



LES PROCEDURES DE REALISATION DU SCANNER

SIMULATEUR CHEZ L'ADULTE

Au service de Radiothérapie du CHU HASSAN II de Fès

MEMOIRE PRESENTE PAR :

Docteur TERRAB FATIMA ZAHRAE

Née le 30-07-1990 à Meknès

Pour l'Obtention du Diplôme de Spécialité en Médecine

Option : RADIOTHERAPIE

Sous la Direction de : Professeur BOUHAFI TOURIA

Session de Juillet 2020

PLAN

I. Définition de la radiothérapie	8
1. La radiothérapie interne : La curiethérapie	8
2. La radiothérapie externe	8
II. Description générale des scanners simulateur (CT-SIM)	9
1. Définition du scanner	9
2. Historique.....	10
3. Les composants du scanner	11
3.1. Le scanner à Rayons X	12
3.2. Le système de détection	13
3.3. La Table de patient	16
3.4. La console	16
4. Place du scanner simulateur dans la radiothérapie	17
5. Les critères de choix du scanner simulateur en radiothérapie	18
III. Procédures du scanner simulateur chez l'adulte.....	20
1. Préparation de la salle de simulation.....	20
2. Accueil du patient et explication de la procédure de simulation	21
3. Positionnement et immobilisation du patient	22
3.1. Positionnement du patient.....	22
3.2. Immobilisation du patient.....	23
3.3. Exemples de positionnement et immobilisation en fonction des localisations.....	27
3.3.1. Tête et cou et localisation cérébrales	28
3.3.2. Sein	30
3.3.3. Thorax.....	31
3.3.4. Prostate	32
3.3.5. Pelvis/Gynécologique.....	33
4. Injection de produit de contraste	34
4.1. ATCD et contre-indications	34
4.1.1. ATCD du patient	34

4.1.2. Les contre-indications	35
4.2. Mode d'action.....	35
4.3. Effets secondaire et PEC.....	37
4.4. Modalités d'injection de PDC en fonction de chaque site	41
5. Acquisition des données anatomiques	43
5.1. Le mode d'acquisition.....	43
5.2. L'inclinaison du statif (Tilt).....	43
5.3. Mode radiologique ou topogramme	43
5.4. Le FOV (Field Of View) ou Champ d'acquisition	44
5.5. L'épaisseur de coupe	44
5.6. Le facteur Pitch	44
5.7. Les algorithmes de reconstruction des images	44
5.8. Proposition de paramètres d'acquisition	45
6. SYSTÈME DE MARQUAGE DES PATIENTS.....	47
7. Transfert et enregistrement d'images	47
IV. Contrôle de qualité du scanner – simulateur	48
1. Périodicité des contrôles.....	48
2. La table ou support du patient.....	49
2.1. Généralités	49
2.2. Méthodes de vérification.....	50
2.2.1. Positionnement du plateau.....	50
2.2.2. Positionnement de l'insert en fibre de carbone.....	50
2.2.3. Constance de la hauteur de table	50
2.2.4. Indexage de la table à la rotation du tube	51
2.2.5. Niveaux de tolérance et périodicité des vérifications du support du patient.....	51
3. Les systèmes de repérage.....	52
3.1. Contrôle de qualité des systèmes lasers.....	52
3.2. Niveaux de tolérances et périodicité sur le positionnement et les mouvements des	

nappes lasers.....	53
V. CONCLUSION.....	54
ANNEXES	55
BIBLIOGRAPHIES.....	61

LISTE DES FIGURES

Figure. 1 : Les principaux composants du scanner

Figure. 2 : Tube à rayon X avec une anode tournante

Figure. 3 : Schématisation du nombre de rangés des capteurs à rayons X présents sur les CT mono-barrette (SDCT) et multi- barrettes (MDCT)

Figure. 4 : Principes de fonctionnement du scanner

Figure. 5 : Console de la salle de scanner

Figure. 6 : Système de faisceaux lasers

Figure. 7 : Moyens et dispositifs de contention

Figure. 8 : Contention par masque thermoformé 3points

Figure. 9 : Contention par masque thermoformé 5points

Figure. 10 : Contention par plan incliné des localisations mammaires

Figure. 11 : Contentions des localisations pelviennes

Figure. 12 : injecteur automatique du scanner

LISTE DES TABLEAUX

Tableau. 1 : Effets secondaires de l'injection du PDC

Tableau. 2 : PEC des effets secondaires à l'injection de PDC

Tableau. 3 : Modalités d'injection de PDC en fonction de chaque site

Tableau. 4 : Paramètres d'acquisition standards des données anatomiques pour des acquisitions non synchronisées sur le rythme respiratoire du patient

Tableau. 5 : Périodicité des contrôles internes et externes

Tableau. 6 : Tolérance et périodicité sur les contrôles de mouvements de la table

Tableau. 7 : Niveaux de tolérance et périodicité sur le positionnement et les mouvements des nappes lasers

I. Définition de la radiothérapie

La radiothérapie est l'un des trois traitements majeurs du cancer, a côtés de la chirurgie et de la chimiothérapie. La radiothérapie consiste à utiliser des rayonnements ionisants pour détruire les cellules cancéreuses. Son principe a été découvert dès la fin du XIXème siècle

(1896): les rayonnements dits ionisants, délivrés à une certaine dose mesurée en Grays (Gy) endommagent l'ADN des cellules cancéreuses.

La radiothérapie est un traitement très efficace, réalisé soit à visée curative, pour guérir, soit à visée palliative pour soulager quand il n'y a plus espoir de guérison, soit à visée symptomatique, pour supprimer un symptôme. Elle a une place essentielle dans l'arsenal thérapeutique du cancer. [1]

Il existe deux types de radiothérapie : La radiothérapie interne et la radiothérapie externe

1. La radiothérapie interne : La curiethérapie

Utilise des sources radioactives implantées à l'intérieur du corps du patient au contact direct de la zone à traiter. Ces sources émettent des rayonnements qui détruisent les cellules cancéreuses. [2]

2. La radiothérapie externe

La radiothérapie externe utilise des sources de rayonnements ionisants externes au patient pour traiter de manière ciblée le volume cible (VC) [3].les rayonnements utilisés, majoritairement des photons de rayons X de haute énergie (plusieurs mégavolts) sont produits par des accélérateurs de particules.

L'accélérateur peut tourner sur 360° autour du patient allongé sur une table de traitement, afin de donner au faisceau de rayons X l'orientation adéquate [1].

Il existe différent technique de radiothérapie externe : Radiothérapie

conventionnelle, Radiothérapie conformationnelle, Cyber – Knife, Tomothérapie, Radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité (RCMI), Dans le centre de Radiothérapie–oncologie de Fes, la RCMI et la radiothérapie conformationnelle 3D sont utilisées.

II. Description générale des scanners simulateur (CT–SIM)

1. Définition de scanner

Le Scanner est une imagerie tomographique basé sur l'utilisation des coefficients d'absorption X du corps humain. Son principe consiste à réaliser des images en coupes fines du corps. Depuis la commercialisation du premier modèle médicale en 1975 par la marque

EMI (suite aux travaux de G.N. Hounsfield), plusieurs types de scanographes se sont succédé. Ils se caractérisent par le type de détecteur, les mouvements et le temps nécessaire à l'acquisition d'une coupe ainsi que le nombre de détecteurs. Le tube à rayon X peut irradier une rangée de détecteurs ; on a alors des scanographes "mono-barrette", ou deux rangées de détecteurs, ou un système multi-détecteur. Dans les services hospitaliers, deux types de scanographe sont généralement utilisés aujourd'hui :

- Les scanners mono- ou bi-barrettes : les plus utilisés, sont constitués d'un tube à rayons X et de détecteurs (une ou deux rangées) qui effectuent un mouvement de rotation autour du patient. La couronne de détecteurs, face au tube, tourne avec lui ;
- Les scanners multi-barrette (depuis 2003, 2004), possèdent 4 à 64 rangées de détections. La couronne de détecteurs se trouve toujours en face du tube et tourne avec lui.

Les modes d'acquisition :

Il existe deux modes d'acquisition des images :

- Le mode séquentiel : les coupes d'images sont réalisées les unes après les autres ;
- Le mode spiralé (hélicoïdal) : l'acquisition des données se fait de façon continue au cours du déplacement de la table avec le patient, les images sont obtenues dans un second temps par reconstruction mathématique. [4].

2. Historique :

La radiographie fut la première technique d'imagerie médicale découverte à la fin du 19ème siècle grâce aux travaux du physicien allemand Röntgen (1845–1823). Les rayons X venaient d'être découverts, permettant de voir l'intérieur du corps humain sans avoir besoin de l'ouvrir. Depuis, de nombreuses améliorations ont été apportées à ce principe révolutionnaire, jusqu'à la radiographie aux rayons X telle que nous la connaissons aujourd'hui.

A l'aide de l'informatique et du traitement numérisé des images, le scanner fut mis au point en 1972, par les radiologues britanniques Allan Mc Cornack (1924–1998) et Godfrey N. Hounsfield (1918). Grâce à cette découverte ils obtiennent en 1979 le prix Nobel. Ce scanner est un scanner dit de « première génération » possédant un tube à rayons X et un seul détecteur. La durée d'acquisition d'une coupe prenait alors 5 minutes. Les premières images réalisées à l'aide de ce type de scanner furent celles d'un cerveau (1971). Par la suite, tout le reste du corps fut exploré. Depuis trois nouvelles générations de détecteurs ont vu le jour. La deuxième génération est apparue en 1975 avec une augmentation du nombre de récepteurs (10 à 60). Une coupe ne durait plus qu'une minute. En 1980, la troisième génération proposait une durée d'acquisition de 5 secondes par coupe. Puis, la dernière génération, apparue en 1990, est constituée d'un tube et d'une couronne de détecteurs où seul le tube est

animé d'un mouvement de rotation. Une coupe ne prend alors qu'une seconde [5].

3. Les composants de scanner :

Le scanner est constitué :

- D'un générateur de forte puissance permettant de maintenir un tir continu à forte intensité de l'ordre de 200 à 500 mA pendant une acquisition complète.
- D'un tube à rayon X qui permet l'émission d'un faisceau de photons.
- D'un collimateur primaire (à la sortie du tube à rayon X pour définir la largeur de la coupe).
- D'un collimateur spécifique, à l'entrée du détecteur, pour réduire le rayonnement diffusé.
- D'un détecteur qui permet de convertir les rayons X en signal.

Les scanners ont utilisé, pendant longtemps, des détecteurs à base de Xénon.

Aujourd'hui la plupart des scanners utilisent des scintillateurs photodiodes, sur la base d'un scintillateur céramique spécifique étudié pour être suffisamment rapide. Grace à des barrettes de détecteurs, les scanners permettent l'acquisition de 6,64,.....128 coupes simultanées, l'acquisition est dite multi-coupe.

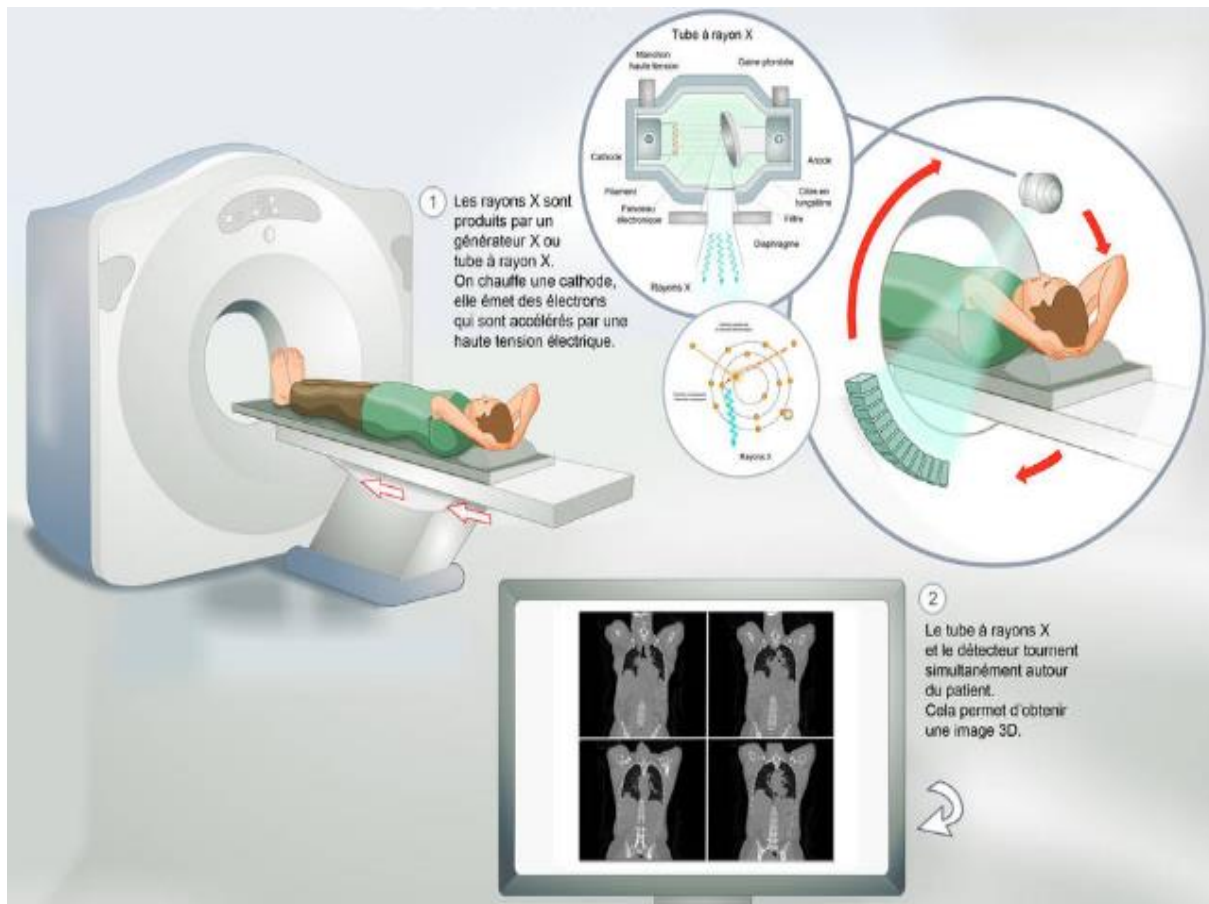


Figure.1 : les principaux composants du scanner

3.1. Le scanner à Rayons X

Source de rayons X :

La source de rayons X est un ensemble composé d'un émetteur de rayons X appelé tube radiogène et de son alimentation.

Le tube à rayon X doit être relié à un générateur de haute tension, à un générateur secondaire de basse tension et à un système de refroidissement. Sa puissance est de l'ordre de 30 kW. Il est constitué d'une anode et d'une cathode placée sous vide dans une ampoule de verre. Le principe de ces tubes consiste à faire tourner l'anode pour présenter au faisceau d'électron des surfaces d'impact différentes. On note que les générateurs de haute tension délivrent une tension constante pour assurer un flux énergétique.



Figure. 2 : Tube à rayon X avec une anode tournante.

3.2. Le système de détection :

Le système de détection est composé des éléments de détection des rayons X et le système électronique (amplificateur, convertisseur analogique...). Le détecteur scannographiques doit avoir une surface suffisante pour détecter le faisceau de rayon X. Ces éléments sont disposés en une seule rangée de capteurs, on les appelle les SDCT (Single Detector Computed Tomography). Quand on a plusieurs rangées de capteurs, on parle des MDCT (Multi Detector Computed Tomography) comme c'est présenté dans la figure. 3. Chaque rangée comporte entre 600 et 900 capteurs à rayons X et permet d'acquérir une coupe transversale de la région scannée, ainsi un CT 4 barrettes peut réaliser 4 coupes en une seule révolution des émetteurs/récepteurs. [6]

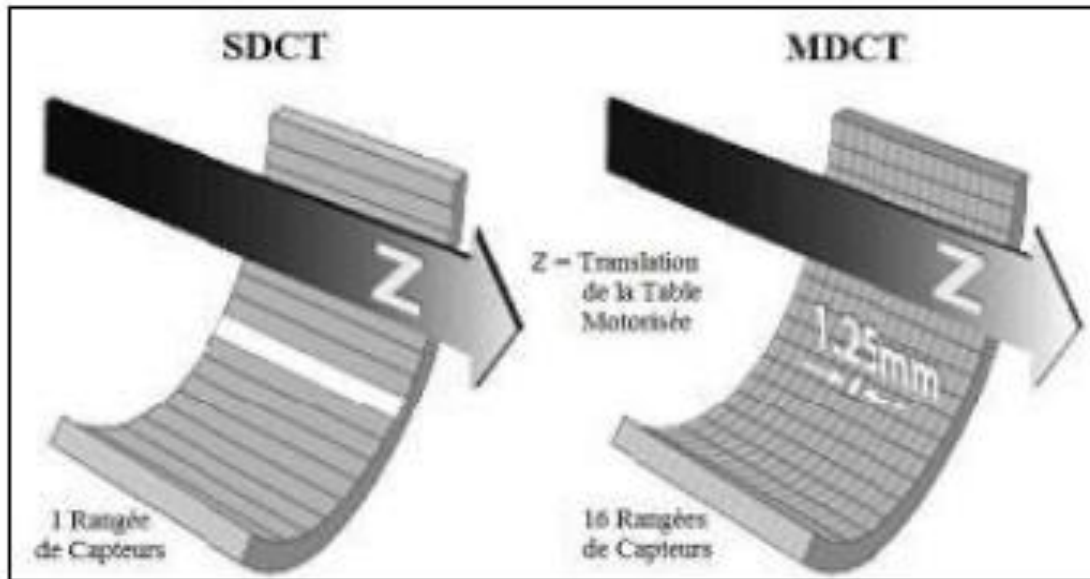


Figure. 3 : Schématisation du nombre de rangées des capteurs à rayons X présents sur les CT mono-barrette (SDCT) et multi-barrettes (MDCT) [7].

Le système de détection a pour rôle de transformer le faisceau projeté des rayons X en signal électrique, de l'amplifier et de le numériser.

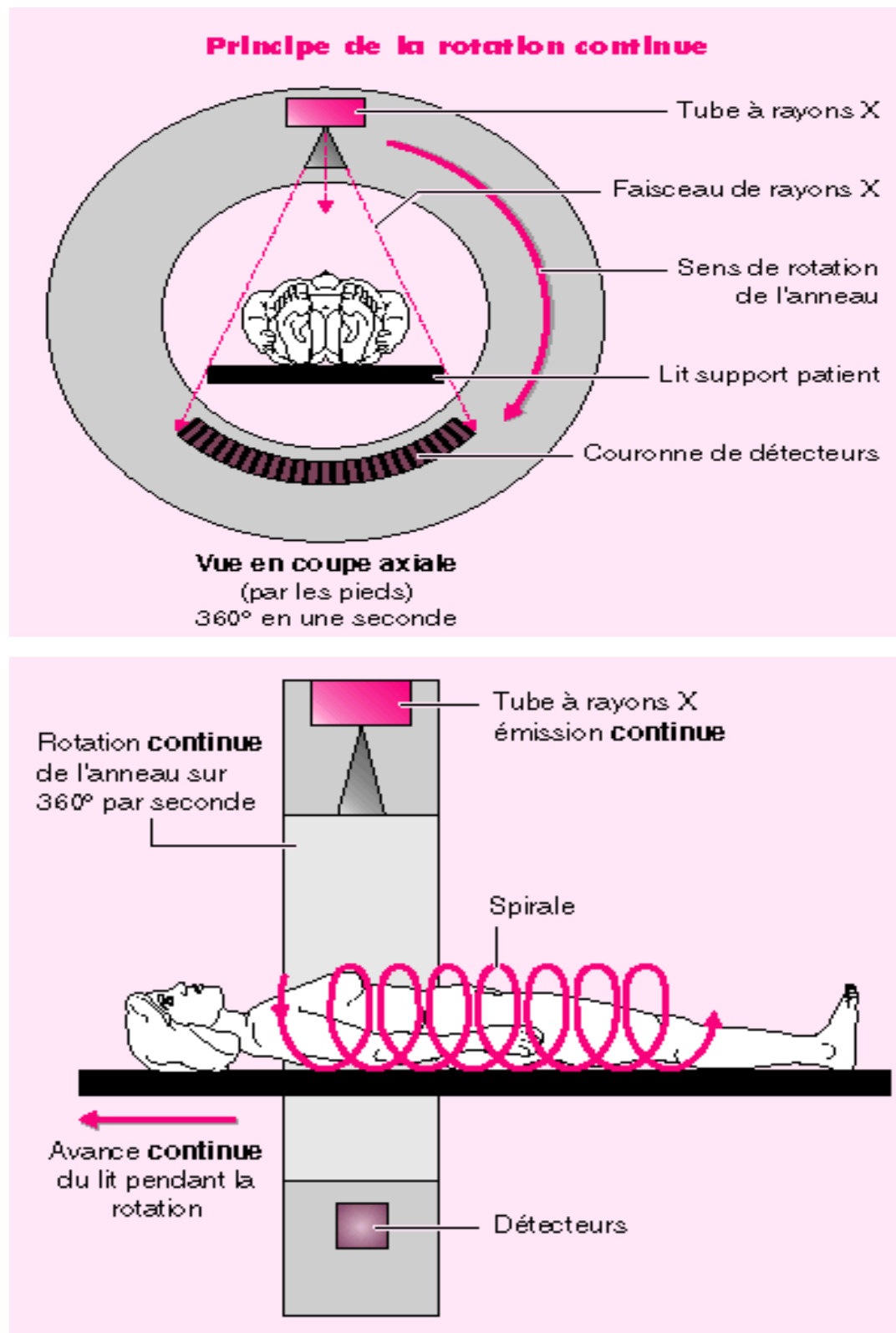


Figure. 4 : Principes de fonctionnement du scanner

3.3. La Table de patient :

C'est une table motorisée sur laquelle le patient est allongé. Elle se déplace longitudinalement à travers un anneau circulaire, permet de mettre le patient à l'intérieur du champ d'examen suivant le type d'acquisition. La table exécute essentiellement deux mouvements : un déplacement vertical et un mouvement horizontal. Ces mouvements sont contrôlés par le microprocesseur ou à partir des boutons situés sur le statif. Cette table doit répondre aux caractéristiques suivantes : descendre au maximum pour la mise en place des patients âgés et permettre un débattement longitudinal sous rayons X d'environ 200 cm.

3.4. La console :

C'est une station d'acquisition des images, elle doit comprendre un écran noir et blanc et deux unités d'archivages. La console permet la réalisation des images, la programmation des séquences et les protocoles d'acquisition. Les logiciels de traitement de base doivent être installés sur cette station et permettre :

- La mesure de la dose délivrée au patient
- La synchronisation du lancement de l'injection et de l'acquisition
- Une connexion aux différentes modalités présentes dans l'établissement. [8]

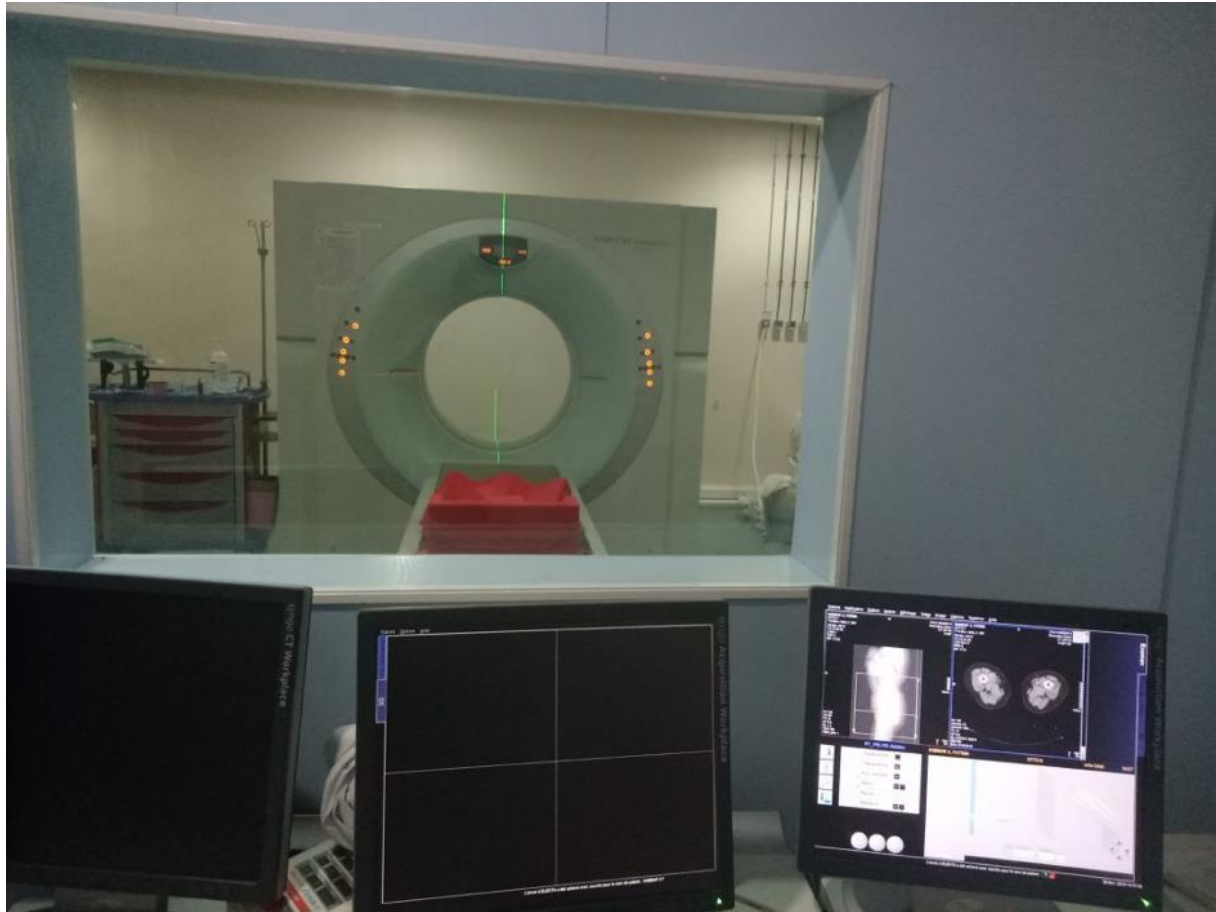


Figure. 5 : Console de la salle de scanner

4. Place du scanner simulateur dans la radiothérapie

L'acquisition des données anatomiques utilise au minimum un examen scanographique du patient en position de traitement. En effet, cet examen est indispensable car il permet d'obtenir un modèle morphologique tridimensionnel complet du patient avec très peu de distorsions géométriques. Par ailleurs, cette exploration tomographique utilise une onde porteuse (rayons-X) de même nature que celle qui sera ensuite utilisée pour le traitement. Ces conditions permettent de calculer des distributions de dose dans le patient d'une précision optimale car elles autorisent une prise en compte précise de la profondeur et de la densité des tissus traversés [9].

5. Les critères de choix du scanner simulateur en radiothérapie

Plusieurs aspects du scanner doivent être considérés pour répondre à la fois aux besoins de qualité d'image et à la contrainte des systèmes de positionnement du patient. On peut citer :

- un scanner de radiothérapie doit posséder un générateur et un tube à RX puissant de manière à fonctionner à mAs élevés (temps de rotation inférieur à 1 s) et donc à niveau de bruit faible dans les images.
- le type de détecteur (rapidité d'acquisition), la taille des cellules, le nombre de cellules par barrettes et le nombre de barrettes (résolution spatiale axiale et longitudinale) :

Le scanner multi-barrettes présente un intérêt certain pour la réalisation des traitements synchronisés au rythme respiratoire du patient. En effet, dans ce cas, l'acquisition des données anatomiques doit être réalisée le plus rapidement possible, soit pour améliorer la résolution temporelle de l'examen en technique de respiration libre (scanner 4D), soit pour permettre une acquisition sur une seule apnée en respiration bloquée.

On notera cependant qu'il n'est pas dénué de sens de réaliser une acquisition synchronisée sur le rythme respiratoire bien que le traitement ne le soit pas. En effet, dans ce cas, l'acquisition permettra une délimitation précise de l'ITV complet, c'est-à-dire correspondant à l'ensemble du cycle respiratoire, et le traitement visera alors à traiter cet ITV en totalité. Bien entendu, quand les moyens le permettent, le choix d'une phase respiratoire pour le traitement ou mieux encore une respiration bloquée pendant le traitement, permet de réduire notablement les dimensions du volume traité.

Recourir à la reconstruction en coupes fines (1 mm) est également intéressant pour améliorer la résolution longitudinale (axe Tête/Pieds) des examens scanner, le but étant d'obtenir une résolution spatiale isotrope proche de celle des examens qu'il est désormais possible de réaliser sous les appareils de traitement à l'aide d'imageurs embarqués (IGRT : Image Guided Radiation Therapy). Toutefois, la reconstruction en coupes très fines augmente le bruit dans les coupes et il s'agit de trouver le meilleur compromis en fonction des localisations examinées.

- les performances de la table d'examen qui conditionne la précision du repérage de la balistique sur la peau du patient et dont la radio-transparence peut influencer la qualité des DRR,
- les dimensions et la forme du tunnel qui conditionnent la capacité à explorer le patient en position de traitement (patient obèse, position gynécologique, thorax inclinée pour le traitement du sein...) La dimension maximum du diamètre physique du tunnel et du diamètre du champ d'acquisition, facilitent grandement l'utilisation de contentions adaptées comme par exemple le plan incliné pour les traitements des lésions mammaires. Ce choix permet en outre, de mieux anticiper l'obésité croissante de la population. Cette solution recommandée est désormais proposée sur tous les scanners dédiés à la préparation des traitements.
- Le système de repérage cutané des faisceaux d'irradiation : Sa fonction est de projeter sur la peau du patient des points (marqueurs) caractéristiques de la balistique du traitement élaborée.

L'utilisation d'un scanner multi-barrettes se justifie par sa couverture en RX plus grande dans la direction longitudinale à chaque rotation, associée à des vitesses de rotation plus élevées permettant une acquisition rapide de grands volumes. Il permet également l'acquisition en coupes submillimétriques dont l'intérêt est d'améliorer la résolution spatiale des DRR.

III. Procédures du scanner simulateur chez l'adulte: (Annexe 5)

Comme les autres domaines de la planification des traitements de radiothérapie et le traitement, la simulation nécessite une équipe associant médecins, physiciens, manipulateurs, infirmières, etc. L'équipe doit comprendre les composants individuels du processus et leurs exigences techniques spécifiques. Un personnel compétent et bien formé est nécessaire pour exploiter pleinement les avantages de la simulation de traitement. De plus, l'établissement des procédures spécifiques de chaque site peuvent considérablement améliorer l'efficacité, la cohérence et la précision des simulations.

Les procédures écrites sont également utiles pour la formation du nouveau personnel. Un processus de simulation simple et bien établie augmente considérablement l'efficacité de planification de traitement et améliore la reproductibilité entre le scanner simulateur et la machine de traitement. Cette section décrit les processus de simulation chez l'adulte car cette étape constitue la principale source d'information sur la planification du traitement.

1. Préparation de la salle de simulation :

Une utilisation efficace du temps sur le simulateur est essentielle. La préparation appropriée de la salle de simulation peut aider à l'utilisation efficace de ce temps. Une bonne connaissance de toutes les informations pertinentes nécessaires à la procédure de simulation permet au personnel de préparer la salle de simulation

d'avance.

Une fiche de simulation doit être remplie afin de mentionner les différentes informations utiles notamment la localisation, moyens de contention, l'injection de PDCI... comme le montre la fiche de simulation (Annexe 1)

2. Accueil du patient et explication de la procédure de simulation

Les patients doivent être informés sur la façon de changer et de retirer tous les objets métalliques, y compris les bijoux, les prothèses dentaires, les lunettes et accessoires pour cheveux de la zone d'intérêt. Les patients sont généralement dits de se tenir immobile et de respirer normalement pendant le processus de numérisation. Le temps de simulation peut varier en fonction de chaque institution et les besoins du patient. Il est possible de compléter la partie de la simulation (acquisition de données et marquage) en 20 à 40 minutes. Les patients doivent être informés du but de la procédure et devraient être assurés qu'une surveillance visible et audible est placée pendant le processus de numérisation. Il faut aussi leur dire que la table se déplacera pendant la procédure et, si le contraste sera administrés. Rassurez les patients qu'ils sont surveillés en permanence même si le le thérapeute n'est pas dans la salle.

L'équipement doit être expliqué au patient.

C'est utile de mentionner que la simulation n'est pas un traitement réel et que le simulateur est un scanner CT.

Le positionnement de base du patient doit être communiqué avec une explication de la raison pour laquelle cette position est nécessaire. Cette explication facilite la coopération des patients.

Le patient doit également recevoir une explication des procédures suivront la simulation. Cela pourrait inclure des instructions sur la façon de prendre soin des marques de la peau, ainsi que la peau elle-même, avant le début des traitements et

au cours de traitement. Toutes les instructions spéciales que le patient doit suivre avant qu'il ne reçoive un traitement, comme arriver pour un traitement avec une vessie pleine ou vide, doit être communiqué à cette fois.

3. Positionnement et immobilisation du patient

3.1. Positionnement du patient

L'un des maillons les plus faibles de la planification du traitement et de l'administration du traitement est le positionnement du patient. [10–11] Si une position stable ne peut pas être entretenu et reproduite quotidiennement, l'irradiation du volume cible est ratée et l'épargne des tissus sains n'est plus respectée. [12]

L'âge, le poids et l'état général d'un patient, ainsi que la zone anatomique à simuler, aide à déterminer la position optimale du patient. Le positionnement du patient pour le traitement est généralement représenté par un système d'alignement du patient.

Les lasers tri-directionnels accomplissent cela à travers les plans transversaux, coronaux et sagittaux. Habituellement, les tatouages à l'encre de Chine, et le marquage sur les éventuels moyens de contention sont indispensable pendant la simulation du traitement.

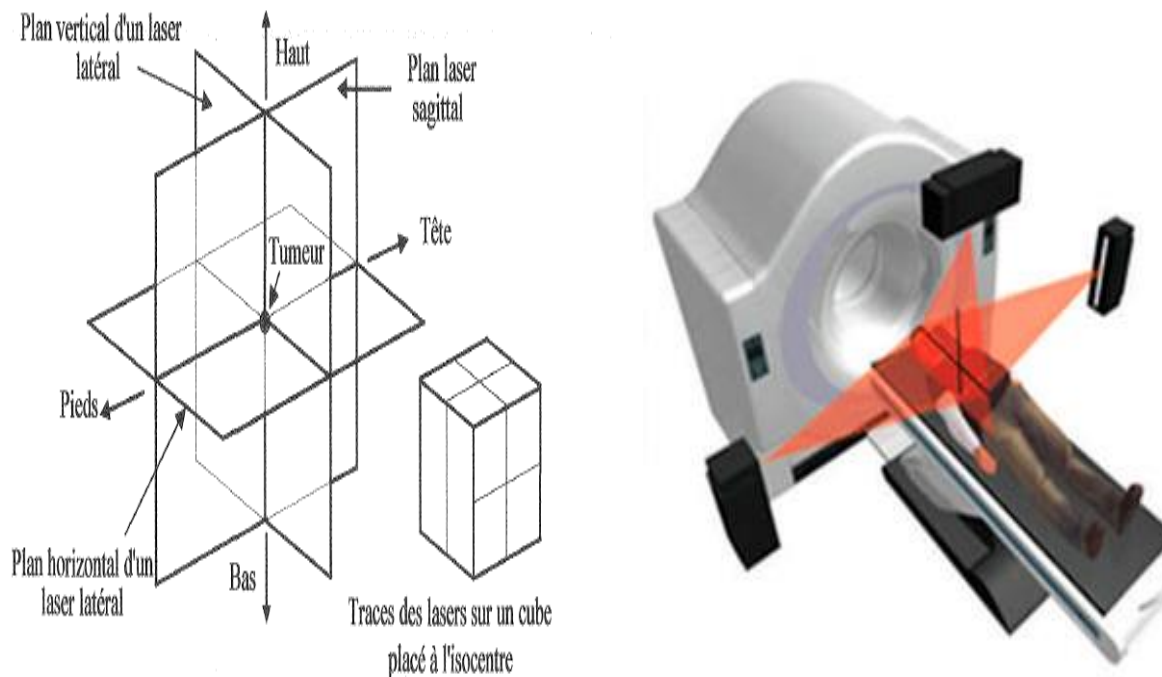


Figure. 6: Système de faisceaux lasers

3.2. Immobilisation du patient :

Moyens de contention et systèmes adaptés

Pour la plupart des procédures de simulation, le patient est positionné généralement sur un dispositif d'immobilisation. Les dispositifs d'immobilisation améliorent la précision et la reproductibilité du positionnement au cours du traitement prévu, ce qui est essentiel pour interdire les mouvements des patients pendant la simulation, la configuration du traitement et la délivrance du traitement

Un positionnement précis du patient et le maintien de cette position par immobilisation sont essentiels. Bien que le besoin d'immobilisation soit apparent, sa réalisation n'est pas toujours simple ni facile. Les dispositifs d'immobilisation efficace empêchent le patient de bouger pendant le traitement et exécuter les fonctions suivantes:

- Aide à la reproductibilité du traitement quotidien.
- Assurer l'immobilisation du patient ou de la zone de traitement avec inconfort minime pour le patient.
- Soutenir les conditions prescrites dans le plan de traitement.
- Augmentez la précision et l'exactitude du traitement.

Les aides doivent être constituées de matériaux qui ne provoquent pas d'artefacts CT. [13]

Des dispositifs d'immobilisation peuvent être composé d'un certain nombre de produits différents, tels que le carbone fibre, plastique et mousse de polystyrène. Les matériaux utilisés dépendront de la zone de traitement, de la disponibilité des matériaux et du praticien.

Un autre dispositif d'immobilisation actuellement disponible est le coussin à vide. Cet appareil se compose d'un coussin et d'une compression sous vide pompe. Le patient est placé en position de traitement sur un coussin partiellement gonflé. L'air dans le coussin est partiellement évacué jusqu'à ce qu'il soit semi-rigide et que le thérapeute le moule autour de la zone qui doit être immobilisé. Une fois la forme établie, la procédure est terminée jusqu'à ce que le coussin soit complètement rigide. Les coussins sont disponibles en plusieurs formes et tailles pour s'adapter à la plupart des sites anatomiques. L'avantage d'utiliser ce système est que les coussins peuvent être dégonflés, nettoyés et réutilisés après.

Les moules thermoplastiques sont un autre dispositif d'immobilisation couramment utilisé. Le moule thermoplastique devient souple lorsqu'il est réchauffé dans un bain d'eau chaude. Pliable, il peut être formé autour du patient. Il est léger, facile à utiliser et est très populaire pour l'immobilisation pour le traitement de la tête et du cou. L'utilisation d'un moule thermoplastique nécessite l'ajout d'un appui-tête et d'un cadre pour fixer le masque sur le patient et sur la table pendant l'installation.

En plus de l'immobilisation fournie par le dispositif thermoplastique, les marquages du patient peuvent être faits directement sur le masque ou sur du ruban adhésif placé sur le masque.

En outre, d'autres dispositifs d'immobilisation importants peuvent être mis en place et positionner des zones de traitement spécifiques, comme pour les seins et les traitements pelviens.

Dans tous les cas, si l'approche de traitement est connue au début de la simulation, la procédure se déroulera plus efficacement et plus précisément. Le patient doit être positionné selon la direction du radio-oncologue. Toutes les informations de positionnement doivent être enregistrées.



A/



B/



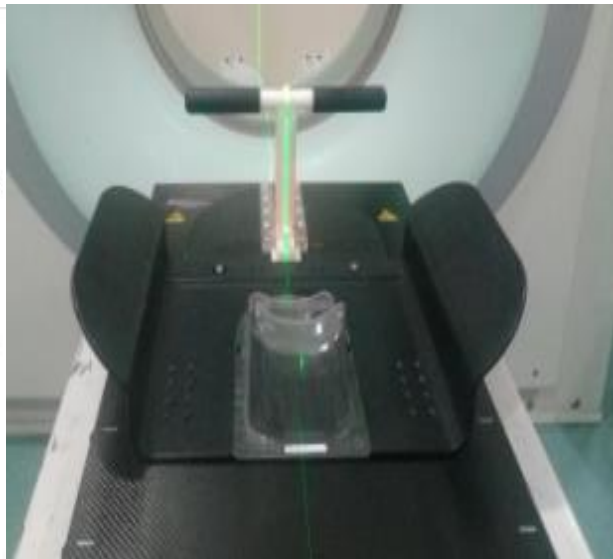
C/



D/



E/



F/



G/

H/

Figure. 7 : Moyens et dispositifs de contention

A/ support du masque thermoformé 5points

B/ Masque thermoformé 5points

CetD/ Contention et masque thermoformé 3points

E/ Plan incliné

F/ Guidon

G/ Repose genoux

H/ Cal pieds

3.3. Exemples de positionnement et immobilisation en fonction des localisations :

Chaque institution a une méthode préférée pour positionner et immobiliser le patient pour diverses localisations. Ici en sont quelques exemples de positionnement et immobilisation des localisation les plus fréquentes au sein du service de radiothérapie du CHU Hassan II, Fès

3.3.1. Tête et cou et localisation cérébrales :

- Assurez-vous que le patient a retiré ses bijoux.
- Les prothèses dentaires peuvent être retirées.
- Une canule peut être utilisée pour les cancers de la cavité buccale.
- Les patients seront traités en décubitus dorsal, les bras dégagés le long du corps, tête en hyper-extension (angle de Reid à 30°)
- La contention est constituée notamment :
 - Un appui-tête
 - Un masque thermoformé (3 points pour les localisations cérébrale et 5 points pour les localisations ORL)
- vérifier la rectitude du patient grâce au laser longitudinal
- Mouler le masque autour du nez, menton et tête du patient.
- Laissez le masque refroidir : Utilisation de serviettes humides appliquées au masque réduira le temps de refroidissement
- Placer des marqueurs radio-opaques CT, conçus pour la TDM, comme repères et des marques supplémentaires si nécessaire pour visualiser une cicatrice chirurgicale ou lieu d'intérêt. Ceux-ci seront visibles sur le scanner sans artefacts majeurs.

Avec ou sans injection de produit de contraste.

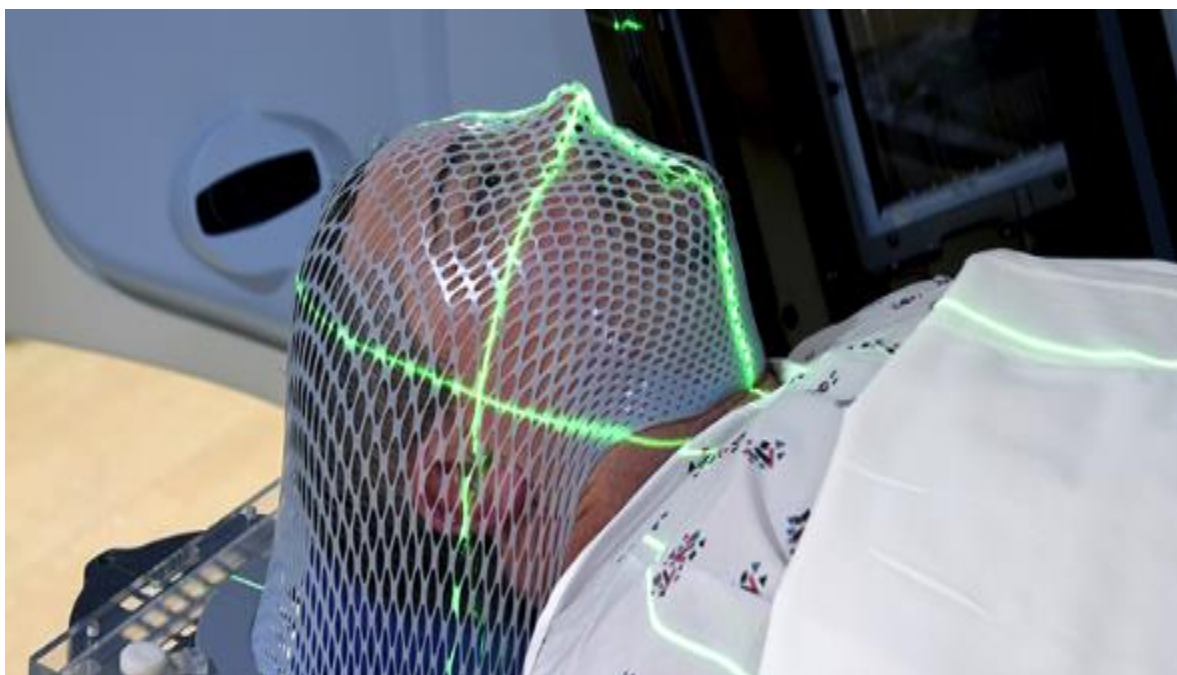


Figure. 8 : Contention par masque thermoformé 3points

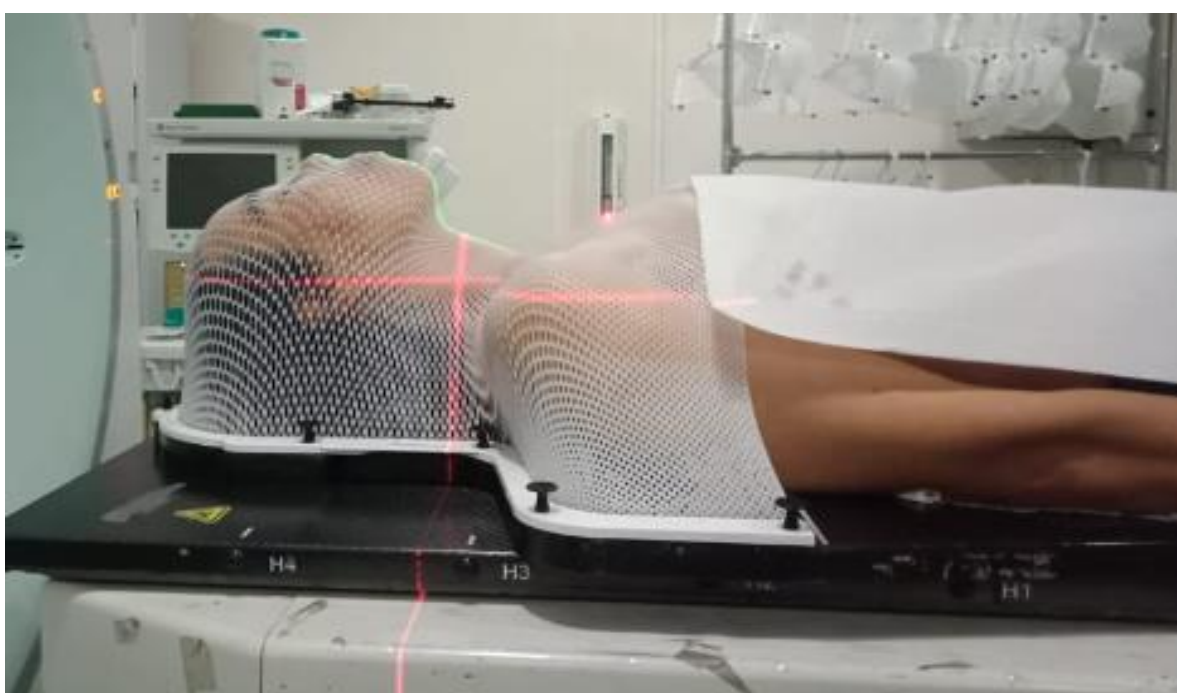


Figure. 9 : Contention par masque thermoformé 5points

3.3.2. Sein :

- positionner le patient torse nu en décubitus dorsal sur un plan incliné ajusté en fonction de sa morphologie
- incliner le plan – **Attention : Le plan incliné ne doit pas être très relevé sinon le bras de l'accélérateur risque de cogner dans la table pour traiter le champ tangent externe**
- positionner la tête
- 2 bras relevés reposant sur les appuis bras
- support poignets
- dégager au mieux le creux sus claviculaire du côté traité
- régler le repose fesses en fonction de la taille du patient + repose sous les genoux
- vérifier la rectitude du patient grâce au laser longitudinal (fourchette sternale appendice xiphoïde – pubis)
- cercler la glande mammaire à l'aide d'un fil métallique par le médecin ainsi que la racine du sein controlatéral ou délimitation de la paroi (fils de plomb)
- mettre en place de fils de plomb sur les cicatrices
- Dans le cas d'un traitement «sein bilatéral», même opération des 2 côtés
- Marquage des repères par les lasers muraux et matérialisation des repères par points plombés



Figure. 10 : contention par plan incliné des localisations mammaires

3.3.3. Thorax :

Positionner le patient en decubitus dorsale, dans une position qui peut être facilement reproduite pendant la configuration du traitement.

Un système de contention est utilisé qui peut comprendre des masques thermoformés, des matelas sous vide ou des systèmes conventionnels.

Avec ou sans injection de produit de contraste.

Tout masque, matelas sous vide ou moule sont personnalisés.

⇒ Apex pulmonaire :

Il est préférable d'assurer une immobilisation par utilisation d'un masque thermoformé 5 points

⇒ Autres localisations :

Le choix est laissé au radiothérapeute, l'essentiel est de s'assurer que les bras sont éventuellement positionnés au-dessus de leur tête afin de ne pas restreindre la

sélection des angles de faisceau et empêcher le traitement à travers les bras.

3.3.4. Prostate :

- Prévoir une préparation intestinale standard la veille et le jour de réalisation du scanner simulateur
- Vider la vessie 40 min avant le scanner et boire entre 150–300cc d'eau avant le scanner (le but est d'avoir une vessie semi pleine)
- Les patients seront traités en décubitus dorsal, les mains sur la poitrine, avec un système de contention.
- La contention est constituée notamment :
 - D'une repose genoux
 - Des cales pieds
- Alignement à l'aide des lasers muraux.
- Matérialisation des repères sur le patient.
- Des agents de contraste peuvent être utilisés pour visualiser l'intestin grêle, vessie ou rectum et les aires ganglionnaire.

En pratique

Le patient a été chargé d'avoir une vessie à moitié pleine lors de la simulation (car il est difficile de maintenir une vessie pleine pendant le traitement). De plus, on lui dit de manger une dose faible de résidus la nuit avant la simulation pour réduire les gaz intestinaux. le jour de la simulation, on lui a demandé de vider son rectum à l'aide d'un lavement. Si lors de la simulation, le rectum est > 3 cm de largeur en raison de gaz ou de selles, les patients sont invités à essayer d'expulser tout contenu rectal résiduel.

3.3.5. Pelvis/Gynécologique :

- Prévoir une préparation intestinale standard la veille et le jour de réalisation du scanner simulateur
 - Vider la vessie et boire entre 150–300cc d'eau avant le scanner
 - Le scanner simulateur doit être réalisé en décubitus dorsale, les mains sur la poitrine
 - Immobilisation et contention doit comprendre:
 - Repose genou
 - Cal pied
 - Alignement à l'aide des lasers muraux
 - Matérialisation des repères sur le/la patient (e)
 - Des agents de contraste peuvent être utilisés pour visualiser l'intestin grêle, vessie ou rectum et les aires ganglionnaire.
- ⇒ Vulve et vagin :
- Une abduction maximale possible doit être effectuée afin d'exposer les plis de l'aîne.
 - Marquage de l'étendu tumoral par un fil plombé
 - Matérialisation des cicatrices par du fil plombé
- ⇒ Post-op

Les patientes doivent être informés de maintenir la vessie pleine pendant la simulation et plus tard pendant le traitement pour aider à garder l'intestin grêle éloigné des volumes cibles



Figure. 11 : contentions des localisations pelviennes

Le repérage est matérialisé par des marques faites sur la peau du patient ou sur la contention.

4. Injection de produit de contraste

Lors de la TDM, des produits de contraste peuvent être utilisés pour aider à différencier les structures anatomiques ou mettre en évidence une anomalie.

Les méthodes d'administration les plus courantes pendant la simulation est intraveineuse. [14]

4.1. ATCD et contre-indication :

4.1.1. ATCD du patient :

Avant d'injecter un produit de contraste au patient, des antécédents médicaux approfondis doivent être obtenus pour évaluer la possibilité d'une réaction indésirable aux produits de contraste. [14] Les patients remplissent généralement un questionnaire ou sont invités à plusieurs questions pour déterminer s'ils ont une allergie à l'agent de contraste et sont à risque d'effets secondaires. (**Annexe 2**).

4.1.2. Les contre-indications :

Les contre-indications absolue à l'injection de produit de contraste : Allergie prouvée à l'iode OU patients présentant une gammapathie monoclonale (type myélome multiple).

- Autres allergies : selon leur sévérité et leur caractère, possibilité de proposer une prémédication par antihistaminique :

⇒ Médication proposée :

Si le patient est ambulancier : antihistaminique : 1cp la veille au soir et 1cp 2 heures avant la simulation, en précisant bien au patient l'interdiction de conduire.

Si le patient est hospitalisé : ATARAX

- Patients diabétiques : nécessitant un traitement oral par BIGUANIDES (GLUCOPHAGE, METFORMINE, STAGID, ou génériques)

⇒ Arrêter la prise de ces médicaments le jour de la simulation et 2 jours après.

⇒ Contrôle de la fonction rénale 48h après l'injection à voir par le médecin traitant.

- Patients présentant une INSUFFISANCE RENALE SEVERE :

⇒ Si la clairance de la créatinine est inférieure à 40 ml/mn, l'injection de produit de contraste ne pourra pas être réalisée.

⇒ Si la clairance de la créatinine est supérieure à 60 ml/mn, l'injection est possible

⇒ Si la clairance de la créatinine est comprise entre 40 ml/mn et 60mL/mn l'injection se discute au cas par cas

- Patients ayant déjà eu une injection de produit de contraste iodé datant de moins de 3 jours :

⇒ ne pas répéter l'injection.

4.2. Mode d'action

Le contraste IV peut être de l'iode ionique ou de l'iode non ionique. [14]

Les produits de contraste ionique iodés ont une osmolarité élevée ; lorsqu'ils sont injectés dans le vaisseau sanguin, le produit de contraste ionique a pour effet de déplacer l'eau dans le corps. Par osmose, l'eau se déplace des cellules du corps dans le système vasculaire, provoquant une hyper volémie et une dilatation des vaisseaux [14] ; et cela produit de la douleur et de l'inconfort et peut soit entraîner une diminution de la pression artérielle en raison de la dilatation des vaisseaux, soit augmenter la tension artérielle en raison d'une hyper volémie. Si un patient est déshydraté, la diminution du volume des cellules du corps peut entraîner un choc. L'utilisation d'une substance à osmolarité inférieure telle que l'iode non ionique diminue le risque de ces effets secondaires. Des effets indésirables ont rarement été observés lorsque des substances non ioniques sont utilisées.

Le contraste IV est généralement une solution à base d'iode non ionique injectée dans la veine en utilisant un injecteur automatique, ou il peut simplement être injecté à la main à l'aide d'une seringue.

Un injecteur automatique assure un taux de contraste constant et rapide au cours du Scanner. [13] Le contraste non ionique se présente souvent dans des flacons pré-remplis conçu spécialement pour l'injecteur automatique. L'injection manuelle du contraste peut être douloureuse pour le patient en raison de la viscosité du produit de contraste, en raison de la concentration et de la taille de la molécule.

L'encadré (Annexe 3) énumère les étapes nécessaires d'utilisation de l'injecteur automatique (Figure.12)



Figure. 12 : Injecteur automatique du scanner

4.3. Effets secondaire et PEC

Une fois le contraste est administré, les patients doivent être surveillés. Soixante-dix pour cent des effets indésirables surviennent dans les 5 minutes; la plupart des autres surviennent dans les 30 minutes. Les Patients à haut risque doivent être surveillés pendant plus de 30 minutes.

Le **tableau 1** [15] répertorie les catégories de réactions et le **tableau 2** [15] ; indique comment gérer les réactions aiguës aux produits de contraste.

L'Annexe 4 classe les effets secondaires a l'injection de PDC en 4 grade de Ring et messmer

Tableau. 1 : Effets secondaires de l'injection du PDC

Léger :	MODÉRÉ	SÉVÈRE
• Nausées Vomissements • Goût altéré • Sueurs • La toux • Démangeaisons • Éruption cutanée, urticaire • Chaleur • Pâleur • La congestion nasale • Céphalées • Gonflement: yeux, visage • Vertiges • Frissons • Anxiété • Sueurs Les signes et symptômes semblent se limiter d'eux-mêmes sans progression (par exemple, urticaire limitée avec prurit léger, nausées transitoires, un épisode de vomissements). Traitement: nécessite une observation pour confirmer la résolution et / ou le manque de progression mais généralement pas de traitement.	Degré modéré de signes focaux ou systémiques cliniquement évidents ou symptômes comprenant: • Tachycardie / bradycardie • Hypotension • Bronchospasme, respiration sifflante • Hypertension • Dyspnée • Œdème laryngé • Réaction cutanée prononcée Traitement: Ces signes et symptômes cliniques doivent être considérés comme des indications de traitement immédiat. Ces situations nécessitent une observation étroite et attentive afin de détecter une progression vers un événement mettant en jeu le pronostic vital.	Symptômes plus graves, notamment: • Œdème laryngé • Hypotension profonde • Convulsions • Arythmies cliniquement manifestes • Arrêt cardio-pulmonaire Traitement: nécessite une reconnaissance et un traitement rapides ; nécessite une hospitalisation.

Tableau.2 : PEC des effets secondaires a l'injection de PDC

URTICAIRE 1. Arrêter l'injection s'il n'est pas terminé 2. Aucun traitement nécessaire dans la plupart des cas 3. Administrer un bloqueur des récepteurs de l'histamine (H1), 4. S'il est sévère ou largement disséminé, l'agoniste α 5. Adrénaline SC (0,1–0,3 mg) (en l'absence de contre-indications cardiaques) Oedème facial ou laryngé 1. Donner un α-agoniste (constriction artériolaire et veineuse), Adrénalin SC ou IM (0,1–0,3 mg) ou, si l'hypotension est évidente, Adrénaline lentement par voie intraveineuse, 1 ml (0,1 mg) Répéter au besoin jusqu'à un maximum de 1 mg 2. Donner O2, 6–10 L / min (via un masque) Si le patient ne réagit pas au traitement ou s'il y a un œdème laryngé aigu évident, demander l'aide appropriée. BRONCHOSPASME 1. Donner O2, 6–10 L / min (via un masque) Surveiller l'électrocardiogramme, la saturation en O2 (oxymètre de pouls) et la TA 2. Donner des dilatateurs bronchiolaires, tels que le Ventoline : 2–3 bouffées 3. Administrer de l'adrénaline SC ou IM 0,1–0,3 ml (0,1–0,3 mg) ou, si l'hypotension est évidente, administrer de l'adrénaline lentement par voie intraveineuse, 1 ml (0,1	HYPOTENSION AVEC BRADYCARDIE (RÉACTION VAGALE) 1. Surveillez les signes vitaux 2. Assurez-vous que les jambes du patient sont surélevées 3. Sécurisez les voies respiratoires, donnez O2, 6–10 L / min (via un masque) 4. Accès IV sécurisé, administration rapide de Ringer lactate 5. Donner de l'atropine, 0,6–1 mg, par voie intraveineuse lente si le patient ne répond pas rapidement aux étapes 2 à 4 6. Répéter l'atropine jusqu'à une dose totale de 0,04 mg / kg (2–3 mg) chez l'adulte 7. Assurer la résolution complète de l'hypotension et de la bradycardie avant décharge HYPERTENSION, GRAVE 1. Donner O2, 6–10 L / min (via un masque) 2. Surveiller l'électrocardiogramme, la SaO2 et la pression artérielle 3. Donner de la nitroglycérine, un comprimé de 0,4 mg, sublingual (peut répéter 3 fois) 4. En l'absence de réponse, envisager 20 mg de labétalol IV, puis 20 à 80 mg IV, toutes les 10 minutes à 300 mg 5. Transfert à l'unité de soins intensifs ou aux urgences CONVULSIONS 1. Donner O2, 6–10 L / min (via un masque) 2. Envisagez le diazépam (Valium), 5 mg IV (ou plus, selon le cas) ou midazolam, 0,5–1 mg IV
---	--

mg) HYPOTENSION AVEC TACHYCARDIE 1. Assurez-vous que les jambes du patient sont surélevées ou la position Trendelenburg 2. Surveiller l'ECG, SaO₂, le pouls et la pression artérielle 3. Donner O₂, 6–10 L / min (via un masque) 4. Administration IV rapide de grands volumes de Ringer lactate isotonique ou sérum salé normale Si le patient est peu réactif: administrer de l'adrénaline lentement par IV, 1 ml (0,1 mg)	4. Surveillance attentive des signes vitaux requise, en particulier de SaO₂ car du risque de dépression respiratoire avec l'administration de benzodiazépine 5. Transfert à l'unité de soins intensifs ou aux urgences ŒDÈME PULMONAIRE 1. Élevez le torse du patient 2. Donner O₂, 6–10 L / min (via un masque) 3. Donner des diurétiques: furosémide (Lasix), 20 à 40 mg IV, poussée lente 4. Transfert à l'unité de soins intensifs ou aux urgences
---	--

Conduite à tenir dans tous les cas de choc anaphylactique

1. Arrêter l'injection de produit de contraste
2. Maintenir la voie d'abord
3. Perfusion de **sérum physiologique 500 cc**
4. Oxygénation : 6 L/min au départ, à adapter si besoin
5. Injection IVD d'un **anti-histaminique H1**, après confirmation du médecin
6. Perfusion rapide (sur 10 minutes) de **SOLUMEDROL 120mg pré-préparé**, après confirmation du médecin
7. Si symptomatologie sévère ou si symptomatologie persistante : injection intraveineuse de l'**ADRENALINE** mL/mL à raison d'1 mL toutes les 3 minutes si la tension ne dépasse pas 8, **sur prescription médicale**

4.4. Modalités d'injection de PDC en fonction de chaque site :

Le contraste est souvent utilisé pour améliorer la visualisation des structures des patients. Le moment de l'injection de contraste est critique. Il peut être injecté avant le scan ou pendant le scan selon quelle zone du corps doit être visualisée.

Le tableau suivant traite des sites où le contraste est le plus souvent administré pendant la simulation CT, le contraste utilisé, et comment et quand il est administré.

Tableau. 3 : Modalités d'injection de PDC en fonction de chaque site

TYPES LÉSIONS	DE	DOSE	MODALITES
THORACIQUES HODGKIN CLAV OESO	SUS	-90 à 120 cc de ULTRAVIST 300* -90cc pour les patients de moins de 75 Kg -120cc pour les patients de plus de 75 Kg -Dose maximale à ne pas dépasser : 2cc/Kg	En IVSE, à l'aide d'un injecteur assurant un débit constant de 2 à 3 ml/s Effectuer le scanner 30 secondes après la fin de l'injection
ORL, CÉRÉBRALES ET HODGKIN Nécessitant la confection d'un masque		-95 cc de ULTRAVIST 300* - Dose maximale à ne pas dépasser : 2cc/Kg	En IVSE, à l'aide d'un injecteur assurant un débit constant de 2 à 3 ml/s - Mise en place du patient - Confection du masque et mise en place - Enlever le masque - Sélectionner le protocole d'injection ORL 2 temps dans le système Phase 1 : Injection de 30cc, débit de 1ml/s sans masque et acquisition Phase 2 : suspension ➤ remettre le masque ➤ faire le zéro axial ➤ faire les scouts ➤ déterminer le secteur de coupes Phase 3 : Injection de 65cc, débit 2ml/s Lancer acquisition scanner à la fin de l'injection

ABDOMINO- PELVIENNES	-90 à 120cc de	En IVSE, à l'aide d'un injecteur assurant un débit constant de 2 à 3ml/s
	ULTRAVIST 300*	
	-90cc pour les	
	patients de moins de	
	75 Kg	Effectuer le scanner à la fin de l'injection (soit 45s après le début de l'injection)
	-120cc pour les	
	patients de plus de 75 Kg	
	-Dose maximale à ne pas dépasser : 2cc/Kg	

5. Acquisition des données anatomiques

Elle doit être effectuée en un temps minimum pour diminuer le risque de bouger du patient, et en fonction du réseau et du TPS, limiter le nombre de coupes.

5.1. Le mode d'acquisition

Il peut être Axial ou hélicoïdal. Compte tenu de la plus grande rapidité d'examen en mode hélicoïdal celui-ci sera privilégié. On préférera le mode spiralé surtout si le pitch est égal à 1 car il présente l'avantage de permettre des acquisitions plus rapides et donc de diminuer le risque de bouger du patient. Par contre pour des acquisitions faites avec un pitch supérieur à 1,5 le mode axial est préféré car la résolution de la DRR est améliorée selon l'axe longitudinal.

5.2. L'inclinaison du statif (Tilt)

Le statif doit être **absolument** fixé à 0°. Certains systèmes de simulation virtuelle indiquent si l'angle du statif est différent de 0° et refusent le cas échéant de planifier une simulation. De plus, compte tenu des algorithmes existants pour réaliser des reconstructions 3D, incliner le statif ne présente aucun intérêt sur les scanners dédiés à la simulation.

5.3. Mode radiologique ou topogramme

Le mode radiologique ou topogramme constitue un bon moyen de visualiser très rapidement la région à examiner et en simulation constitue un outil pertinent et indispensable pour élaborer la mise en place du patient dans la position de traitement.

5.4. Le FOV (Field Of View) ou Champ d'acquisition

L'ajustement du champ d'acquisition va augmenter la résolution spatiale. Il faut cependant faire très attention en simulation à ne pas réduire exagérément ce champ car il faut souvent acquérir l'intégralité du contour externe et tenir compte des contentions utilisées. Il est en général très difficile de travailler en dessous d'un champ d'acquisition de 400 mm, sauf dans le cas de simulations de tumeurs crâniennes localisées (250 mm) et sous certaines conditions de positionnement de la tête.

5.5. L'épaisseur de coupe

Pour obtenir des DRR avec une résolution (spatiale et en densité) satisfaisante dans la direction de l'axe longitudinal, il est conseillé d'acquérir le volume en mode spiralé (avec un facteur pitch ≤ 1) soit directement en coupes d'épaisseurs de 2 à 3 mm soit en coupes sub-millimétriques (0,625 à 0,75 mm) reconstruites en 2 ou 3 mm d'épaisseur.

5.6. Le facteur Pitch

Il est recommandé pour obtenir des reconstructions tridimensionnelles précises et notamment des DRR ayant une bonne résolution spatiale et en densité selon l'axe longitudinal, d'utiliser un facteur pitch proche de 1 (valeurs proposées allant de 0,8 à 1,3 en général selon les constructeurs). Un facteur pitch supérieur à 1 détériore la qualité des DRR, provoquant des effets de « zébrure ». [17] Un facteur pitch inférieur à 1 augmente le lissage lors de reconstructions 3D.

5.7. Les algorithmes de reconstruction des images

Le choix de l'algorithme de reconstruction ou filtre de reconstruction est très

important car il permet d'améliorer la qualité des images (résolution spatiale, résolution en densité) en fonction de la région anatomique examinée. Notamment, ces algorithmes permettent d'optimiser la moyenne des densités à l'interface os – tissus mous. [18]

5.8. Proposition de paramètres d'acquisition

Les paramètres d'acquisition donnés à titre d'exemple dans le tableau concernant des examens scanner réalisés pour des acquisitions (et donc des traitements) non synchronisés sur le rythme respiratoire et des traitements qui n'utilisent pas de technique de repositionnement nécessitant une résolution spatiale longitudinale de l'ordre du millimètre.

Les procédures de réalisation du scanner simulateur chez l'adulte

Tableau.4 : Parametres d'acquisition standards des données anatomiques pour des acquisitions non synchronisées sur le rythme respiratoire du patient

Localisation	Mode Radio	Taille image	FOV Acquisition en mm	Epaisseur de coupe acquis en mm	Epaisseur de coupe reconstruite en mm	Distance inter-coupes en mm	Pitch	kV	mA	Temps de Reconstruction rotation du tube (en s)	FOV en mm Reconstruction	Filtre Recon-struction
<i>Crane</i>	Profil 120 kV 80mA	512 ²	300	1,25	1,25	1	1,0	120	250	1	250	SOFT
<i>ORL (tete et cou)</i>	Face Profil 120 kV 80mA	512 ²	500	0,5	2,5	2	1.0	120	250	1	500	STANDARD
<i>Sein-thorax</i>	Face 120 kV 20 mA	512 ²	500 ou 650 (large ou X large)	2,5	2,5	2	1.0	120	200-300	1-2	500 OU PLUS (SEINS)	STANDARD
<i>Abdomen</i>	Face 120 kV 40mA	512 ²	500 ou 650 (large ou X large)	2,5	2,5	2	1.0	120	250-300	1-2	500 OU PLUS (PATIENTS OBESES)	STANDARD
<i>Pelvis</i>	Face Profil 120 kV 80 mA		500 ou 650 (large ou X large)	2,5	2,5	2	1.0	120	250-300	1-2	500 OU PLUS (PATIENTS OBESES)	SOFT

6. SYSTÈME DE MARQUAGE DES PATIENTS

Le patient est temporairement marqué de points de référence avant la numérisation: généralement une marque antérieure / postérieure et deux points latéraux. Une fois l'acquisition est terminée, un marquage définitif sera envisagé soit sur le moyen de contention ou directement sur la peau du patient.

Le tatouage permanent à l'encre de Chine reste le moyen le plus utilisé et le plus rentable de marquer la peau en radiothérapie. [19] Le tatouage optimal est celui effectué sur une peau relativement stable, de préférence pas sur les parties du corps visibles pour éviter les problèmes cosmétiques, loin des grains de beauté / région velue, fait avec une aiguille de calibre 21 à des angulations de 30 °, mesurant 2–3 mm de diamètre. [20]

7. Transfert et enregistrement d'images

L'étape de scanner de simulation est toujours la phase primaire permettant de fournir des données sur lequel les isodoses sont calculées et affichées, en raison de sa haute résolution spatiale et de sa fidélité. Quand correctement calibré et exempt d'artefacts les images scannographique sont transférées vers les TPS et peuvent fournir des informations sur la densité électronique pour les calculs de dose basés sur l'hétérogénéité.

IV. Contrôle de qualité du scanner – simulateur

Le scanner est actuellement l'élément de base de la simulation virtuelle. C'est l'outil qui va reconstruire le volume du patient à explorer et de ses performances dépendent la qualité et la précision de la simulation. Il est ainsi nécessaire de l'intégrer dans le contrôle de qualité global de la simulation virtuelle. Cependant, nous renverrons le lecteur au document publié par la S.F.P.H.: « EVALUATION ET CONTROLE DE QUALITÉ DES SCANNEURS » et plus récemment à la décision du 22 novembre 2007 fixant les modalités du contrôle de qualité des scanographes (J.O. du 7 décembre 2007). Ces documents concernent la définition et la mesure des paramètres physiques que sont:

- Le bruit
- La résolution spatiale
- La détectabilité à bas contraste
- L'uniformité
- La linéarité et l'échelle de contraste
- La largeur de coupe

1. Périodicité des contrôles

Le tableau 5 rappelle la périodicité et le type de contrôle (externe et interne) en fonction du paramètre mesuré [15]. Il est certain que la fréquence des contrôles internes sera augmentée dans le cas où l'utilisateur observe une dérive des paramètres de l'appareil.

Certains tests sont effectués à chaque changement de tube, à l'implantation de nouveaux logiciels et après toute intervention curative importante.

Tableau 5 : Périodicité des controles²

Test	Réception	Tous les 4 mois	Annuel
Support du patient	e		e
Bruit	e	i	e
Uniformité	e	i	e
Détectabilité à bas contraste			
Résolution spatiale à haut contraste	e		e
Nb CT de l'eau	e	i	e
Profil de sensibilité	e		e
Profil de dose	e		e
Dose (IDCT) 3	e		e

2 i : Contrôle interne : e : Contrôle externe

3 Contrôle interne après chaque changement de tube

2. La table ou support du patient

2.1. Généralités

Le contrôle de qualité des mouvements mécaniques de la table est un préalable à tout le contrôle de qualité en simulation virtuelle. Il est nécessaire du fait des acquisitions hélicoïdales qui sont couramment pratiquées. Des dysfonctionnements sur la table qui subit la contrainte du poids des patients, peuvent provoquer des anomalies dans la reconstruction des coupes et modifier la reconstruction des volumes et la qualité du repérage des points de référence.

2.2. Méthodes de vérification

2.2.1. Positionnement du plateau

Le plateau en fibre de carbone est généralement amovible et posé sur la table originelle du scanner. Il est fixé aux deux extrémités de la table par un système de blocage prenant « en force » la table à l'aide de plusieurs vis.

Le serrage devra être parfait pour éviter tout glissement du plateau sous l'effet des mouvements des patients. Sa planéité dans les directions latérale et longitudinale doit être vérifiée avec un niveau à bulle ou électronique chaque fois qu'il sera remplacé notamment après chaque maintenance.

2.2.2. Positionnement de l'insert en fibre de carbone

L'insert en fibre de carbone doit être vérifié et remplacé après chaque manipulation qui aboutit à son déplacement. Cela peut être une remise en place après utilisation du scanner à des fins diagnostiques, une maintenance ou après le passage d'un patient qui a pu le déstabiliser. En effet, une mise en place aléatoire de l'insert entraîne une erreur de positionnement des marqueurs à la peau qui sera visible sur le poste de traitement car les lasers ne seront pas naturellement alignés sur les marques. De même, un insert mal fixé peut bouger indépendamment du plateau lors de l'acquisition des coupes.

2.2.3. Constance de la hauteur de table

Une première méthode très simple consiste à répartir sur le plateau des masses représentatives du poids d'un patient de forte corpulence, et de vérifier avec un niveau à bulle ou électronique que l'horizontalité est respectée dans les directions longitudinale et latérale. On peut ainsi détecter la « flèche » que pourrait posséder le plateau en bout de course dans le tunnel.

Une autre méthode consiste à aligner la nappe horizontale des lasers latéraux avec le plateau et à mesurer la différence de parallélisme. Il faut dans ce cas être certain du bon réglage des nappes laser.

2.2.4. Indexage de la table à la rotation du tube

Cette fonction peut être vérifiée en plaçant sur le plateau de table un cylindre recouvert d'un film dosimétrique sous enveloppe. L'analyse du film donne la mesure des profils de coupe et la distance inter-coupes. L'analyse des profils de coupes sur le film permet d'évaluer la précision du mouvement longitudinal de la table par rapport aux paramètres demandés (pitch et épaisseur de coupe). Il existe, par ailleurs, des fantômes dédiés comme le Catphan 500 et 600, qui permettent de mesurer l'incrément de distance parcouru par la table entre deux rotations de tube.

2.2.5. Niveaux de tolérance et périodicité des vérifications du support du patient

Tableau 6: Tolérance et périodicité sur les contrôles de mouvements de la table

	Tolérance	Périodicité
Horizontalité du plateau/insert	< 1°	quotidienne
Hauteur table	1 mm	mensuelle
Inclinaison maximum du plateau	< 0,3%	mensuelle
Précision du mouvement longitudinale du plateau	< 1 mm	mensuelle
Affichage - Recopie en mode absolu et relatif	< 0,5 mm	mensuelle

Ces niveaux de tolérance sont ceux que peuvent fournir les constructeurs de scanner pour la simulation virtuelle. Nous considérons cependant que pour obtenir la meilleure précision sur la reconstruction volumique et le repérage des isocentres, les niveaux de tolérances les plus faibles doivent être maintenus. La décision du 22 novembre 2007 accepte une précision de ± 2 mm comme critère d'acceptabilité entre les distances mesurées et affichées pour les mouvements longitudinaux et la planéité de la table. Ces contrôles externes ont une périodicité annuelle.

3. Les systèmes de repérage

Tous ces systèmes doivent faire l'objet d'un programme d'assurance qualité qui doit porter sur toutes les nappes laser, à savoir : l'horizontalité, la verticalité et l'orthogonalité des nappes, la linéarité du déplacement, l'alignement avec le scanner et la coïncidence des nappes avec l'origine des données anatomiques.

3.1. Contrôle de qualité des systèmes lasers

Chaque constructeur fournit en général des « accessoires » pour réaliser les contrôles de qualité des systèmes lasers. Il faut toutefois en évaluer leur performance et leur pertinence en fonction des besoins de précision recherchés et les compléter par des produits plus ergonomiques et plus précis.

3.2. Niveaux de tolérances et périodicité sur le positionnement et les mouvements des nappes lasers

Tableau 7 : Niveaux de tolérance et périodicité sur le positionnement et les mouvements des nappes lasers

	Tolérance	Périodicité
Coïncidence origine laser–origine CT	< 1 mm	quotidienne
Horizontalité et verticalité des nappes	< 0,1° ou 1 mm / 1m	mensuelle
Linéarité des déplacements	< 0,5 mm	mensuelle

V. CONCLUSION

Le traitement de radiothérapie nécessite une préparation qui demande du temps et de la précision. Cette discipline est en constante évolution et recherche activement des moyens pour améliorer le positionnement, l'imagerie, la dosimétrie et par conséquent, le traitement. Et comme la planification du traitement de radiothérapie ainsi que les techniques d'irradiation ont connu divers changements ces dernières années ; la technique de simulation de traitement a également évolué, et le changement le plus significatif récent a été la large adoption de CT simulation pour soutenir la radiothérapie conformationnelle et l'établissement des procédures spécifiques de chaque site peuvent considérablement améliorer l'efficacité, la cohérence et la précision des simulations. Ainsi Les procédures écrites sont également utiles pour la formation du nouveau personnel.

Annexes

Annexe 1 :

FICHE DE SIMULATION

- Identité du patient : _____
- IP du patient: _____
- Diagnostic: _____
- Poids: _____
- Date/heure de simulation: _____

ATCD du patient: oui ☐ non ☐

Zone à simuler: ORL ☐ Encéphale ☐ Thorax ☐
Abdomen ☐ Pelvis ☐ Membre ☐

Autres: _____

Patient Positionnement: Décubitus ☐ Procubitus ☐

Positionnement de la tête: Neutre ☐ Extension ☐ Flexion ☐

Positionnement des bras: Le long du corps ☐ sur la poitrine ☐
au dessus de la tête ☐

Autres: _____

Moyens de contention:

oui ☐ non ☐

Si oui: masque thermoformé : 5points ☐ 3points ☐

plan incliné ☐ Guidon ☐

Cal pied ☐ repose genoux ☐

Matérialisation des repères:

Cicatrice: _____

Autres: _____

Préparation vésicale: oui ☐ non ☐

Contraste:

IV: _____

Barium: _____

Précautions: _____

Patient sous Metformine: oui non

FR et Date de la dernière FR: _____

Instructions spéciales:



Signature du médecin traitant: _____ Date: _____

Annexe 2 :

Questionnaire d'injection IV de produit de contraste :

1. Avez-vous déjà reçu des produits de contraste iodés?
2. Avez-vous déjà eu une réaction aux produits de contraste iodés?
3. Avez-vous des allergies aux aliments ou aux médicaments?
4. Avez-vous l'une des conditions suivantes?
 - Allergies
 - Asthme
 - Problèmes rénaux
 - Maladie cardiaque
 - Diabète
 - Hypertension artérielle
 - L'anémie falciforme
 - Le myélome multiple
 - Phéochromocytome
5. Y a-t-il une chance que vous soyez enceinte?
6. Avez-vous mangé ou bu au cours des 4 dernières heures?

Annexe 3 :

Etapas d'utilisation de l'injecteur automatique

1. Vérifiez que le questionnaire patient a été rempli. Notez toutes les précautions indiquées par l'infirmière ou le médecin.
2. Ayez sous la main une trousse anaphylactique.
3. Récupérez le produit de contraste approprié.
4. Vérifiez la date d'expiration du contraste à injecter.
5. Placer la seringue dans l'injecteur automatique conformément aux spécifications du fabricant.
 - a. Retirez le revêtement de la seringue. La pointe de la seringue est stérile. Connectez le tube à la seringue en utilisant une technique stérile.
 - b. Éliminer l'air dans la seringue et la ligne intraveineuse.
 - c. Connectez-vous au site intraveineux du patient.
6. Positionnez et immobilisez le patient.
 - a. Sélectionnez le protocole pour le taux et la quantité de contraste à injecter.
 - b. Si une aiguille plus petite a été utilisée chez le patient, le taux de l'administration est diminuée.
7. Préparez le scanner. Ne commencez pas encore la numérisation.
8. Commencez l'injection de puissance.
 - a. Selon ce qui doit être visualisé, l'analyse commencera comme dicté par le médecin.
 - b. Certains services n'injecteront le contraste que si un médecin ou une infirmière est présente.

Annexe 4 :

Classification de Ring et Messmer

Grade	Peau-Muqueuses	Gastro-Intestinal	Respiratoire	Cardiovasculaire
I	-Erythème généralisé - Urticaire - Œdème de la face - Œdème muqueuses	Aucun	Aucun	Aucun
II	- Idem -	- Nausées importantes à distance de l'injection	- Toux - Dyspnée	- Tachycardie > 30 % - Hypotension (chute systolique > 30 %)
III	- Idem -	- Vomissements et/ou diarrhée	- Bronchospasme - Cyanose	- Choc (PA syst<80 et FC >100 en l'absence de beta bloquant)
IV	- Idem -	- Idem -	- Arrêt respiratoire	- Arrêt circulatoire

Annexe 5 :

QUI	DOCUMENT D'ENTREE	QUOI	DOCUMENT S DE SORTIE
Manips Médecin Manips Manips Médecin Médecin Infirmier Médecin+ Manips Manips Médecin Manips Manips	Indication de radiothérapie/ Demande de simulation Dossier patient	Patient vu en consultation nouveau malade ↓ 1.Séance préparatoire si nécessité de confection du masque ↓ 2.Planifier le RDV sous Mosaïq → ↓ 3.Préparer et vérifier le dossier → ↓ 4.Accueillir le patient ↓ Injection de produit de contraste? NON OUI ↓ Absence de contre-indications NON OUI ↓ 5.MEP de la voie veineuse ↓ 6.Installer le patient+contentions ↓ 7.Mettre en place des repères ↓ 8.Acquisition des données C-/C+ → ↓ 9.Tatouer ↓ 10.Informer le patient ↓ 11.Compléter le dossier → ↓ 12.Transfert du dossier vers le TPS ↓ 13.Nettoyer le matériel et les installations ↓ Patient simulé	Planning MOSAIQ Dossier patient vérifié Dossier Mosaïq : Photo d'identité Photo d'installation SETUP NOTES du dossier patient dans Mosaïq

BIBLIOGRAPHIES

- [1]. Dr Bruno CHAUVET. Pr Jean-Jacques MAZERON, « livre blanc de la radiothérapie en France ». Société française de radiothérapie oncologique. (2013).
- [2]. Mingchao Yang, "Optimisation des plans de traitement en radiothérapie grâce aux dernières techniques de calcul de dose rapide», UNIVERSITE PARIS-SUD.
- [3]. Caroline LAFOND, « Analyse et optimisation des performances de la technique VMAT pour son utilisation en radiothérapie », UNIVERSITÉ DE RENNES 1, (2013).
- [4]. Cheick Oumar THIAM. Dosimétrie en radiothérapie et curiethérapie par simulation Monte-Carlo GATE sur grille informatique
- [5]. http://www.utc.fr/~farges/master_mts/20042005/projets/reconstruction3d/trois.htm.
- [6]. Brenner et Hall, 2007/GTS-813 Evaluation des Technologies de la santé.
- [7]. Rossi L., Fischer P., Rohe T. and Wermes N. (2005). Pixel Detectors from Fundamentals to Applications. Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH and CoK.
- [8]. Saida MECHI , « Dosimétrie en Tomodensitométrie et contrôle qualité de son fonctionnement » , Année universitaire 2010-2011.
- [9]. Eloïse Denis. « Objets-tests numériques pour le contrôle de qualité de systèmes de planification géométrique des traitements en radiothérapie ». UNIVERSITÉ DE NANTES. 2008.

- [10]. Bentel G: *Patient positioning and immobilization in radiation oncology: some considerations*. Available at <http://www.alphacradle.com/alpha-cradletopic/patient-positioning-immobilization-radiation-oncology-considerations>. Accessed January 15, 2015.
- [11]. Cox JD, Ang K, editors: *Radiation oncology. Rationale, technique, results*, Philadelphia, 2010, Mosby.
- [12]. Khan FM: *The physics of radiation therapy*, ed 4, Baltimore, 2009, Lippincott Williams & Wilkins.
- [13]. Leibel S, Phillips T: *Textbook of radiation oncology*, Philadelphia, 2010, Saunders. 16. Maurer C,
- [14]. Adler A, Carlton R: *Introduction to radiographic sciences and patient care*, Philadelphia, 2012, Saunders.
- [15]. American College of Radiology: *Manual on contrast media*, version 6, 2008 (website). Available at http://clinical-mri.com/wp-content/uploads/textbooks/media_updates/contrast_manual_ACR_for_web..pdf.
- [16]. From American College of Radiology: *Manual on contrast media*, Accessed April 26, 2014.
- [17]. S. Rathee, B.G. Fallone, and D. Robinson . : Modulation transfert function of digitally reconstructed radiographs using helical computed tomography.. Medical Phys ; 29 (1), January 2002.

- [18]. Gilhuijs KGA ; Drukker K; Van de Ven PJH ; Van Herk MB. A new method for fast generation of digitally reconstructed radiographs (DRRs). Proceedings of the Xith International conference on the use of computers on radiation therapy, Manchester, 1994,228-229.
- [19]. Méthode de tatouage pour la radiothérapie; Publication internationale WO2008 / 074052 A1. [Dernière consultation le 4 janvier 2012]. Disponible sur: <http://www.freepatentsonline.com/WO2008074052.html>
- [20]. Dernière consultation le 4 janvier 2012. Disponible sur: <http://www.biotic.fr/en/pigment-rangepermanent-makeup.html> .