

I/- Introduction

La radiothérapie consiste à stériliser les tumeurs cancéreuses en les irradiant avec de très fortes doses de rayonnements ionisants (électrons et photons de haute énergie). L'objectif de la radiothérapie est de délivrer une dose suffisante aux volumes cibles afin de permettre le contrôle local, tout en épargnant au mieux les tissus sains. Les caractéristiques du faisceau sortant de l'appareil de traitement sont : du point du vue géométrique de forme carré ou rectangulaire, et du point du vue de la pénétration du faisceau et de la distribution de dose pour les données utilisées par le Système de Planification de traitement (TPS), surface d'entrée plane et milieu homogène. En pratique médicale, les conditions sont différentes : "La surface de pénétration est irrégulière". Le milieu (organisme) traversé par le rayonnement est de densité variable (inhomogène). Cette différence entre les données physiques (accélérateur, TPS) et la pratique médicale, impose l'utilisation de modificateurs du faisceau : de forme (MLC, caches), de distribution (bolus, filtre en coin,...).

II/- Modification de faisceau :

Définie comme une modification souhaitable de la distribution spatiale du rayonnement (à l'intérieur du patient) par insertion de tout matériau dans le trajet du faisceau. Il existe quatre types principaux de modificateurs de faisceau:

- Blindage (blocs personnalisés, collimateurs multilames)
- Filtre en coin (externe, interne)
- Compensateur
- Bolus

1/- Blindages :

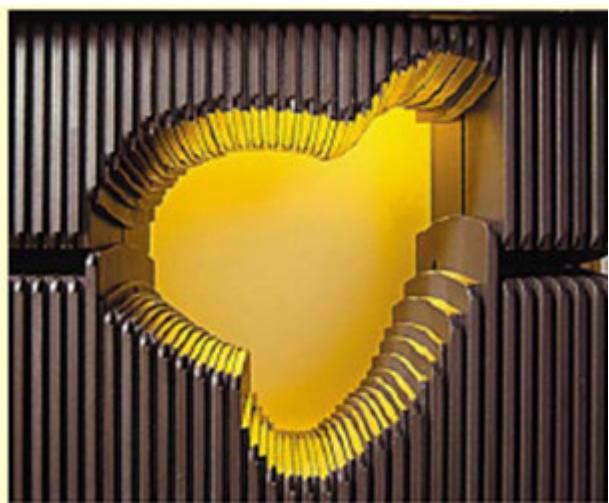
- Collimateur MultiLames (MLC) :

Le Collimateur Multilames (MLC) est constitué de deux mâchoires opposées, composées d'un assemblage de lames qui peuvent être déplacées indépendamment les unes des autres.

Il est possible d'ajuster la position de chaque lame, pour donner à chaque mâchoire la forme souhaitée. Le déplacement des lames est piloté par informatique. Les lames peuvent être déplacées pendant l'irradiation. Ces caractéristiques font du MLC l'outil de conformation

idéal pour reproduire la forme complexe des champs. Aussi il est possible de piloter en temps réel les lames et de modifier dynamiquement la forme du faisceau pendant l'irradiation.

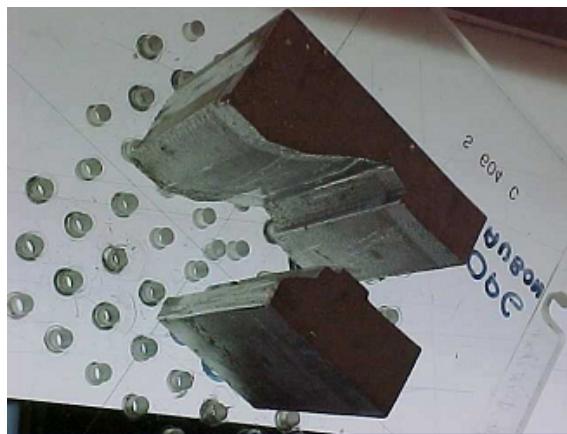
L'irradiation peut être réalisée en continu, avec synchronisation des mouvements de rotation de l'accélérateur et de déplacement des lames, permettant ainsi une répartition de dose encore plus adapté au PTV.



- Collimateur Multi-Lames (MLC)

2/- Caches standards et caches focalisés (personnalisés) :

Les caches servent à protéger les organes critiques et les zones saines qui ne doivent pas être irradiés. Ils sont faits soit en plomb, soit en cerrobend (alliage de densité proche du plomb fait principalement de bismuth et d'étain). L'épaisseur des caches est différente lorsque l'on travaille au cobalt (6cm) ou à l'accélérateur linéaire (8cm). Les caches focalisés personnalisés en cerrobend s'adaptent parfaitement à la morphologie du patient. Ils épousent la divergence du faisceau et diminuent le rayonnement diffusé. Les caches non focalisés en plomb font quelques millimètres d'épaisseur et sont placés à même la peau lors de traitement réalisé aux électrons. Les caches dits de « collection » non personnalisés en plomb, sont adaptés à la morphologie du patient et sont placés dans la boîte porte caches. Quel que soit le cache, il doit par convention, atténuer au moins 94% du faisceau incident.

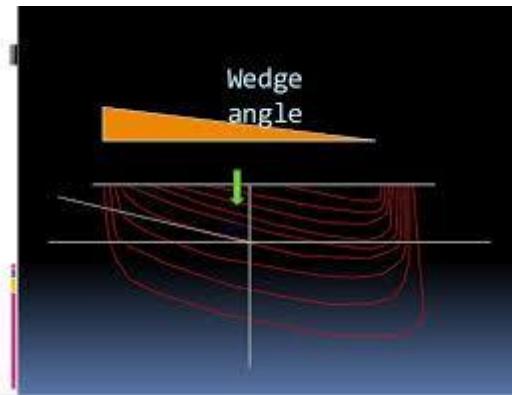


- Cache focalisé (personnalisé)

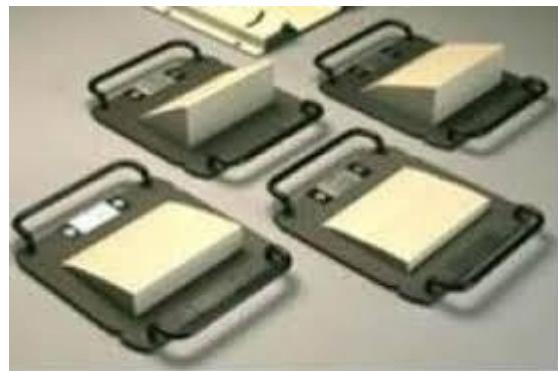


- Caches standards

2/- Filtration en coin:



- Inclinaison des isodoses par un filtre en coin



- Filtres en coin physiques avec différents angles d'inclinaison

Les filtres en coin sont les modificateurs les plus utilisés qui causent une atténuation progressive de l'intensité, résultant en une inclinaison des courbes isodoses de leur position initiale.

Trois types de filtres en coin sont utilisés en clinique:

Filtres physiques :

C'est une pièce de plomb ou d'acier inclinée d'un angle qui est placé dans le faisceau pour produire un gradient d'intensité de rayonnement.

Un ensemble de filtres (15° , 30° , 45° et 60°) est généralement fourni avec la machine de traitement.

Filtres motorisés :

Il s'agit d'un dispositif similaire au filtre physique, intégré à la tête de l'appareil et contrôlé à distance.

Filtres dynamiques :

Produit le même gradient d'intensité en ayant une mâchoire fermée progressivement pendant que le faisceau est allumé.

3/- Bolus:

Les bolus qui sont des matériaux équivalents tissus, placés sur la peau permettent:

- D'augmenter la dose à la peau (un corps étranger sur la peau comme de la biafine a la même conséquence).
- Compenser le tissu manquant.

4/- Compensateurs:

Un filtre compensateur a le même effet sur la distribution de la dose qu'un bolus, mais n'augmente pas la dose à la surface. Les filtres compensateurs peuvent être fabriqués avec presque tous les matériaux, mais les métaux tels que le plomb sont les plus pratiques et les plus compacts. Les filtres de compensation peuvent produire un gradient de dose en deux dimensions. Ils sont généralement placés dans une fente de protection sur la tête de l'unité de traitement.

5/- Modificateurs de faisceaux d'électron :

Cônes ou applicateurs

Les faisceaux d'électrons sont utilisés avec des dispositifs de collimation externes appelés cônes ou applicateurs qui réduisent la propagation du faisceau d'électrons dans l'air. La conception de ces cônes dépend du fabricant et affecte les propriétés dosimétriques du



III- Accessoires de traitement :

1/- Les outils pour vérifier le positionnement du patient et des faisceaux :

Les techniques d'irradiations sophistiquées (IMRT, VMAT,) ne permettent d'améliorer l'irradiation de la tumeur tout en préservant les organes sensibles que si le plan de traitement est correctement réalisé lors de l'irradiation du patient. Il faut donc s'assurer que le traitement effectif reproduit ce qui est planifié. Pour cela, il est entre autres nécessaire que la position du patient lors du traitement soit la plus proche possible de la position lors de la simulation scanner. Pour approcher au plus près ce but, le volume traité doit coïncider au mieux avec le volume cible. De plus, du fait, du fractionnement et de l'étalement des traitements de radiothérapies, la reproductibilité de la position du patient pendant toute la durée du traitement est très importante. Pour cela, il existe différents systèmes de contentions qui permettent d'immobiliser le patient et de le repositionner facilement à chaque séance (masque thermoformé....). La vérification de la position du patient est actuellement assurée au moyen notamment de systèmes d'imagerie plus ou moins perfectionnés.

La forme des faisceaux d'irradiation ainsi que la position des patients sont vérifiées. Techniquement, le faisceau est intercepté par un écran qui convertit les rayons en une image lumineuse. Cette image peut être visualisée directement sur un écran d'ordinateur, par le manipulateur au pupitre de commande. Deux images orthogonales, faites avec le système d'imagerie et comparées aux images radiologiques obtenues en simulation virtuelle, permettent de vérifier le positionnement du patient. Des outils informatiques permettent de quantifier et de corriger les écarts qui peuvent exister entre ces deux images en agissant sur le positionnement de la table de traitement.

- Le système d'image de contrôle (EPID)

Le système d'imagerie portale ou EPID (pour Electronic Portal Imaging Device), est un système d'imagerie positionné sous la table de traitement de radiothérapie, donnant au moyen du faisceau de rayons X issu de l'accélérateur une image du champ d'irradiation.



Ce système d'imagerie permet donc un contrôle « en ligne » de la position du patient pendant le traitement ainsi que de la balistique d'irradiation.

L'inconvénient majeur, commun à tous les EPID, est la mauvaise qualité de l'image, due aux fortes énergies utilisées. Ce problème se répercute sur son utilisation, bien souvent limitée à des clichés de contrôle exploités après la séance de traitement.

Les trois principaux systèmes d'imagerie portale développés sont :

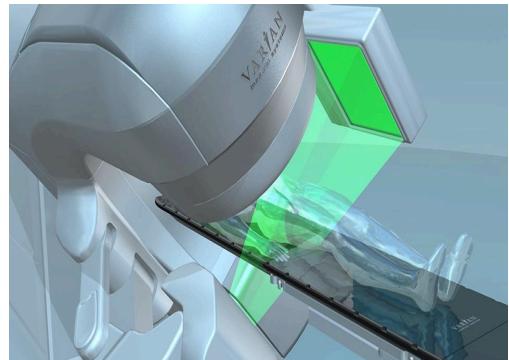
1-Système à matrice de chambre d'ionisation

2-Système à caméra : Ecran fluorescent + miroir + caméra

3-Système de matrice au silicium amorphe

- On-Board Imager (OBI) :

Le système d'imagerie en kilovoltage (kV) On-Board Imager (OBI) est un système d'imagerie numérique haute résolution à faible dose qui rend la radiothérapie guidée par l'image plus efficace et plus pratique. Les outils d'imageur intégré permettent aux cliniciens d'acquérir rapidement des images en ligne de haute qualité, d'identifier les différences de positionnement du patient et d'appliquer des corrections avant ou pendant les traitements sans que le thérapeute n'ait à rentrer dans la salle de traitement.



- On-Board Imager (OBI)

Le système OBI offre un choix de modalités d'imagerie, notamment l'imagerie radiographique 2D, ou 3D Cone-Beam CT imaging (CBCT). L'utilisation de l'imagerie kV fournit une dose plus faible au patient et produit une meilleure qualité d'image que l'imagerie à mégavoltage (MV).

Le système OBI permet une imagerie en ligne à distance et une correction de la position du patient. La possibilité d'étendre et de rétracter le matériel OBI à distance permet une imagerie transparente pendant le traitement de la gestion du mouvement intra-fraction. Le système OBI offre l'automatisation, la rapidité et la flexibilité nécessaires pour rendre le processus IGRT cliniquement pratique.

Lasers d'alignement :

Le positionnement au moyen de lasers est la première étape du repositionnement patient. Bien que dans la plupart des cas, ne suffisant pas, cette étape est nécessaire, utile et très commode pour les manipulateurs. Lors de la simulation, des lasers fixes permettent de repérer différents plans notamment par la technique des trois faisceaux. Grâce à eux les manipulateurs ou les radiothérapeutes marquent des repères sur la peau du patient ce qui permettra un premier positionnement du patient sur la table de traitement par superposition des tracés de la peau

avec les lasers fixes de l'accélérateur. Les lasers d'alignement donnent de plus lors de la simulation, à l'opérateur, une indication du niveau de la première coupe, garantissant ainsi que les organes d'intérêt sont à l'intérieur du champ de vue.