner les caractéristiques d’implantation des lasers qui permettent de le matérialiser ; proposez un protocole de contrôle qualité (méthode, périodicité, critères d’acceptabilité).**

*Intersection axe du faisceau et axe de rotation du bras de l’accélérateur.*

*Lasers : 2 latéraux + 1 sagittal. Superposition à l’isocentre. Lasers latéraux parallèles à l’axe de rotation du bras.*

*CQ mensuel : tolérance 2 mm dans toutes les directions -20cm/0/+20cm*

*Fantôme avec traits gradués. Placement au réticule (0° +90°)*

**b- Donner la définition de l’index de qualité I (au sens du protocole AIEA 398). Décrire le protocole de mesure de cet index (matériel et méthode) pour les deux faisceaux de l’accélérateur.**

*I=TPR20,10= J20/J10 avec DSD fixe = 100 cm*

*Chambre cylindrique type Farmer*

*Champ 10\*10 cm² dans eau*

*Mesure au centre géométrique de la CI*

*200 UM*

**c- Donner la définition de la grandeur dosimétrique : rendement en profondeur (RP). Proposez un protocole (matériel et méthode) de mesure du RP pour trois dimensions de champs carré à l’isocentre sur l’axe du faisceau superposé à l’axe mécanique du collimateur : 1cm x 1 cm, 10 cm x 10 cm et 30 cm x 30 cm. Justifier vos choix de matériel et de méthode. Donner pour les deux énergies produites par l’accélérateur, les caractéristiques du rendement en profondeur mesuré pour le champ de référence 10cm x 10 cm : dose à la surface d’entrée du milieu, profondeur du maximum de dose, rendement en profondeur à 10 cm et 20 cm.**

*RP=D(z)/Dmax\*100 en %*

*DSP = 100 cm*

*Mesure au point effectif de la CI*

*CI se déplace en profondeur le long de l’axe du faisceau*

*Champs 10\*10 cm² et 30\*30 cm² 🡪 CI 0,13 cc*

*Champ 1\*1 cm² 🡪 diode ou diamant 🡪 positionnement du détecteur doit être très précis !!*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *10\*10cm²* | *De* | *zmax* | *D10 cm* | *D20cm* |
| *X6* | *55 %* | *1,3-1,5 cm* | *70 %* | *40 %* |
| *X18* | *35 %* | *3,5 cm* | *80 %* | *50 %* |

**d- Préciser les caractéristiques du spectre des photons émis sur l’axe, pour les deux qualités de faisceaux produites par l’accélérateur.**

**Y a-t-il une modification de la qualité du spectre entre le champ 1cm x 1 cm et le champ 10 cm x 10 cm ? Si votre réponse est oui indiquer alors un ordre de grandeur de cette modification et indiquer quelles sont les implications métrologiques de cette modification ; Justifier votre réponse.**

*Oui, 1\*1 cm² : durcissement de faisceau car – de composantes de basse énergie (cours Maiwenn LeRoy à venir..) L’énergie moyenne diminue (environ 5 % par rapport 10\*10 cm²)*

*Plus important en X6 qu’en X18*

**Note : utiliser des graphiques pour la représentation des spectres et des rendements en profondeur en indiquant les valeurs retenues pour chaque énergie et en précisant les axes, les grandeurs, les unités, les échelles avec précision.**

***Question N°2 (****~****30 min): Simulation virtuelle et Planification dosimétrique de l’irradiation***

**a- Proposer de manière synthétique mais précise un protocole de simulation virtuelle pour la planification du traitement de la prostate : position du patient, contention, choix du ou des imageurs pour l’acquisition des données anatomiques, protocole d’acquisition des images sur l’imageur (modes d’acquisition, champ d’acquisition, champ de reconstruction, mAs, kV, filtre, etc.), principe de repérage, choix des faisceaux (énergie) et de la balistique, etc.) ; justifier vos choix pour chacun de ces paramètres.**

**Note : le choix des valeurs retenues sera précisé pour chaque paramètre cité et notamment des paramètres propres à l’examen d’imagerie.**

*Patient en décubitus dorsal*

*Cale genoux / cale-pied*

*Implatation de grains dans la prostate pour recalage (chirurgie)*

*Mains hors du champ d’acquisition*

*CT : 12 kV, mAs auto, mode hélicoïdal, champ d’acquisition assez large pour acquisition OAR et PTV en entier*

*Epaisseur de coupe : 2,5 mm (1,25 mm si grains)*

*IMRT :*

*5 à 7 faisceaux , pas de faisceau opposés pour éviter effet tunnel*

*Equirépartition des faisceaux*

*X6*

*Optimisation pour forme du MLC (Step and Shoot ou Slidind Window)*

**b- Donner la définition du CTV (Clinical Target Volume), défini par l’ICRU.**

*GTV + marges pour prendre en compte expansion des cellules tumorales*

**c- Quelles sont les contraintes dosimétriques (limites en termes de dose exprimée en Gy) à respecter sur chacun des OAR lors de la réalisation de la planification dosimétrique ?**

*Vessie : V70 < 25 % // V60< 50%*

*Rectum : V74<5% // V70<25% // V60< 50 % ou V50<50%*

*Têtes fémorales : V50<10% // Dmax = 60 Gy // Dmoy < 37 Gy*

*Canal anal*

*Grêle*

**d- Proposer une définition du PTV (au sens ICRU) à partir du CTV et justifier le choix des marges proposées pour votre plan (pour le PTV et pour les organes à risque).**

*PTV = CTV + marges pour prendre en compte les incertitudes liées au patient (mouvement, respiration, positionnement) et à la machine (calibration, symétrie faisceau)*

*Marge : 1 cm dans toutes les directions sauf en regard du rectum : 0,5 cm 🡪 à l’appréciation du médecin (infiltration..)*

**e- Quels sont les critères de dose généralement retenus concernant le respect de la prescription pour le PTV ?**

*95% du volume recoit au moins 95% de la dose et max 107%*

**f- La figure 2 représente l’histogramme dose-volume (HDV) prévisionnel du traitement; les critères d’acceptabilité sont-ils respectés ? Préciser la signification du HDV ; quelles sont les informations majeures absentes d’un HDV ; proposez un protocole complet d’analyse pour l’acceptabilité du plan de traitement.**

*PTV OK : 95-107%*

*OAR OK selon nos critères*

*HDV : pas d’information sur la couverture de dose dans chaque coupe 🡪 pas de visualisation des points chauds ou de trous de dose*

*Pour analyse d’un plan de traitement : HDV + isodoses dans les différentes coupes 🡪 complémentarité ++*

***Question N°3 (*~*30 min): Cohérence dose calculée/dose réalisée (mesurée)***

**a- Citer au moins cinq spécificités de la RCMI comparée à la RC3D (radiothérapie 3D sans modulation d’intensité)**

*Optimisation inverse*

*Mouvement des lames 🡪 plusieurs segments*

*Meilleure conformation aux OAR*

*Prescription sur volume et pas en 1 point*

*Gradients de dose élevés*

**b- Proposer un protocole pour la comparaison de la dose mesurée et de dose calculée dans une phase d’implémentation initiale de la RCMI. Traiter le cas de la mesure absolue de la dose en différents points et le cas de la mesure de la distribution de la dose.**

*Calcul TPS dans un fantôme donné et comparaison avec points de dose avec CI (0,13 cc). Multiplier les possibilités : plans +/- complexes : fentes, chaise,… et fantôme homogène, anthropomorphique.*

*Film dans fantôme 🡪 conversion dose absolue avec logiciel associé*

*TLD ou OSL dans fantôme(s)*

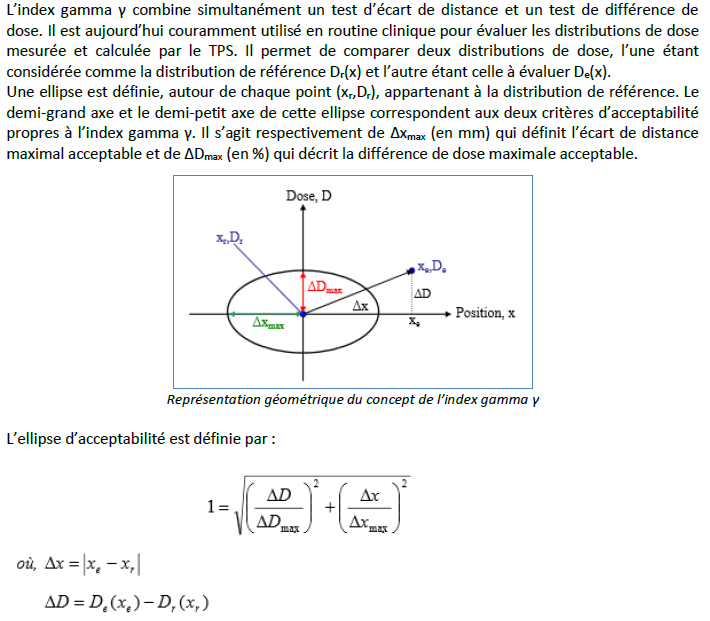
**c- Citer les différentes méthodes généralement utilisées pour une comparaison des distributions de dose calculée et réalisées (mesurées).**

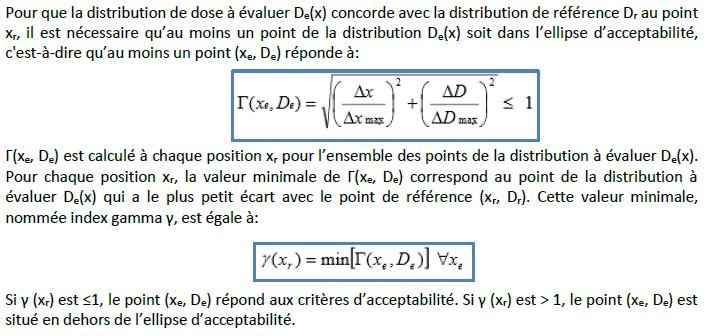
*Analyse gamma index*

*Comparaison de profils de dose*

*Ecart de dose (soustraction)*

**d- La méthode du gamma index est la méthode la plus complète ? Pourquoi ? Donner sa définition ?**





**Citer au moins trois paramètres à fixer pour la réalisation du calcul.**

*• local ou global*

*• seuil faibles doses*

*• écart de dose*

*• DTA*

**Citer au moins deux index qui permettent d’exprimer le résultat.**

*• Taux de passe (gamma > 1)*

*• Gamma moyen*

*• Écart de dose moyen*

**Quels sont les critères d’acceptabilité de ces index généralement recommandés par les sociétés scientifiques.**

*Taux de passe > 95 % avec critère 3%/3mm*

*Gamma moyen > 0,5*

*Écart de dose moyen < 3%*

# FEVRIER 2012

**Partie 1 : Radiothérapie**

**Durée : 90 minutes pour ce sujet**

**Contexte : Dans le cadre de vos activités fonctionnelles de physicien médical vous êtes amené à prendre en charge la mise en service d’un accélérateur linéaire d’électrons et d’un système de planification de la dose (TPS) adaptés à la mise en œuvre de techniques de radiothérapie avec modulation d’intensité des faisceaux type « Step and Shoot ».**

**Il s‘agit d’un accélérateur réglé pour fournir une énergie RX de 6 MV (I=0,675). Il est équipé d’un système d’imagerie embarquée type E.P.I.D. (Electronic Portal Imaging Device). Un système de trois lasers permet le repérage dans l’espace de l’isocentre de l’accélérateur. Le modèle de calcul du TPS est de type « collapse cône convolution superposition de kernels ». Vous disposez d’un électromètre et de différents types de chambres d’ionisation (plates et cylindriques de différents volumes (0,015 cm3 à 0,6 cm3)) pour la métrologie du faisceau; la chambre utilisée pour l’étalonnage des faisceaux est décrite en annexe (cf. descriptif et certificat d’étalonnage).**

**Question N°1: Accélérateur linéaire d’électrons**

* 1. **Donner le spectre en énergie du faisceau d’électrons à l’entrée et à la sortie de la section accélératrice correspondant à la production du faisceau RX de 6MV.**

*Entre l’entrée le maximum du spectre est à quelque keV et la sortie de la section le spectre d’énergie le maximum est au MeV : les électrons prendront de l’énergie dans la section accélératrice.*

**Décrire les éléments contenus dans la tête d’irradiation de l’accélérateur linéaire d’électrons permettant la production, la mise en forme et le contrôle du faisceau de photons.**

*Section accélératrice => bobines (déviation du faisceau) =>cible (création des photons) =>cône égalisateur (aplatissement de profil) =>chambres motrices (contrôle de la symétrie et homogénéité et la dose) =>collimateur (collimation du champ selon les la taille du champ) =>MLC (collimation pour les champs complexe)*

* 1. **Dès 1985 des accélérateurs ont été équipés d’un système R&V (Record and Verify) ; cette fonction R&V est aujourd’hui intégrée dans les systèmes d’information de radiothérapie du commerce comme vous avez pu le constater sur votre lieu de stage (Mosaiq/Elekta, Aria/Varian, Lantis/Siemens, ou autre système). Décrire de manière synthétique mais précise le rôle fondamental et le principe de la fonction R&V. Proposez une ou plusieurs tables de tolérance en fonction de techniques de traitement à associer au R&V; justifiez votre choix ou celui de votre lieu de stage**.

*Record and Verify permet le contrôle globale de plan du traitement en termes de :*

* *Dose délivrée au patient par séance : la dose est enregistrée en fonction de nombre des séances et en fonction de la dose délivrée par l’imageur portale EPID : une tolérance maximale de dose de 0.5 Gy par séance est fixée pour une dose prescrite de 2 Gy.*
* *Contrôler les déplacements de la table en latéralement, verticalement et longitudinalement. Tolérance de 3cm lat 2 cm en long 0.3 cm en vertical .*
* *Contrôle sur le nombre des faisceaux et les paramètres de chaque faisceau en terme*

*\*d’énergie*

*\*accessoire dans le faisceau (exp filtre et angle du filtre),*

*\* le nombre des UM par champ*

*\*Rotation collimateur tolérance 0.5°*

*\*Rotation plateau 0.5°*

*\*le nombre des UM par filtre (cas d’un filtre dynamique ou motorisé)*

*\*angle du bras tolérance 0.5°*

*\*dimensions du champ tolérance 2mm*

* *Contrôle sur les données anatomique du patient (TDM et DRR)*
* *Enregistrement de chaque séance avec les notes des manipulateurs, physicien et médecin*
* *Enregistrement de décalage trouvé lors de l’installation en fonction des jours*
* *Enregistrement de l’ensemble de données relative au contrôle qualité du plan du patient*
* *Enregistrement des HDV pour la traçabilité*
* *Cotisation sur le traitement du patient : point administrative*

**Question N°2 : Etalonnage du faisceau RX 6MV**

**2.1 – Quels sont les contrôles préalables devant être réalisés sur l’accélérateur linéaire d’électrons et le matériel de métrologie nécessaire avant de procéder à l’étalonnage du faisceau.**

*\*contrôle de la taille du champ :*

*=>Papier millimétré : vérification de la taille du champ écart entre champ affiché et champ mesurée < 2mm*

*\*contrôle de la correspondance champ lumineux champ irradié*

*=>film EBT3*

*=>marquer les bords du champ lumineux sur le film*

*=>écart entre champ lumineux et champ irradié < 2mm*

*\*contrôle de l’homogénéité<±3% et 0.97<la symétrie <1.03*

*=>Cuve à eau ; centrage de la cuve par rapport au faisceau*

*=>Chambre de 0.125cc pour un champ de dimensions du champ de 10cmx10 cm*

*=>Centrage de la chambre par rapport au faisceau*

*=>Positionner la chambre selon des conditions de référence (point effectif de mesure)*

*\*mesure de la dose dans les conditions de référence pour quantifier les écarts.*

**2.2 - Proposer un protocole d’étalonnage du faisceau RX (préciser les conditions de mesure et de réglage des paramètres de l’accélérateur); justifier le choix du détecteur (voir en annexe le certificat d’étalonnage attribuable à la chambre d’ionisation retenue) ;**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | X6 | X18 |
| TPR | *0.67* | *0.78* |
| DSA | *100 cm* | *100cm* |
| DSP | *95 cm* | *90 cm* |
| Profondeur de mesure | *5cm* | *10cm* |
| Taille du champ | *10 cm x 10 cm* | |
| Chambre d’ionisation | *De 0.3 cc volume adapté à la taille du champ* | |
| Point de mesure | *Centre géométrique de la chambre* | |

**Préciser la position du détecteur dans le faisceau ; proposer une méthode expérimentale pour obtenir le centrage du détecteur dans le faisceau dans les différentes directions (en annexe une description des caractéristiques des chambres d’ionisation).**

*Le centrage du détecteur dans le faisceau dans les différentes directions est fait à partir de deux profils en tête-pied et gauche-droit à deux profondeurs différentes : ceci permet de vérifier le décalage en tête-pied et gauche-droit ainsi que le déplacement vertical de la chambre par rapport à l’axe du faisceau.*

**2.3 – Proposer un calcul d’incertitude sur l’évaluation de la dose de référence pour les conditions de l’étalonnage des faisceaux (description des incertitudes et valeurs associées, calcul de l’incertitude globale).**

*Les incertitudes sont dues aux facteurs correctifs qui sont appliquées à la mesure tel que Kpol<0.2%, Krec<0.5% coefficient d’étalonnage <0.5% ainsi que sur la position de la chambre*

*L’incertitude globale <2%*

**Question N°3 : Modélisation du faisceau RX dans le TPS**

**Il s’agit de modéliser dans le TPS le faisceau de photons de 6 MV.**

**3.1 – Après avoir donné la définition du « point kernel », décrire les données physiques de base indispensables à la mise en œuvre de la méthode de calcul.**

*Point Kernel : décrit la distribution de la dose autour d’un point d’interaction du photon primaire mono-énergétique avec le milieu*

**les données physiques de base indispensables à la mise en œuvre de la méthode de calcul :**

*énergie du photon spectre d’énergie /densité de milieu courbe de densité /la fluence énergétique => le TERMA.*

**3.2 - Enoncer les données mécaniques propres à l’accélérateur**

*Sur le collimateur MLC : nombre des lames, taille des MLC, épaisseur, vitesse de déplacement, position extrême des MLC « banc », géométrie des lames*

*Hauteur de table maximum et minimum*

*Taille du champ maximum*

**et les données dosimétriques propres au faisceau RX 6MV nécessaires à la mise au point du modèle du calcul sur un plan qualitatif et quantitatif de mesures à réaliser pour le recueil des données dosimétriques nécessaires.**

**. Décrire (matériels et méthodes) les protocoles**

*facteur d’ouverture de collimateur/ mesure de dose relatives (profils de dose et rendement en profondeur)/mesure de dose en absolue (bien définie la dose absolue selon les recommandation de TPS ). Evaluation des fuites inter-lames, transmission des MLC*

# NOVEMBRE 2012

***. Radiothérapie sur un accélérateur linéaire d’électrons délivrant des faisceaux de RX de 6 MV (I=0,68) et 18 MV (I=0,78) et des faisceaux d’électrons de 6 MeV ,9 MeV, 12 MeV, 15 MeV.***

***. Equipement d’imagerie embarquée: E.P.I.D., imageur RX (2DRX, CBCT).***

***. Equipement de dosimétrie : fantômes solides, explorateur automatique de faisceau (cuve à eau associée), chambres d’ionisation cylindriques [0,3 cm3, 0,125 cm3et 0,015 cm3], détecteur diamant, détecteurs à semi-conducteur de différents type ; détecteurs plans de différentes caractéristiques, films radiochromiques (et électromètres ou système de lecture associé). . TPS équipé de différents algorithmes de calcul de la dose : type « pencil beam », type « collapse cone convolution superposition de kernel », type « Monte-Carlo ». Et tout l’équipement nécessaire pour répondre aux critères réglementaires de mise en œuvre de la radiothérapie et d’assurance qualité.***

***Question N°1: Planification dosimétrique d’une irradiation exclusive du sein***

***gauche et mise en oeuvre***

***Figure-1a : Distribution de dose correspondant à l’irradiation d’un sein gauche exclusif ; la première ligne est relative à une irradiation par les RX de 6 MV; la seconde ligne est relative à une irradiation par les RX de 18 MV ; les calculs sont respectivement réalisés à partir d’un algorithme type « pencil beam », « collapse cone convolution superposition de kernel », « Monte-Carlo » (de gauche à droite sur chaque ligne).***

**Préambule :**

**Le protocole d’irradiation prévoit une dose de 50 Gy au volume cible à raison de 5 fractions par semaines et 2 Gy par fraction.**

**Le CTV défini par le radiothérapeute correspond à la glande mammaire dans sa totalité (figure-1b). Il a été défini sur les bases de données acquises par imagerie CT (scanner). Figure-1b : Exemple de contour de CTV (glande mammaire) pour l’irradiation d’un sein gauche.**

**1- Proposez un système de contention et de positionnement de la patiente adapté à la mise en oeuvre du traitement**: *plan incliné + système d’imagerie IGRT*

**y a t-il une influence du système de contention et de positionnement sur la distribution de dose délivrée ? Justifiez votre réponse ; Si oui proposez une méthode pour**

*L’évaluation de cette influence. Oui le plan incliné permet d’épargner de plus les poumons ainsi que le cœur : la méthode est de faire une comparaison entre deux dosimétries avec est sans plan incliné est comparé les doses aux poumons ainsi que le cœur (en terme de HDV et dose moyenne et maximale)*

**2- Proposez un protocole d’acquisition en imagerie CT des données morphologiques du patient pour la planification dosimétrique et le repérage du patient sur l’accélérateur; justifiez votre choix. L’ensemble des paramètres CT nécessaires à l’acquisition de l’image seront définis (champ d’acquisition, de reconstruction, kV, mAs, épaisseur de coupe, etc.).**

*Epaisseur de coupe : 2 mm (ou 2.5 mm)*

*tension 120kV*

*courant (modulé)*

*champ d’acquisition inclus l’ensembles des OARs et les volume cible.*

**3- Citez les Organes à Risque (OAR) qui doivent être retenus. Quelles sont les contraintes dosimétriques (limites en termes de dose) à respecter sur chacun des organes à risque lors de la réalisation de la planification dosimétrique.**

*Poumons V10<50% et V20<20%*

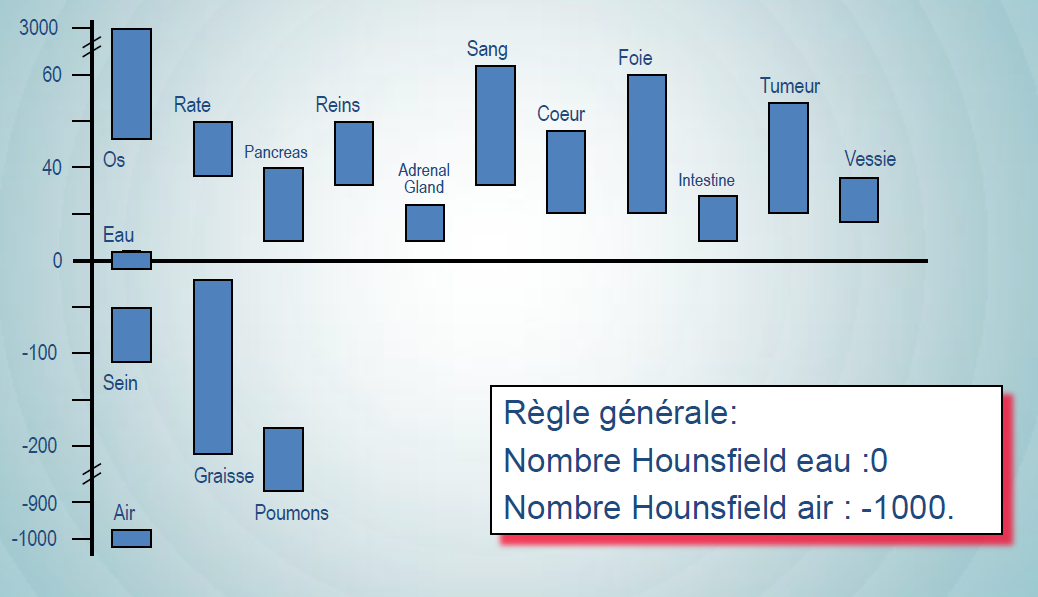
*Cœur dose moyenne <8* ***Gy***

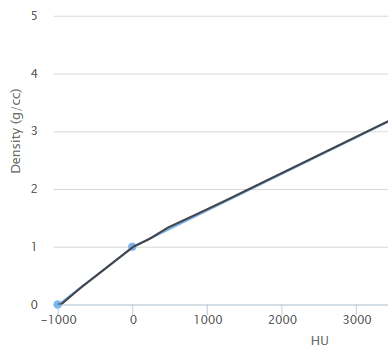
*Moelle dmax <45Gy*

*Englobe la totalité de la thyroide et l’ensemble des OAR*

**4- Visualisation des images CT pour la planification dosimétrique :**

1. **Donnez le graphe montrant la variation des nombres CT (NCT) en fonction de la densité du milieu (d) ;(faire apparaître clairement sur le schéma la densité de l’air, du poumon, des tissus mous, de la graisse, de l’os spongieux et de l’os dur).**





**b) Proposez un réglage du niveau de « NCT » et la largeur de la «fenêtre « W » associée pour le « contourage » de la glande mammaire, des OAR, des contours externes du patient .**

**5- Proposez une définition du PTV (au sens ICRU) à partir du CTV défini et justifiez le choix des marges proposées pour votre plan. Situez le point ICRU de référence pour la dose délivrée.** *PTV recommandé pour assurer la dose au volume de CTV = CTV +marge de sécurité (prendre en compte le mouvement du patient et de volume cible pendant l’irradiation ainsi que le centrage du patient par rapport à la machine)*

*PTV = CTV +2.5 erreur systématique +0.7 erreur aléatoire*

**6- Proposez dans le cas d’une irradiation exclusive du sein une balistique de traitement de type conformationnelle 3D sur le PTV (nature du rayonnement, énergie, nombre de faisceaux, orientation des faisceaux, limites géométriques des champs d’irradiation (forme des champs d’irradiation), pondération en dose de chaque faisceau, accessoires utilisés, etc.); chaque paramètre retenu sera justifié.**

*Balistique : 2 champs Tangentielle Interne et Tangentielle externe pondération 50% pour chacun) le choix des tangentielle pour éviter le plus possible de passer par les poumons et le cœur.*

*Le choix de filtre (dynamique ou mécanique ou motorisé en fonction de la machine) mais l’angle de filtre est en fonction de l’anatomie du patient (surface d’entrée du faisceau)*

*Le choix d’énergie généralement du RX de 6MV dans le cas des point chauds faire des faisceaux réduit en RX de 18 MV*

*Précisez en particulier comment sont définies les limites géométriques des champs*

*d’irradiation par rapport aux limites du PTV dans les différentes directions les limites géométrique du champ sont supérieur ou limites du PTV (fuite cas de gonflement du sein).*

**7- Est-il possible de délivrer 50 Gy de façon parfaitement homogène sur l’ensemble du PTV ? Si non, quelles sont les contraintes de dose généralement retenues sur le PTV et définies dans la prescription médicale (homogénéité de la dose, points chauds, points froids, etc.).**

*Au moins 100% de volume reçois au moins 95% de la dose prescrite.*

*Pas plus de 105% de la dose prescrite dans le volume de PTV*

**8- Quelle est la précision attendue sur le repositionnement du volume cible à traiter par rapport au faisceau de traitement précision de moins 1 mm souhaitable.**

**b) Proposez un protocole d’IGRT déployé sur l’ensemble du traitement; présentez un protocole utilisant l’imagerie portale MV (EPID) et les outils graphiques et algorithmiques de la station de travail image associée.**

*1/Double exposition=> vérification de l’ensemble des faisceaux pour la 1er séance*

*Ensuite une image du champ interne de positionnement 1 fois toutes les semaines => comparaison avec les données anatomique de référence DRR.*

**c) Proposez une méthode pour la prise en compte de la dose due à l’imagerie MV dans le calcul de la distribution de dose.**

*Avant la dernier séance (dose prescrite – 2Gy) on calcule les dose due au EPID => décision du médecin sur la dernier séance en fonction des dose reçues et dose restante.*

**9- Calcul de la distribution de dose : Comme le montre les représentations de la « figure-1a » il existe des variations non négligeables de la distribution de dose en fonction de l’algorithme de calcul utilisé au niveau du PTV comme des OAR ; discutez les différences observées au regard des caractéristiques propres à chaque algorithme de calcul utilisé et en fonction de l’énergie.**

*1-pour les 3 algorithmes de calculs l’énergie de 18 MV épargne moins les organes à risque (poumon et cœur) pour une distribution de dose équivalente au niveau de PTV.*

*2- pour les Algorithmes de calcul l’algorithme type « pencil beam » ne prend pas compte de l’hétérogénéité du poumon par rapport aux « collapse cone convolution superposition de kernel » et le « Monte-Carlo ».ceci ne permet pas d’évaluer la dose reçue correctement dans le volume de PTV ainsi que dans le volume des OARs.*

*l’algorithme type « pencil beam » sous estime la dose au niveau des poumon : par exemple d’isodose de 5% couvre moins de volume avec l’algorithme type « pencil beam » par rapport aux « collapse cone convolution superposition de kernel » et le « Monte-Carlo »*

*cependant en trouve une distribution de dose proche entre les deux algorithme « collapse cone convolution superposition de kernel » et le « Monte-Carlo ».*

**10- Dosimétrie in vivo (irradiation du sein exclusive) :**

**a) Décrivez les caractéristiques technologiques et physiques des détecteurs à semiconducteur (SC) retenus pour cette mesure (détaillez en particulier les facteurs, d’influence sur la réponse du SC).**

*Le Semi conducteur dépend de :*

*Angle d’inclinaison du bras <1-3%=>3% à 90°*

*Débit de dose <1%*

*Température <1%*

*DSP :<1-2%*

**b) Proposez une procédure pour la mise en œuvre d’un contrôle systématique in vivo lors de la première séance de traitement.**

*Lors de la 1er séance faire la dosimétrie in vivo sur l’ensemble du faisceau Tg-int et Tg-exter*

*Les SC sont placés à 2 cm du bord du champ vers l’axe du faisceau*

*Sur le TPS lors du choix du point de mesure il ne faut pas que ce point présente un fort gradient de dose.*

*Et la profondeur de mesure est au maximum (1.5cm en RX de 6MV et 3 cm en RX de 18MV)*

**c) Proposez un calcul d’incertitude sur la mesure in vivo par SC propre à cette localisation après avoir détaillé tous les paramètres influençant le résultat**

*Les paramètres influençant le résultat sont :*

*Le choix de point de mesures : la profondeur il faut qu’elle soit bien adaptée en fonction de l’énergie en fonction des conditions d’étalonnage.*

*La présence de fort gradient de dose (éviter ce point lors de choix sur le TPS)*

*Positionnement du SC sur la patiente lors du traitement*

*Correction en fonction de l’angle du bras*

*Correction en fonction de débit de dose si différent des conditions d’étalonnage*

*Correction de DSP si différentes des conditions d’étalonnage*

***Question N°2: Métrologie***

***1 - Mesure du rapport D/M (dose par unité moniteur) en fonction de la dimension du champ carré du faisceau RX (output factor)***

***Figure 2 : Variation relative du rapport D/M (D : dose et M : nombre d’unités moniteur) en fonction de la dimension du champ carré pour un faisceau RX de 6 MV (normalisation pour un champ carré de 4 cm x 4 cm)***

**a) Rappelez la définition de l’équilibre électronique latéral pour un faisceau de RX (illustrez éventuellement par un schéma). Représente le libre parcours moyen d’électron secondaire**

**b) Après avoir donné une représentation du spectre de rayonnement donnez les conditions d’équilibre électronique latéral pour chacun des deux faisceaux de 6 MV et 18 MV respectivement.**

*Le rayon minimum pour RX de 6MV est de 1.3cm et le RX de 18 MV est de 2cm*

**c) Citez les critères de choix du détecteur pour une mesure dans un champ carré de dimensions inférieure à 3 cm de côté ou circulaire de diamètre inférieur à 3 cm.**

*Il faut que le volume de détecteur ne dépasse pas ¼ de dimensions du champ diamètre du faisceau.*

**d) Pour les différents détecteurs utilisés (figure 2) discutez les différents résultats obtenus ; quelles valeurs retenez-vous pour le calcul de la dose des champs carrés 2x2 cm x cm et 1x1 cm x cm (ou circulaires de même diamètre). Le (les) le(s)quel(s) de ces détecteurs cités sur la figure 2 vous semble(nt) le (les) plus adapté(s).**

*Pour les champs entre 1cm x1cm et 2 cm x2 cm plus le volume de la chambre est grand plus la mesure est sous-estimée.*

*Dans notre il ne faut pas utiliser 0.125cc et la pintpoint non plus mais le microlion ou diode non blindé*

***2- Mesure du rendement en profondeur dans un fantôme d’eau***

***Figure 3 : Variation relative de la dose sur l’axe du faisceau dans un fantôme standard d’eau en fonction de la profondeur pour un champ carré de 1x1 cm x cm à DSA ; les mesures sont réalisées respectivement par diode E, par détecteur diamant et par chambre d’ionisation cylindrique de 0,125 cm3 ; elles sont comparées au calcul Monte-Carlo par le code EGS4.***

**1- Expliquez pourquoi la mesure faite par chambre d’ionisation dans ce champ carré s’écarte des valeurs obtenues par les autres types de détecteurs.**

*Ceci est due au volume de la chambre qui est trop supérieure à la taille du champ (non adapté) donc il aura une sous-estimation de la dose dans le volume de la chambre)*

**2- Au-delà du choix du détecteur quelles doivent être les précautions à prendre pour la réalisation de la mesure du rendement en profondeur dans un champ de très faible dimension**. *Le centrage de la chambre (déplacement verticale de la chambre par rapport à l’axe du faisceau un décalage de 1 mm =>5% d’erreur rapport IRSN 2008*

***Question N°4 : Contrôle de l’accélérateur linéaire d’électrons***

***Après un incident technique avant la reprise du traitement le rôle du physicien est d’analyser les éléments mis en cause et remis en état afin de décider éventuellement des contrôles à réaliser avant la reprise des activités cliniques.***

***1- Incident sur le contrôle de la réponse de la chambre moniteur de l’accélérateur (contrôle***

***du rapport D/M (dose par unité moniteur))***

**a) Rappelez selon les termes de la décision du 27 juillet 2007 sur la mise en œuvre des contrôles de qualité interne sur les accélérateurs linéaires d’électrons la périodicité et les critères d’acceptabilité.**

*Contrôle quotidien*

*Si l’écart Ecart <2% ok*

*Si 2<Ecart<4% refaire le lendemain même détecteur*

*Si Ecart >4% refaire la mesure immédiatement avec un autre détecteur*

**b) Dans le cas où la mesure effectuée ne correspond pas aux critères d’acceptabilité sur une ou plusieurs énergies discutez les causes possibles ; quels sont les contrôles à mettre en œuvre avant la reprise des traitements**

**Cause**

*Problème sur la chambre moniteur*

*Problème sur les bobines*

*Problème sur le cône égalisateur*

*Problème sur la taille du champ*

*Vérification de l’étalonnage dans l’eau (cuve à eau)*

*Vérification champ lumineux champ irradié*

*Vérification de l’homogénéité et symétrie*

**c) Dans le cas où la chambre moniteur est changée pour résoudre le problème quels sont les contrôles de qualité à envisager avant la reprise des traitements ; justifiez vos propositions.**

*Vérification de l’étalonnage dans l’eau (cuve à eau) RESPONSABLE SUR CE PARAMERE*

*Vérification de l’homogénéité et symétrie. RESPONSABLE SUR CES DEUX PARAMETRES.*

**2 – Dérive de la calibration des diaphragmes du collimateur principal, du collimateur additionnel en régime électrons – défaut de positionnement d’une ou plusieurs lames du**

**MLC**

**a) Rappelez selon les termes de la décision du 27 juillet 2007 portant sur la mise en œuvre des contrôles de qualité interne sur les accélérateurs linéaires d’électrons l’ensemble des contrôles à réaliser sur le collimateur et l’ensemble des éléments le concernant pour une bonne définition des champs d’irradiation ; précisez dans chaque cas la périodicité et les critères d’acceptabilité.**

*Taille du champ lumineux hebdomadaire champ de référence <2mm*

*Tailles des champs lumineux 3 champs (compris la référence) mensuel <2mm*

*Correspondance champ lumineux champ irradié mensuel; taille du champ par énergie <2 mm*

*Taille du champ en fonction de l’angle du bras semestriel <2mm*

*Orthogonalité et symétrie du collimateur principal et MLC semestrielle <1mm*

*Correspondance champ lumineux champ irradié 4 angle de bars ; taille du champ par énergie <2 mm*

**b) Après remplacement sur le MLC d’une lame ou de plusieurs lames ou d’un moteur de commande de lame citez les contrôles que vous mettez en place avant la reprise des traitements.**

*Exactitude et répétabilité des positions des lames en 3 positions différentes de MLC.*

# FEVRIER 2013

***Partie 1 : Radiothérapie***

***Contexte***

***Radiothérapie externe : accélérateur linéaire d’électrons : faisceau RX de 6 MV, faisceau d’électrons de 12 MeV.***

***Tout type de détecteurs, fantômes, explorateur de faisceaux (cuve à eau), etc. spécifiques au domaine de la radiothérapie externe.***

***TPS : « Treatment Planning System »***

***Question N°1 : Évaluation des profils de dose du faisceau RX de 6 MV –Symétrie du faisceau***

1. **Dans la perspective de la modélisation du faisceau RX 6 MV dans le TPS proposez un protocole expérimental pour la mesure du profil de dose dans l’eau et dans les deux axes principaux du faisceau. Les mesures sont réalisées à 5 profondeurs différentes dans l’eau (profondeur du maximum de dose sur l’axe, 5cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm) et pour différentes dimensions de champ carré comprises entre 1cm x 1 cm et 40 cm x 40 cm. Précisez en particulier le ou les détecteurs utilisés et leur positionnement dans le milieu de mesure.**

*1/centre de la cuve par rapport à l’axe du faisceau en T-P et G-D*

*2/vérifier le centrage de la cuve en faisant deux profils à deux profondeurs différentes*

*3/centrer la chambre par rapport au point effectif*

*4/mesure à DSP = 100 cm pour l’ensemble des champs et profondeur*

*5/ pour la taille de 1cm x1cm au 2cm x2cm diode non blindé*

*6/5cm x 5cm au 10 cm x10cm pintpoint de 0.016 cc*

*7/pour la taille 10cm x10cm au 40cmx40cm0.125 cc*

1. **Rappeler la profondeur du maximum de dose sur l’axe du faisceau RX 6 MV dans le milieu « eau ». Cette valeur évolue-t-elle avec la dimension du champ carré. Expliquer pourquoi.**

*Zmax de X6 est le 1.5 cm cette valeur varie avec la taille du champ « présence de diffusé » donc plus les dimensions de champ augmente plus Zmax s’approche de la surface*

1. **Donner la définition de la pénombre du faisceau ; comment varie cette grandeur avec la profondeur dans l’eau. Expliquer pourquoi ?**

*La zone de pénombre est définie entre 20%-80% du profil de dose la pénombre augmente avec la profondeur « plus de diffusé dans le milieu ».*

**Donner un ordre de grandeur des valeurs mesurées sur votre lieu de stage pour un faisceau de 6 MV (ou valeurs de la littérature éventuellement) en précisant le type de l’accélérateur et du collimateur associé.**

*Pour un accélérateur ELEKTA 60 Lames en est de l’ordre de 8 mm pour un champ de 10cm x 10 cm.*

**Quel est l’ordre de grandeur des différences observées en fonction du type\* de détecteur utilisé pour la mesure ?**

*Dans les champs de tailles <4cm x4cm chambres d’ionisations cylindriques 0.3 cm3, 0.125 cm3 sous-estime la valeur de la pénombre de 10% à 30% en fonction de la profondeur et la taille du champ*

*Dans les champs de tailles >10cm x10cm 0.015 cm3, détecteur à semi-conducteur, chambre diamant sur estime la pénombre de 10% à 25% en fonction de la profondeur et la taille du champ*

1. **Rappeler la définition de l’index (facteur) d’évaluation de la symétrie et de l’homogénéité d’un faisceau de rayons X utilisé en radiothérapie externe.**

*Homogénéité = (Dmin-Dmax/2) : mesurée sur une surface homogène présente des points équidistant de l’axe plus de 80% de la demi longueur de l’axe médian*

*0.97<Symétrie = d(x)/d(-x)<1.03 deux point symétrie par rapport à l’axe du faisceau*

**5. Rappeler les critères d’acceptabilité pour la symétrie et pour l’homogénéité du faisceau** *cf 4°*

**6. Dans le cas où le critère d’acceptabilité pour la symétrie n’est pas satisfait donner une analyse des causes possibles (vous pouvez vous appuyer sur une expérience vécue lors de votre stage professionnel) :**

*a) au niveau de la mesure elle-même, problème sur le montage/ la taille du champ est mal définie / l’énergie mal sélectionnée/la DSP est mal réglée problème sur le télémètre*

**b) au niveau des éléments fonctionnels (défectueux) et/ou réglages de l’accélérateur.**

**Vous définirez avec précision les réglages d’un accélérateur qui influent sur les caractéristiques du profil de dose.**

*Réglage des Bobines ou réglage sur la chambre motrice ou réglage cône égalisateur*

7. Éventuellement quelles vérifications devez-vous mettre en place pour cerner l’origine du défaut ?

*1/ refaire le montage*

*2/vérifier l’ensemble des paramètres Taille de champ Energie DSP …*

*3/si écart confirmer demander une deuxième vérification d’un collègue*

*4/ si l’écart est confirmé vérifier l’écart entre les deux chambre motrice*

***Question N°2 : Évaluation dosimétrique du faisceau d’électrons de 12 MeV***

**12 MeV est l’énergie nominale correspondant à l’affichage sur l’accélérateur. Le tableau ci-dessous donne les paramètres caractéristiques de ce faisceau qui ont été mesurés.**

**Note : les valeurs indiquées dans le tableau sont déduites de la mesure des ionisations en profondeur dans l’eau par une chambre d’ionisation**

1. **Définir le protocole pour la mesure des ionisations en profondeur (mesure de la charge électrique) à l’aide d’une chambre d’ionisation utilisée lors de votre stage ; en particulier préciser le choix et le positionnement de la chambre d’ionisation dans l’explorateur automatique de faisceau (cuve à eau), le réglage du pas de déplacement de la chambre et du temps minimum de présence de la chambre au point de mesure. Comment ces paramètres influent-ils sur le résultat observé. Expliquer pourquoi.**

*Après centrage de la cuve ainsi que la chambre*

*Mesure de RP à*

*DSP 100 cm*

*Point de mesure : point effective de la chambre si non la 1er mesure est dans l’air*

*Profondeur de mesure jusqu’à 30 cm à partir de la surface de la cuve (grand cuve)*

*Mesure les charge => courbe d’ionisation =>convertir la couvre d’ionisation en courbe de dose (S/ρ dépend de la profondeur pour les électrons est stable pour les photons)*

*Temps d’intégration est de 0.3s minimum pour avoir une mesure stable de la chambre (sans fluctuation)*

*Pas de déplacement de la chambre 1 mm dans la zone (avant le maximum de dose plus de précision de la valeur de max) et 2-3 mm en dehors*

1. **Calculer l’énergie moyenne E0 du faisceau d’électrons à la surface du milieu irradié**

*E0=2.33xR50 (profondeur pour laquelle la dose égale 50% de la dose au max de la courbe de RP)*

1. **Donner l’énergie moyenne du faisceau à la profondeur du parcours thérapeutique.**

*Erp=E0(1-(Z/Rp))=0MeV*

1. **Établir la relation qui permet de calculer, à partir de la courbe de variation relative des ionisations en profondeur, la courbe de variation de la dose. Calculer à partir de la table ci-dessous le ou les facteurs de correction à appliquer à la mesure des ionisations aux profondeurs de 2,5 cm, 4,1 cm, 5 cm respectivement.**

*Dose =(L\_ionisation ) Z X /*

**Suite à un certain nombre d’accidents de radiothérapie la mise en oeuvre de mesures in vivo techniquement réalisables est devenue réglementaire et obligatoire.**

1. **Selon vous quelle est la signification pratique des termes « techniquement réalisables » lorsque l’on parle de dosimétrie in vivo en radiothérapie externe ? Donner des exemples.**

*La mesure de la dose en un point représente la vrai valeur de la dose délivrée au patient ce qui n’est pas le cas pour les technique VMAT et RCMI : le SC peut être caché pas une ou plusieurs lames.*

1. **Décrire et donner les propriétés de « l’équipement type » utilisé pour les contrôles de qualité in-vivo ; préciser en particulier les caractéristiques des diodes et de leur conditionnement en fonction de l’énergie des photons.**

*Le Semi conducteur dépend de :*

*Angle d’inclinaison du bras <1-3%=>3% à 90°*

*Débit de dose <1%*

*Température <1%*

*DSP :<1-2%*

*Calibration en X 6 à la profondeur de 1.5 cm et x18 à 3cm à DSP 100cm*

**c) Dans le cadre de la vérification de la « dose à l’entrée » par des détecteurs sur les champs obliques définis pour l’irradiation d’un sein, il apparaît que la différence entre dose mesurée et dose calculée-attendue est de 7 % pour le faisceau oblique antérieur et de 15 % pour le faisceau oblique postérieur.**

**Selon vous ou selon ce que vous avez observé lors du stage quelle est la tolérance acceptée pour ce rapport dose mesurée dose calculée.**

*La tolérance est de 7% au maximum ceci est due à la différence entre les conditions d’étalonnage et les conditions de mesure sur la patiente*

d) Quels contrôles devez-vous réaliser pour rechercher la cause de ces écarts :

*🡪 au niveau du système de détection, vérification de l’ensemble de la chaine (les fils, les sc …)*

*• au niveau du TPS, le point de mesure ne représente pas un fort gradient de dose*

*• au niveau de l’accélérateur. Le TOP de jour*

**Décrire succinctement les contrôles proposés.**

**Proposez un calcul d’incertitude pour la mesure de la dose à l’entrée** *cf b*

**Les incertitudes sont essentiellement liées aux :**

**\*positionnement du SC sur la patiente**

**\*variation entre les conditions d’étalonnage et les conditions de mesures**

# NOVEMBRE 2013

***Contexte*  
*. Radiothérapie sur un accélérateur linéaire d’électrons délivrant des faisceaux de RX de 6 MV (I=0,68) et 18 MV (I=0,78).. Equipement d’imagerie embarquée : E.P.I.D., imageur RX (2DKV, CBCT).. Equipement de dosimétrie : fantômes solides, explorateur automatique de faisceau (cuve à eau associée), chambres d’ionisation cylindriques [0,3 cm3, 0,125 cm3et 0,015 cm3], détecteur diamant, détecteurs à semi-conducteur de différents type ; détecteurs plans de différentes caractéristiques, films radiochromiques (et électromètres ou système de lecture associé). . TPS équipé de différents algorithmes de calcul de la dose : type « pencil beam », type « collapse cone convolution superposition de kernel », type « Monte-Carlo ».Les modèles de calcul ont étés validés pour la technique RCMI utilisant des faisceaux statiques « Step and Shoot » et la technique utilisant un faisceau mobile en rotation « VMAT » (Volumetric Modulated Arctherapy). . Et tout l’équipement nécessaire pour répondre aux critères réglementaires de mise en œuvre de la radiothérapie et d’assurance qualité.***

***Question N°1 : Irradiation pour le traitement d’un cancer ORL*  
L’étude proposée porte sur un cas de cancers ORL localement avancé non métastatique (hypo pharynx). Concernant le stade tumoral, il a été établi à T2, N1. Les volumes cibles et OAR ont  
été définis à partir d’images acquises sur un tomodensitomètre (CT) de type Big Bore (Philips). La délinéation des volumes est conforme aux recommandations des rapports 50 et  
83 de l’ICRU et aux recommandations professionnelles en vigueur. Trois PTV ont été définis : le PTV70Gy a été défini comme le volume du site tumoral primaire et une marge 3D; le PTV63Gy a été défini comme le volume de maladie infraclinique à haut risque plus une marge 3D; le PTV56Gy a été défini comme le volume de maladie infraclinique à bas risque plus une marge 3D. Chaque PTV excluant le PTV de plus haut risque. La dose était délivrée une fois par jour, cinq jours par semaine et en 35 séances : soit des fractions de 2 Gy sur le PTV70Gy, 1,8 Gy sur le PTV63Gy et 1,6 Gy sur le PTV56Gy. Les objectifs de dose sur les PTV étaient que 95 % des volumes tumoraux doivent recevoir au moins 95 % de la dose prescrite et 98 % des volumes tumoraux doivent recevoir au moins 90 % de la dose prescrite. La prescription indique également les contraintes en termes de dose sur les OAR principaux.**

**1. Proposez un protocole d’acquisition des images pour la saisie des informations morphologiques sur le scanner ; en particulier justifier le choix de l’épaisseur de coupe retenue.**

*Patient en décubitus dorsal / pitch proche de 1 pour avoir des coupes jointives*

*120 kV / modulation de courant / épaisseur de coupe 2.5 mm 🡪 pas > 3mm pour pouvoir assez de précision pour la délinéation du volume cible et des OAR et pas trop petit sinon beaucoup d’images à délinéer et à stocker*

1. **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 ? Ya-t-il des inconvénients à la présence de la contention ? si oui lesquels.**

*masque thermoformé 5 points*

*Précision environ 1 mm*

*Présence de contention : 🡪 ne pas les oublier à une séance*

* *Masques à stocker*
* *Si variation anatomique du patient (amaigrissement. Ou diminution de la masse tumorale) il faut refaire un masque car il n’a plus d’intérêt*

1. **Quelle (s) dimension (s) de marge (s) proposez-vous pour la définition des PTV ; justifier la ou les valeurs retenues exprimées en millimètres.**

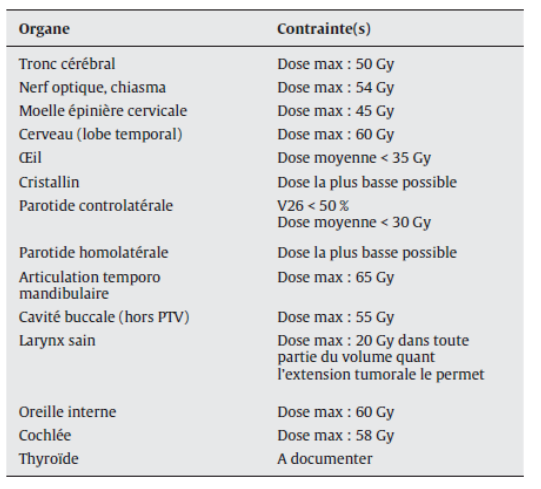
*PTV70 Gy : GTV + 2-3 mm*

*PTV 63 Gy : CTV + 8 mm*

*PTV56 Gy : CTV + 2-3 mm*

1. **Donner les contraintes de dose à respecter sur les organes à risques.**

*Guide SFRO :*



**5. La figure 1 donne la distribution de la dose dans des plans particuliers ; la figure 2 propose un histogramme dose volume propre à la technique « Step and Shoot » et à la technique « VMAT » :**

1. **La prescription médicale est-elle respectée pour chacune des deux techniques. Justifier votre réponse.**

*PTV70 : 95% du volume recoit 95% de dose (66.5 Gy) : ok 68 Gy*

*98% du volume recoit 90% de dose (63 Gy) : ok 66 Gy*

*PTV63 : 95% du volume recoit 95% de dose (60 Gy) : ok 60 Gy*

*98% du volume recoit 90% de dose (56,7 Gy) : ok 57 Gy*

*PTV56 : 95% du volume recoit 95% de dose(53.2 Gy) : ok 55 Gy*

*98% du volume recoit 90% de dose (50.4 Gy) : ok 54 Gy*

1. **Que constatez-vous sur la dose délivrée aux tissus sains en comparant les deux techniques. Ce résultat vous semble-t-il logique ? Expliquer**

*On épargne mieux la parotide homolatérale et la mandibule en VMAT*

*Même Dmax pour la moelle*

*Dmax TC inférieure en VMAT (on voit un trou de dose sur les isodoses de la coupe transverse)*

*Moins de points chauds en VMAT*

1. **Quelle technique choisiriez-vous pour le traitement ? quels autres critères sont importants à prendre en compte pour ce choix (au-delà de la simple analyse des distributions de dose délivrée). Justifier votre réponse.**

*Plutôt VMAT*

*Temps de traitement*

1. **Proposer un protocole de contrôle de positionnement du patient par l’image lors de la réalisation des traitements ; donner des éléments sur les caractéristiques de l’imageur utilisé, la méthodologie proposée (méthode de recalage incluse) et les tolérances sur le positionnement.**

*2D kV (OBI, XVI ou Exactrac). Couple tube – détecteur panel a-Si. Images ANT et LAT imageur embarqué, comparaison avec la DRR (recalage rigide osseux). Si Exactrac, images avec les 2 tubes-détecteurs à 45° par rapport au sol, recalage avec DRR (rotations + translations). Tolérances : 5 mm*

1. **Préciser quels sont les contrôles spécifiques à mettre en place pour le contrôle des performances de l’imageur utilisé ; donner l’ordre de grandeur des tolérances généralement retenues pour les tests présentés**

*2D kV : vérification de la position de l’isocentre imageur par rapport à l’isocentre linac (< 1 mm)*

*Vérification du déplacement automatique (< 1 mm)*

1. **Quels contrôles proposez-vous pour vous assurer que la dose réellement délivrée est celle qui a été planifiée au départ sur le TPS. Décrire ce ou ces contrôles.**

*Calculer le plan de dose dans un fantôme homogène 🡪 mesure point de dose CI CC13 ou film EBT3*

*Calculer le plan de dose dans un fantôme du type Archeck 🡪 analyse gamma*

***Question N°2 : Métrologie - Etalonnage d’un faisceau de rayons X de 25 MV*  
*(indice de qualité : 0.78) sur un accélérateur linéaire d’électrons*  
1. Cadre : protocole AIEA 277 - Chaque coefficient ou facteur intervenant dans le protocole sera expliqué. La chaîne de mesure utilisée est composée d’une chambre d’ionisation cylindrique à cavité d’air type 2571/NE (diamètre : 6,3 mm ; L=25 mm). Elle est alimentée sous une tension de - 400 volts. Cette chambre a été étalonnée en terme de kerma dans l’air dans un faisceau de rayons γdans un centre d’étalonnage. Elle est munie d’un capuchon d’équilibre électronique en « delrin » et possède une paroi en graphite ; capuchon : 0,55 g/cm2 ; paroi : 0,065 g/cm2. Le coefficient d’étalonnage fourni en termes de kerma dans l’air a pour valeur : NKair,c = 1,05 cGy/division à 20 ° C et 1013,25 hPa et sous une tension de - 400 volts.**

**a) Proposer un protocole pour l’étalonnage du faisceau RX 25 MV en terme de dose dans  
l’eau Dw,u, indiquant les conditions de référence de la mesure, le milieu de mesure, le positionnement de la chambre, les corrections à appliquer à la mesure, les facteurs de conversion pour passer de la grandeur Kair,c à la grandeur Dw,u pour la qualité du faisceau étalonné.**

*Mesure au point effectif de la chambre*

*Cuve à eau, chambre cylindrique (pt effectif = 0.6\*rayon)*

*Champ 10\*10, DSP = 100 cm, profondeur =*

*Ndair=Nkair (1-g) \*km \* katt*

*Km = coefficient pour non équivalence de la paroi à l’air*

*Katt = coefficicient pour atténuation et diffusion des photons par la paroi*

*Dw,u = lecture brute \* Ndair\*Kt,p\*kpol\*krec \* kcel\* (S/rho) eau/air \* Pu*

*Pu = facteur de perturbation de la chambre*

**b) Calculer la valeur de la dose absorbée de référence par unité moniteur en « cGy/UM » lors de cet étalonnage sachant que la mesure dans le faisceau RX a été réalisée à une température de 23 ° C et une pression atmosphérique de 1000 hPa.  
*Données :* La moyenne des mesures effectuées pour 200 UM dans le faisceau de 25 MV est de : 222 divisions à la tension de - 400 volt (des mesures faites à – 200 volts afin de définir le coefficient de recombinaison donnent un signal de 220 divisions). g=0,003 katt,c . km,c = 0,985 pol = 1,000 rec= 1,000 cel = 1,000 Pu=0,9975**

**rapport S/rho = 1.090**

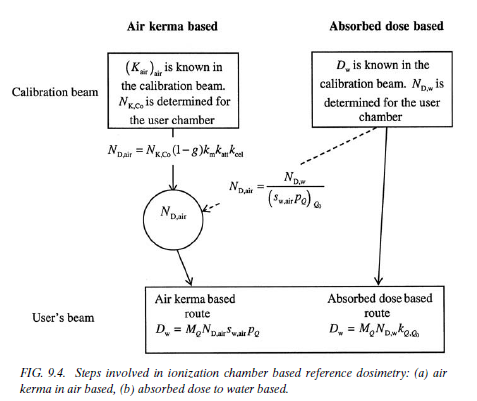
*kt,P = 1.023*

*Dw,u = 222\*1.05\*0.982\*0.9975\*1.090\*1.023 = 254.6 cGy (hum pas terrible, je le referai)*

**2. Cadre protocole AIEA 398 Expliciter les simplifications apportées par le protocole d’étalonnage AIEA 398.**

*Mesures au centre géométrique de la chambre et plus au point effectif 🡪 évite les erreurs de positionnement de la chambre*

*Le coefficient d’étalonnage est donné dans l’eau, plus besoin de passer par l’air avec Katt, km et g 🡪 plus simple en pratique*



***Question N°3 : Fonctionnement d’un accélérateur linéaire d’électrons***  
1. Indiquer parmi la liste ci-dessous ceux des éléments ou paramètres d’un accélérateur  
linéaire d’électrons qui sont « changeants » (ou « constants ») lors d’un changement d’énergie  
en régime photon ou électron:  
- cône égalisateur changeant  
- courants de centrage, de focalisation (symétrie/homogénéité)  
- courants de déviation (bending) changeant  
- courant du canon à électrons  
- fréquence du magnétron constant  
- chambre à ions constant  
- collimateur multi-lames constant  
- diaphragme en photon constant  
- diaphragme en électrons changeant

**2. Indiquer les éléments « changeants » si l’on modifie le débit de dose.**

*Chambre à ions*

# MARS 2014

***Contexte* : *radiothérapie externe* ; *accélérateur linéaire d’électrons standard (énergies des faisceaux de photons de 6MV et 18 MV) équipé d’un système d’imagerie embarquée type RX 2DkV et CBCT.***

***Question N°1: Accélérateur linéaire d’électrons : contrôles de qualité***

**La décision du 27 juillet 2007 fixe les modalités de contrôle de qualité interne des installations de radiothérapie externe. Cette décision porte en particulier sur les accélérateurs linéaires d’électrons à usage médical.**

**1. Par référence au texte de la décision,**

**a. Donner les définitions suivantes,**

**i. Zone homogène d’un champ d’irradiation en régime photon.**

*La zone homogène d’un champ d’irradiation en régime photons, pour les champs carrés de dimensions supérieures ou égales à 10 cm × 10 cm, est définie par la surface contenant des points distants de l’axe d’au plus :*

* *80 % de la demi-longueur des axes médians du champ lumineux, pour des points situés sur les médianes ;*
* *70 % de la demi-longueur des diagonales du champ lumineux, pour des points situés sur les diagonales, la dose étant normalisée à 100 % sur l’axe du faisceau.*

*Ces pourcentages sont ramenés à la valeur commune de 60 % pour les champs carrés de dimensions comprises entre 5 cm × 5 cm et 10 cm × 10 cm.*

**ii. Facteur de transmission d’un filtre en coin.**

*Le facteur de transmission d’un filtre en coin est défini par le rapport des doses absorbées mesurées sur l’axe dans les conditions de référence définies au point 4.10 de la présente annexe, avec et sans filtre en coin.*

**iii. Pénombre**.

*La pénombre physique des champs d’irradiation est caractérisée par la distance latérale entre le point à 80 % et le point à 20 % de la dose sur l’axe du faisceau, mesurée sur les axes principaux des champs carrés à la profondeur de référence.*

**iv. Indice de qualité (photons).**

**Indice de qualité TPR**

*L’indice de qualité TPR d’un faisceau de photons est le rapport des doses absorbées aux**profondeurs de 20 cm et 10 cm dans l’eau avec une distance source-détecteur constante de 100 cm et un champ de dimension 10 cm × 10 cm au niveau du plan du détecteur.*

**Indice de qualité D20 / D10**

*L’indice de qualité D20 / D10 d’un faisceau de photons est le rapport des doses absorbées aux profondeurs de 20 cm et 10 cm dans l’eau avec une distance source-surface (DSS) constante et un champ de dimension 10 cm × 10 cm à la surface du fantôme.*

**b. Définir les contrôles prévus au titre :**

**i. des opérations de contrôle interne sur les systèmes de sécurité (en 7 points),**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Contrôles | Description | Critères d’acceptabilité | Périodicité |
| Système de sécurité | **Indicateurs** relatifs à la **présence du faisceau** au poste de commande  au-dessus de la porte d'accès | Vérifier que les voyants lumineux situés au poste de commande et à la porte du **Bunker indiquent ou non la présence du faisceau** | Fonctionnement correct impératif | Quotidien |
| Systèmes **anti-collision** | Mettre la table ou le bras de l’accélérateur en mouvement et simuler une collision | Toute collision simulée doit **impérativement arrêter les mouvements** du dispositif. | Quotidien |
| **Dispositifs de commande** de l'appareil de traitement et de la table de traitement | Pour les deux manettes de commande de rotation bras ainsi que pour les commandes à la table, commencer un déplacement et lâcher l’homme mort. | **Aucun mouvement** de rotation du bras ou de la table ne doit être **possible** si deux interrupteurs de sécurité ne sont pas actionnés simultanément. | Quotidien |
| Systèmes de **surveillance du patient** | Vérifier que les systèmes de surveillance visuelle et auditive du patient fonctionnent correctement. | Les systèmes de surveillance visuelle et auditive du patient doivent fonctionner correctement. | Quotidien |
| **Accessoires hors contention** : filtres en coin, applicateurs  utilisés pour les faisceaux d’électrons, porte-accessoires | Vérifier manuellement qu’aucune désinsertion ne soit possible pour chaque accessoire. | pas de désinsertion possible des accessoires  – pas de déformation physique des accessoires pouvant altérer leurs performances ;  – si la remise en conformité est impossible, les accessoires défectueux ne doivent plus être utilisés et  doivent être remplacés. | Mensuel |
| Dispositifs d'**arrêt d'urgence** | Actionner les arrêts d’urgence suivants : table de traitement (2), porte (2), arrêt général (1 sur 5) | Machine éteinte, il doit être impossible de redémarrer l’installation si un dispositif d’arrêt d’urgence est enclenché | Mensuel |
| **Détermination du temps de déplacement du transporteur**  **de source radioactive** |  | la durée équivalente de transit de la source à la distance normale de traitement ne doit pas excéder 2  fois la valeur déterminée lors du CQ interne initial. | Mensuel  (Cobalt) |

**ii. des opérations de contrôle du faisceau en régime photon en mode statique (6 points).**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Contrôles | Description | Critères d’acceptabilité | Périodicité | |
| Contrôles dosimétriques | **Stabilité de l'étalonnage** des **faisceaux de photons** | Chambre d'ionisation PTW 0,3cc rigide, plaques PMMA, thermomètre, baromètre - contrôler toutes les énergies photons et une énergie électron différente - 200UM, DSP100 à Zmax ; | Ecart entre la référence et la lecture corrigée du CT,P **≤ ± 2%**  Si **>2% et <4%** : contrôle le lendemain avec même détecteur – Mesures correctives si confirmation du dépassement | Quotidien | |
| Stabilité de l'étalonnage des faisceaux d'électrons | Idem CQ dosimétrique quotidien | Idem CQ dosimétrique quotidien | Hebdomadaire |
| Correspondance champ lumineux / irradié bras à 0° | Positionner le film RTQA2 sur des plaques à top - Tracer le champ lumineux – Ajouter des plaques RW3 au-dessus - 100 UM / énergie - Une taille champ/énergie (10\*10cm², 20\*20cm²) | **≤2mm** | Mensuel |
| Homogénéité et symétrie des faisceaux photons et électrons (Starcheck) | - Positionner la StarCheck[[1]](#footnote-1) sur la table centrée à l'aide des lasers et du croisillon  - Irradiation 100UM et acquisition avec le logiciel Multicheck | Photons:  **homogénéité** : **± 3%** - **Symétrie**: comprise entre **0,97 et 1,03**. - Electrons: **homogénéité** : **>0,85** pour E>7MeV | Mensuel |
| Stabilité de l'énergie (Starcheck) | - Positionner la StarCheck + BQ-Check sur la table centrée à l'aide des lasers et du croisillon - Irradiation 100UM et acquisition avec le logiciel Multicheck | -Photons:  Ecart /IQre f**≤ 1%**  -Electrons: Ecart /IQref **≤4%** | Mensuel |
|  | Système de surveillance de la dose: Cohérence des **chaines primaire** et **secondaire** | Vérifier les valeurs entre les **systèmes primaires et secondaires** d’affichage des chambres moniteur à l’intérieur de la tête d’irradiation | **<10%** | Mensuel |

**Pour chaque point de contrôle vous préciserez :**

* **la périodicité,**
* **les modalités du contrôle de référence,**
* **les critères d’acceptabilité.**

**2. Dans le cas où un défaut de symétrie a été observé en régime « photons » lors d’un contrôle de qualité de l’accélérateur (le point focal des électrons ne frappe pas la cible en son centre) le technicien du service après-vente de l’accélérateur doit intervenir sur la génération du faisceau:**

* **a. Citer trois éléments techniques qui peuvent être à l’origine de ce défaut.**
* *La chambre d'ionisation du Clinac haute énergie est composée de plusieurs chambres d'ionisation individuelles, notamment des chambres d'ionisation positionnées pour surveiller la symétrie du faisceau dans les plans radial et transversal séparément. À ceci vient s'ajouter le circuit de dosimétrie qui surveille les signaux de la chambre d'ionisation et guide le faisceau en conséquence. Dans certaines conditions, des composants du circuit de dosimétrie peuvent changer lentement et de manière asymétrique au fil du temps. La situation de déséquilibre qui en résulte peut ne pas être détectée par le circuit de verrouillage, et entraîner l'administration d'un faisceau de photons asymétrique sans que cela n'entraîne de verrouillage. Une fois détectée, cette asymétrie est corrigée en ajustant le réglage du faisceau, ou en réparant ou en remplaçant les composants du circuit.*

*+*

*Bobines*

*Cône égalisateur*

* **b. Après dépannage quels points sont à vérifier par le physicien selon l’origine du défaut de symétrie et les réglages ou changement de matériel effectués pour le corriger ?**
* *L'utilisateur doit effectuer une vérification mensuelle de la symétrie et de la répétabilité du profil du faisceau de photons.*

*Ici il demande les contrôle juste après le réglage donc je pense qu’il faut dire : symétrie et homogénéité et la stabilité du faisceau*

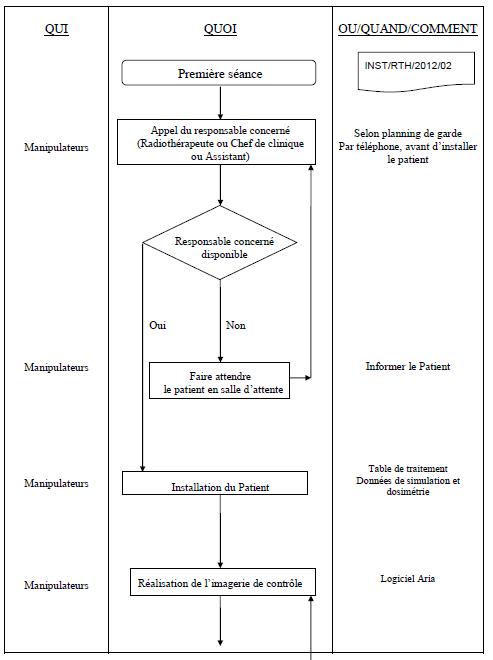
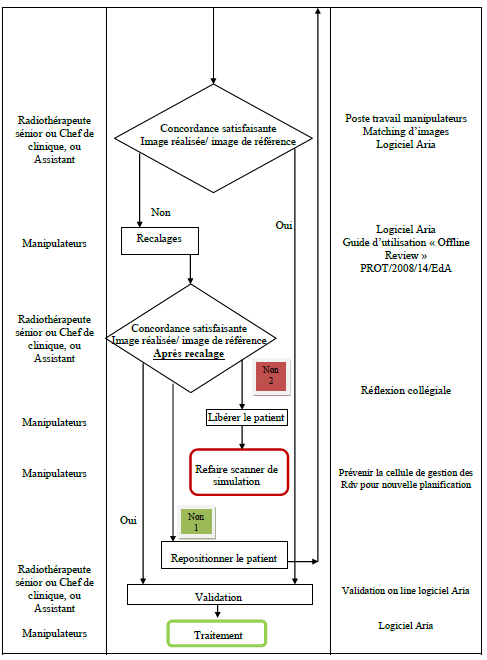
***Question N°2: Processus de repérage du volume cible du patient lors d’un traitement de radiothérapie externe et sources d’erreurs associées***

* **1. Décrire le processus général de repérage en imagerie RX 2DkV d’une part et CBCT d’autre part.**

*Comparaison au DRR ou au Scan de simu*

*DRR est comparé par rapport au DRR (créé à partir du TDM de simulation)*

*Mais le CBCT est comparé par rapport au TDM de simulation*

* **2. Proposer un protocole de vérification de la position du volume cible dans le cas de l’irradiation de la prostate ; donner les avantages et inconvénients du protocole proposé.**
* 
* 
* **3. Donner un ordre de grandeur de la dose délivrée au patient par imagerie pour le protocole de vérification proposé sachant qu’il s’agit d’une irradiation à la dose de 80 Gy à raison de deux grays par séance et cinq séances par semaine.**
* **4. Contrôle de qualité et précision du repérage,**
* **a. Proposer un protocole de contrôle de qualité pour :**
* **i. la vérification de coïncidence du « référentiel image » avec l’isocentre de la machine de traitement,**
* *Test avec bille Wiston Lutz*
* **ii. le contrôle de la dimension effective des pixels et voxels de l’image,**
* **iii. le contrôle du déplacement de la table.**

***Question N°3: Irradiation d’une tumeur pulmonaire du lobe supérieur droit***

* **Figure 1 : tumeur pulmonaire du lobe supérieur droit**
* **Du fait de la respiration il est indispensable de tenir compte du déplacement tumoral (volume cible : CTV).**

1. **Décrire la méthode retenue pour la prise en compte des mouvements de la tumeur durant l’irradiation.**

* *Scanner 4D avec système RPM*

1. **Proposer un protocole de simulation virtuelle pour la définition précise du volume cible de traitement.**

* *Décubitus dorsal, cale pied red, cale repos genoux,*
* *Patient sur Moldcare (contention billes personnalisée)*
* *Les bras relevés sur le support bras au-dessus de la tête*
* *Injection de PDC + RPM (Real-time Position Management, dosi 4D)*

1. **Selon la méthode retenue définir la valeur des marges appliquées au volume cible clinique (CTV) pour la réalisation de la balistique de traitement (ITV éventuel, PTV).**

*Pour la méthode de respiration bloquée les marches sont de 1 cm en 3D*

1. **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.**

* *RTH 3D*
* *Prescription 60 à 66Gy en 2Gy/fraction*
* *5 faisceaux obliques homola en X6 ou X18*

*· Ant/Post + Lat + 2 obliques +/- filtres*

*· MLC : PTV + marge 0.7 cm + 1cm en tête-pieds*

* *Bonne couverture de l’isodose 95 % sur le PTV et pas de surdosage > 107 %*

1. **Quels sont les organes à risque (OAR) à prendre en compte ? quelles sont généralement les contraintes en termes de dose pour ces OAR ?**

* *Plexus Brachial Dmax<55Gy*
* *Moelle Dmax<39Gy*
* *Poumon-PTV V30Gy<20% ; V20Gy<30% ; V10Gy<40% ; V5Gy<42%*
* *Poumon Dt+Gche Dmoy <13Gy*
* *Oesophage <40Gy sur 15cm*
* *Coeur V30Gy < 40 % V40Gy < 30%*
* *D33% < 35 Gy D100% < 30Gy*
* *Dmax < 35 Gy dans l’ensemble du coeur*

1. **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 ?**

* *« pencil beam » Type A -> nombre d’Unités Moniteurs (UM) moins important car la distribution de dose obtenu est surréstimée par rapport à la mesure*

*Ils sont basés sur l’equivalent path length (EPL) pour la correction d’inhomogénéité. Le transport des électrons n’est pas modéliser séparément et les changements de densité sont échantillonnés le long des rayons primaires à une dimension.*

* *« superposition convolution de kernels » Type B nombre d’Unités Moniteurs (UM) plus important car la distribution de dose obtenu est également surestimée par rapport à la mesure mais a moindre mesure.*

**Quel algorithme va donner la meilleure cohérence calcul/mesure ; pourquoi ?**

* *« superposition convolution de kernels » Type B*
* *Ce type d’algorithme tient compte de l’hétérogénéité anisotrope des tissus dans tout l’environnement 3D du site d’interaction. Le modèle inclus dans cet algorithme consiste à modéliser le faisceau primaire suivant une modélisation multi-source comprenant :*

*\*Une source primaire située sur le plan de la cible. Elle modélise les photons (simulés par MC) qui n’interagissent pas avec la tête de l’accélérateur. Le durcissement à travers le cône égalisateur est également modélisé.*

*\*Une source extra-focale prenant en compte les photons qui interagissent dans la tête de l’accélérateur.*

*\*Une source virtuelle modélisant la contamination par les électrons issus de la tête de l’accélérateur. Et une source supplémentaire dédiée à la présence d’un filtre en coin.*

# SEPTEMBRE 2014

**Question 1- Contrôles de qualité en radiothérapie externe**

**Vu la décision du 2 mars 2004 modifiée fixant les modalités du contrôle de qualité externe des installations de radiothérapie externe ; Vu la décision du 27 juillet 2007 fixant les modalités du contrôle de qualité interne des installations de radiothérapie externe ;**

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

**a) Rappeler l’objet du contrôle ;**

**b) Quelle est l’obligation sur le plan de la périodicité du contrôle ;**

**c) Citer les informations qui doivent être tenues à la disposition de l’organisme de contrôle ;**

**d) Quelles sont les modalités du contrôle, les critères d’acceptabilité et les mesures prises en cas de non-conformité.**

Vérification des contrôles de qualité interne 🡪 tous les ans.

Equal Estro 🡪 à la mise en place du linac et tous les 3 ans

**Question 2- Radiothérapie externe col/endomètre**

**On rappelle que pour le traitement d’un cancer du col de l’utérus le protocole de radiothérapie externe prévoit l’irradiation du volume cible à la dose de 45 Gy ; ce volume cible inclus le volume cible clinique tumoral (CTV) qui contient le GTV du col, le col, l’endomètre, les paramètres, une partie du vagin et les volumes cibles ganglionnaires. Le volume cible total appelé PTV est en bleu sur la figure 1.**

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. Donner les caractéristiques technologiques et dosimétriques du collimateur multi-lames à recommander pour obtenir une qualité de distribution de dose optimale. Justifier vos réponses.**

*Dans ce cas la technique VMAT avec deux arcs de 180°( rotation complète) ou la technique IMRT 5-6 Faisceaux d’énergie de 6MV pour éviter d’irradier les organes distant du volume de PTV (OARs et le tissu sain) avec une rotation de collimateur de 30° pour éviter l'effet Tong and Groove*

*Le collimateur MLCs de 120 Lames d’épaisseur de 0.5cm ou centre et de 1 cm au bort du collimateur MLC.*

*Position extrême des lames est de 12.5 cm*

*Variation de déplacement des MLC pendant l’irradiation ou pour chaque segment*

*MLC avec des formes complexes adapter au volume de PTV*

*Faible transmission inter lames <5%*

**b) Pour la technique retenue proposer une description de la balistique (énergie, nombre de faisceaux et orientation, etc.); justifier vos choix.**

|  |  |
| --- | --- |
| Nb du faisceau | 7 faisceaux pas de faisceau opposés (angle entre les faisceaux de l’ordre de 30°) |
| Rotation collimateur | 30° pour éviter le max l’effet tongue and groove |
| Energie | 6MV éviter la création du neutron suite à l’interaction dans la tête d’accélérateur  pour éviter d’irradier les organes distant du volume de PTV (OARs et le tissus saint) |
| Contraintes sur le NB des segament | Pas plus de 8 segment pas faisceau |
| Taille minimale par segment | 4cm x4cm |
| Contraintes de dose | Mise en place des contraintes sous forme dose volume sur le PTV et OARs |
| Nombre d’itération dans la phase d’optimisation | 50-70 itérations |
| Dans la phase d’optimisation on sera amené à la création des volumes effectifs | |

**c) Proposer un protocole d’acquisition des données morphologiques du patient incluant**

**les éléments suivants :**

**- position de la patiente et contention éventuelle,** *décubitus dorsal avec cal pied et repos genoux*

**- protocole d’acquisition en imagerie CT (mode d’acquisition, limites**

**morphologiques de l’acquisition, paramètres radiologiques, repères, épaisseur**

**de coupe, etc.).**

*Acquisition hélicoïdale*

*Épaisseur de la coupe 3 mm compatible avec la grille de calcul de dose dans le TPS*

*Tension de 120KV*

*mA modulé (30mA-300mA)*

*Filtre standard*

*L’acquissions des données anatomiques englobe l’ensemble des OARs et les volumes cibles*

*Mise en place des point de tatouage (zéro scanne)*

*Lors du traitement appliquer le décalage par rapport au point de tatouage de zéro scanne*

**d) La prescription médicale est de 45 Gy à raison de 1,8 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.**

**GTV : volume tumorale palpable, visible avec les moyens d’imagerie actuel**

**CTV : volume de GTV + l’ensemble des lésions tumorales microscopie**

*CTV= GTV + marge se sécurité anatomoclinique*

*PTV : concept géométrique permet d’assurer la dose dans le volume de CTV*

*PTV = CTV + marge de sécurité : prend en compte de mouvement de l’organe pendant l’irradiation, incertitude sur le centrage du patient par rapport à la machine.*

**e) Donner les objectifs et contraintes généralement retenus :**

*- sur le volume cible (couverture et dose maximale), la dose doit étre homogène dans le volume cible entre 95%-105% de la dose prescrite au moins 100% de volume de PTV est couvert pas l’isodose 95%.*

*- sur les organes à risques (dose médiane et dose maximale sur les cinq OAR*

*retenus).*

*Rectum 50% de volumes <70Gy 25% de volumes <70Gy*

*Vessie 50% de volumes <70Gy 25% de volumes <70Gy*

*Tête fémorale G et D 10% volume < 50 Gy*

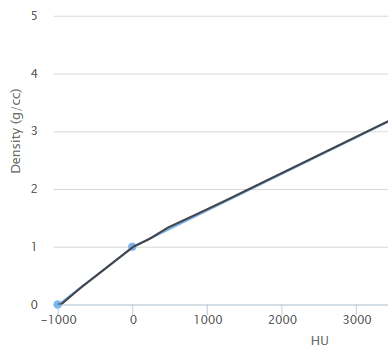
*Cavité abdominale 200cc reçoit une dose <45 Gy*

**f) Pour la prise en compte des hétérogénéités de milieu l’on doit fournir au système de planification de la dose (TPS) la courbe de correspondance entre les unités de Hounsfield de l’image CT et la densité du milieu.**

**- Proposer un protocole pour la définition de cette courbe de correspondante entre unités de Hounsfiel et densité électronique (ou physique) du milieu ;**

**- Donner l’allure de cette courbe sur un graphe ou seront précisés notamment les points relatifs à la densité de l’air, du poumon, de l’eau, de la graisse, du muscle, de l’os mou et de l’os compact ; Quel contrôle de qualité devez vous réaliser sur le TPS avant l’utilisation de ces données. Préciser la périodicité, les modalités et les critères d’acceptabilité de ce contrôle.**

*Pour ce contrôle le fantôme CIRS 62 avec ces différents inserts de différentes densités est utilisé. Le scanner du ce fantôme est faite dans les mêmes conditions que le scanner initiale (KV et mA) => le volume du fantôme a une incidence sur les résultats (facteur d’atténuation)*

**

*Annuelle /lors de changement de TPS*

*Les critères d’acceptabilité ; en dose plus de 1cGy par UM par rapport au données de référence. En UH pas plus de 10% par rapport au données de référence*

**Question 3- 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 (192 Ir).**

1. **Décrire le principe de mise en œuvre de la technique PDR (matériel et méthode).**

*Matériel*

*Applicateur*

*Projecteur de source*

*Source de I192 d’activité de 18.5 MBq*

*Données anatomique du patient*

*Cathéter*

*TPS (modéliser pour la Curiethérapie*

*Méthode*

*Scanner la patiente avec l’applicateur en place mise en place par le médecin référant*

*Données d’acquisition : 120kV/ mA modélisé (30-300mA)*

*Délinéation des volumes cibles ainsi que des OARs par le médecin référant Reconstruction des applicateurs*

*Mise en place des sources*

*Optimisation des doses dans les volumes 🡪 calcul des temps d’arrêt de la source*

*Validation du plan par le médecin*

*Contrôle qualité de sécurité (longueur des cathéters port arrêt d’urgence ….) avant chaque traitement*

*Précision des positions d’arrêt +/- 1 mm : test avec film sur une longueur de 10 cm (Hebdo)*

**b- 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.)**

*I192 : énergie moyenne de 0.38MV période de 74 jours  émetteur de gamma et béta-*

**c- 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.**

*Activité pour HDR 10 Ci et de 0.5 Ci PDR 1 pulse par heurs de 0.5 Gy/h*

**Au bout de combien de temps la source doit-elle être renouvelée ? Justifier votre**

**réponse.** *changement tous les 2 mois pour ne pas trop allongé le temps du traitement par patient*

**d- Enoncer les contrôles de radioprotection à mettre en œuvre depuis la réception de la source radioactive jusqu'à sa reprise par le fabricant.**

*Contrôle des arrêts d’urgence (pupitre et porte d’entrée)*

*Contrôle de l’arrêt du traitement lorsque la porte est ouverte*

*Contrôle de bon fonctionnement du l’indicateur de sortie de la source*

*Contrôle de l’alimentation du projecteur (sous tension)*

*Présence de matériel de sécurité en cas de blocage de la source*

*Mesure de la dose dans la zone publique : 1 m devant la porte lors de la sortie de la source*

*Contrôle état du fonctionnement de l’interphone ainsi que la caméra*

**e- Enoncer les contrôles de qualité à mettre en œuvre à la réception de la source Radioactive avant toute utilisation clinique.**

*Mesure de l’activité ±3%*

*Contrôle du pas déplacement <1mm*

*Vérification des paramètres liée à la source dans le TPS*

*Vérification l’alimentation et la tension du projecteur*

*Vérifier l’entrée sortie de la source en termes de temps*

*Vérifier l’entrée et sortie de la source fictive ainsi que la réelle*

# AVRIL 2015

***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 bases 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.**

1. **Sur le certificat d’étalonnage de la chambre d’ionisation reproduit en figure 1, quelles sont les informations pertinentes à relever pour la détermination rapport Dose(cGy)/UM ?**

*Les conditions d’étalonnage de la chambre en terme de ;*

*-qualité du faisceau d’étalonnage*

*-température et pression lors de l’étalonnage*

*-DSA et les dimensions du champ lors d’étalonnage*

*-facteur de calibration en terme de dose dans l’eau*

*-tension pour l’utilisation de la chambre*

**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.**

*Les paramètres dont la température et la pression =>correction de Ktp ainsi que la correction de l’effet de la recombinaison et la polarité.*

1. **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 ?**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | X 6 | X15 | 6MeV et 9MeV | 12MeV, 16MeV 18MeV |
| DSP | 100 | 100 | 100 |  |
| Point de mesure | Centre géométrique de la chambre | Centre géométrique de la chambre | Point effectif de la chambre | 0.5 x rayon de la cambre par rapport au : Centre géométrique de la chambre |
| Taille du champ | 10cm x 10 cm | 10cm x 10 cm | Applicateur 10cm x10cm | Applicateur 10cm x10cm |
| Profondeur | 1.5 cm | 2.5 cm | 1.5cm et 1.97 cm | 2.7cm/3.2cm/3.2cm |
| Type de chambre | Cylindrique 0.3cc | Cylindrique 0.3cc | Chambre plate | Cylindrique 0.3cc |

1. **Donner un ordre de grandeur de la valeur numérique du rapport Dose(cGy)/UM pour le faisceau de photons de 6 MV ;** *1cGy/ UM ce qui permet de garder un ordre de grandeur*

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

1. **Donner les critères d’acceptabilités sur l’évaluation de la stabilité du rapport Dose(cGy)/UM selon la législation en vigueur en France**

*Ecart entre la valeur de référence et la mesure de jour <±2%. Quelles mesures en cas de dépassement des critères sont prévues par la législation ?*

*-si l’écart entre 2 et 4% refaire la mesure le lendemain pour vérification de pas de dépassement*

*Si l’écart dépasse >4% refaire la mesure avec un autre matériel si confirmer refaire l’étalonnage + signalement à ANSM.*

**e) Si la valeur du rapport Dose(cGy)/UM vaut 1,003, quelles sont les mesures concrètes que vous prendriez dans une telle situation ?** *écart est de 0.3% aucune mesure supplémentaire*

**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.**

*La chambre moniteur permet de contrôler l’homogénéité, la symétrie et la dose et de faire comparer les valeur de UM(dose) avec la deuxième chambre.*

h) Après remplacement des chambres, quels réglages de l’accélérateur seront nécessaires ?

* *étalonnage*
* *mesure de la symétrie*
* *mesure de l’homogénéité*

**Quelles sont les valeurs cibles des paramètres dosimétriques que vous chercherez à obtenir et pourquoi ?**

* *homogénéité ±3% par rapport aux données de référence en photon et le rapport J90%(de la dose à l’axe)/J50%(de la dose à l’axe)>0.85 en électron*
* *0.97<symétrie <1.03 par rapport aux données de références en mode photon et électron*
* *L’écart entre UM1 et UM2<10%*
* *Stabilité du faisceau TOP<2% par rapport à l’étalonnage*

***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.**

1. **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.**

*Protocole d’acquisition ;*

* *Patient en décubitus dorsal avec le système de contention ; masque thermoformable + cal pied + cal genoux*
* *Tension ; 120 KV*
* *mA : 200 mA (modulé)*
* *épaisseur de la coupe 2 mm (il faut qu’il soit conforme avec la grille de calcul de notre TPS)*

1. **Quel type de contention proposez-vous pour la mise en oeuvre du traitement ? Donner une description de la contention (forme, qualité des matériaux, etc.) ?**

*Masque Thermoformable + cal pied + cal genoux*

**Quel niveau de précision peut-on atteindre avec la contention proposée ?**

*Une précision de l’ordre de 1-2mm.*

1. **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**

* *Marge de CTV=>PTV 1 cm en 3D*
* *Pour les OARs contour de PRV prise en compte de mouvement des OARs : La notion de marge à appliquer autour du CTV pour former le (PTV a été étendue aux Organes à Risques*

*Œil dose max 35 Gy*

*Cristallin dose max 10 Gy*

*Nerf optique dose max 54 Gy*

*Tronc cérébrale dose max 54 Gy*

1. **Quelle imagerie complémentaire est adaptée pour la délinéation des structures dans ce cas ?**

*Fusion avec les images IRM (bonne visibilité des tissus mous)ou TEP*

**e) Quelles sont les doses limites communément admises pour les organes à risques délinéés déterminées à la question (c) ? cf-b**

**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) ?**

*le rapport ICRU 50 et 62  au niveau de la prescription de la dose ; la dose est prescrite sur un point centre de gravité du PTV (dose en un point ICRU).*

*choix de ce point ;*

*il faut pas que ce point présente une hétérogénéité (point définie dans un milieu homogène pas d'air )*

*il faut que l'ensemble des faisceaux passent par ce point (point regroupe tous les faisceau)*

*ICRU 62 le 1 er à définir des GTV, CTV, PTV*

*ICRU 83 ; arrivé pour IMRT : au niveau de la prescription de la dose : la dose est prescrite en volume (contraintes des dose en format dose/volume)*

*il a eu aussi une modification sur les volumes tel que le volume de PRV et le volume RVR*

*PRV c’est le volume de OAR + une marge de sécurité qui prend en compte de mouvement pendant l'irradiation*

*RVR ; le contour externe -(CTV + les OARs) permet d'avoir la présence des ponts chauds hors PTV*

*une nouvelle définition sur l’homogénéité de la dose dans le volume du PTV*

*H=(D2%-D98%)/D50%*

**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.**

*Dans le cas de traitement d’une tumeur cérébrale => avec le système de contention masque thermoformable il aura pas trop de mouvement des organes pendant le traitement => deux image 2D-KV Post et Lat permettant de vérifier le positionnement du patient avant chaque début de traitement=> beaucoup moins irradiant*

# JUIN 2015

***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 règlementation (périodicité, modalités et critères d’acceptabilité).**

*• Homogénéité et symétrie : à partir des profils dans la cuve à eau, avec chambre FC 65 (bras 0, colli 0, DSA 100, z = 10 cm, champ 25\*25cm²) ou avec matrice (type Profiler)*

*Mensuel pour bras à 0° et annuel pour 4 positions cardinales du bras*

*Homogénéité < 3%*

*0.97 < symétrie < 1.03*

*• Pénombre : distance latérale entre point à 80% et le point à 20 % de la dose sur l’axe du faisceau.*

*A partir des profils dans la cuve à eau (ceux utilisés pour homogénéité/symétrie), pour chaque énergie 🡪 mêmes conditions de mesure*

*Contrôle annuel*

*Tolérance : < 2 mm par rapport à la valeur initiale*

***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.**

*• Contrôle avec EPID : type PDIP de Varian : intégration de la dose sur l’imageur portal, calibration au départ puis transfert des plans de traitement (algo particulier) et comparaison acquisition / attendue 🡪 analyse gamma index*

*++ : rapide à acquérir (pas de mise en place de matériel sous la machine) et bonne résolution spatiale*

* *: algo complexe conversion dose en image 🡪 pas de valeur de dose en Gy*

*• Contrôle avec fantôme du type Archeck ou Delta4 :*

* *: moins bonne résolution spatiale (1 mm) / temps de mise en place relativement long / calibrations régulières*

1. **En pratique, que feriez-vous pour mettre en place ce contrôle de routine ?**

*Évaluation de la précision du nouveau matériel*

*Choix d’un groupe de patient ou 2 modalités de contrôle minimum seront réalisés (ex : film + Archeck) 🡪 comparaison des résultats + fixation des valeurs seuils*

***Question N°* 3 : Traitement d’une tumeur pulmonaire**

*IDEM MARS2014*

1. En l’absence de matrice de détecteurs ce test se réalise à l’aide de la cuve à eau. [↑](#footnote-ref-1)