

RADIOTHERAPIE: TECHNIQUES

**Dr: BENAZI NABIL
COURS M2 PHYSIQUE
MEDICALE 2022-2023**

1. Introduction

De nombreux cancers peuvent être traités à l'aide d'une radiothérapie. Ce sont notamment :

- les cancers du sein,
- les cancers gynécologiques (utérus, col de l'utérus, vagin) et urogénitaux (vessie, prostate),
- les cancers de la sphère ORL (nez, oreilles, pharynx, larynx), de la bouche, certains cancers digestifs (rectum, estomac),
- les tumeurs cérébrales,
- les cancers du poumon
- les cancers du sang, de la moelle osseuse et des ganglions (leucémies, maladies de Hodgkin, lymphomes non hodgkiniens).



1. Introduction (suite)

Une radiothérapie est proposée en fonction:

- - du type de cancer,
- -de son stade d'évolution
- -de l'état général du patient.

Elle peut être utilisée dans deux buts majeurs :

- -guérir un cancer en visant à détruire la totalité des cellules cancéreuses. On parle de **radiothérapie curative**;
- freiner l'évolution d'une tumeur, en traiter des symptômes (soulager la douleur ou consolider des lésions osseuses par exemple). On parle alors de **radiothérapie palliative** ou de **radiothérapie symptomatique**.





2. Choix de traitement



2.1. LE CHOIX DES TRAITEMENTS EST ADAPTÉ AU CAS PAR CAS(PERSONNEL)



Le choix du traitement dépend des caractéristiques du cancer :

- -Sa localisation,
- -son type
- -son stade, c'est-à-dire son degré d'extension.

Le choix de traitement prend également en compte les données personnelles (âge, antécédents médicaux et chirurgicaux, état de santé global).



2.2. IL FAIT L'OBJET D'UNE CONCERTATION PLURIDISCIPLINAIRE



La prise en charge du cancer relève de plusieurs spécialités médicales. La situation du patient est donc discutée au cours d'une réunion appelée réunion de concertation pluridisciplinaire (abrégée en **RCP**).

Cette réunion rassemble chirurgien, oncologue médical, oncologue radiothérapeute, spécialiste de l'organe concerné, pathologiste, **physicien radiothérapeute** etc.

Compte tenu de la situation particulière du patient, ils émettent un avis, qui comprend une proposition de traitements.



2.3. LE TRAITEMENT EST DÉTERMINÉ EN ACCORD AVEC LE PATIENT



La proposition de traitement établie en (RCP) est discutée avec le patient lors d'une consultation médicale spécifique, appelée **consultation d'annonce**.

Lors de cette consultation, le médecin qui prend en charge le patient, explique les caractéristiques de la maladie, les traitements proposés, les bénéfices attendus et les effets secondaires possibles. Cette consultation est importante. Il peut être utile de y faire accompagner le patient par l'un de ces proches.

Après avoir donné l'accord du patient sur la proposition de traitements, celle-ci se concrétise sous la forme d'un document appelé programme personnalisé de soins (abrégé en **PPS**).

Il comporte les dates des différents traitements, leur durée, ainsi que les coordonnées des différents membres de l'équipe soignante.

3. Déroulement



Dans une radiothérapie externe, les rayons produits par une source externe sont dirigés vers la région du corps à traiter (sein, prostate par exemple) afin d'éliminer les cellules cancéreuses. La radiothérapie externe est dite **transcutanée** car les rayons traversent la peau pour atteindre la tumeur. Ces rayons sont émis en faisceau ciblé sur la tumeur par une machine appelée accélérateur linéaire de particules.

Accélérateur linéaire de particules



3. Déroulement(**SUITE**)

- Le déroulement d'une radiothérapie repose sur un travail d'équipe entre :
 - le manipulateur,
 - le physicien,**
 - le dosimétriste,coordonnés par l'oncologue radiothérapeute.
- Une radiothérapie externe comporte quatre étapes majeures :
 - le repérage de la zone à traiter**
 - le calcul de la distribution de la dose (dosimétrie). Cette étape ne nécessite pas la présence du patient**
 - le traitement proprement dit**
 - la surveillance pendant et après le traitement**



3.1. Phase de repérage

La première étape du traitement est une étape essentielle de préparation au cours de laquelle le patient doit être présent.

On parle de phase de repérage.



3.1.1. LE REPÉRAGE (PROPREMENT DIT)

- L'oncologue radiothérapeute repère la cible sur laquelle les rayons vont être dirigés et les organes à protéger (on parle d'organes à risque).
- Certaines tumeurs, comme les tumeurs de la peau, sont directement visibles. Pour la plupart des autres cancers, on utilise une imagerie en trois dimensions (3D) de la tumeur et des organes voisins. Elle est réalisée à l'aide d'un scanner ou d'un simulateur scanner.



3.1.1. LE REPÉRAGE (PROPREMENT DIT, SUITE)

- Cette étape peut durer de 30 minutes à plus d'une heure. Il peut y avoir plusieurs séances de préparation. Elles se déroulent dans une salle spéciale, appelée salle du simulateur ou salle du scanner, en fonction de l'appareil utilisé. Plus rarement, les séances ont lieu dans la salle de traitement sous l'appareil de radiothérapie. Il arrive que le traitement commence directement, mais c'est rarement le cas. Pendant ce repérage, la position du patient est soigneusement définie.



3.1.2. LA POSITION DU PATIENT

- Le plus souvent, le patient sera allongé sur le dos, plus rarement à plat ventre ou sur le côté.
- Cette position varie en fonction:
 - de la zone à traiter,
 - de l'état et
 - de la morphologie du patient.
- Parfois, le patient doit être immobilisé à l'aide de moyens de contention (moules ou masques thermoformés). Ces moules de contention vont assurer le bon positionnement.
- Des points de repère sont dessinés sur la peau ou sur le système de contention.
- Ces points de repère doivent être conservés pendant toute la durée du traitement. Sur la peau, ils sont soit dessinés avec de la peinture violette ou un feutre de couleur,



3.2. Etape de dosimétrie

- Des études scientifiques ont défini les doses de radiothérapie à administrer en fonction:
 - du type
 - du stade du cancer,
 - de l'organe à traiter,
 - de l'âge et
 - des traitements antérieurs du patient.
- **Ce sont les doses standards.**
- L'oncologue radiothérapeute précise aussi:
 - les limites de doses acceptables par les organes à risque situés à proximité de la tumeur.
 - les types de rayons à utiliser,
 - la dimension
 - l'orientation des faisceaux,



3.2. Etape de dosimétrie(SUITE)

l'étape de dosimétrie consiste à déterminer, par une étude informatisée:

- la distribution (autrement dit la répartition) de la dose de rayons à appliquer à la zone à traiter. Avec l'oncologue radiothérapeute, **le physicien** et le dosimétriste optimisent ainsi l'irradiation de façon à traiter au mieux la tumeur tout en épargnant les tissus sains voisins.
- Cette étape ne nécessite pas la présence du patient.
- Le plan de traitement définitif établit notamment la dose et ses modalités de délivrance (dose par séance, nombre de séances, espacement des séances, etc.).



3.3. Séance d'irradiation



3.3.1. LE RYTHME DES SÉANCES

Un traitement par radiothérapie nécessite plusieurs séances. Généralement, il ya **une séance par jour**, sur une durée de quatre à cinq jours, et ce, durant plusieurs semaines. Cette organisation peut être modifiée selon l'état général du patient et la région à traiter.

-Dans certains cas, notamment pour éviter une fatigue excessive liée aux déplacements, il arrive que le nombre de séances soit réduit (une à trois séances par semaine).



3.3.2. LA MISE EN PLACE DU PATIENT



- Le patient est installé par le manipulateur sur la table de traitement dans **la position qui a été déterminée lors de la phase de repérage**. Les rayons sont dirigés de façon précise vers la région à traiter et le patient doit éviter de bouger.
- Il faut parfois installer des caches pour moduler l'irradiation venant d'un faisceau.
- Mais ces caches sont de plus en plus souvent remplacés par des collimateurs multilames équipant l'accélérateur de particules. Il s'agit de petites lamelles indépendantes préprogrammées par ordinateur pour prendre la forme voulue lors de l'irradiation.

3.3.2. LA MISE EN PLACE DU PATIENT(suite)



- Le premier jour de la radiothérapie, il y a une vérification de la prévision du traitement et de la mise en place réelle du patient sous l'appareil de traitement.
-Des images de contrôle sont réalisées pour vérifier qu'il est conforme à ce qui était prévu et valider ainsi le plan de traitement.
- L'appareil de radiothérapie démarre seulement lorsque tous les contrôles de la machine et du traitement sont effectués.

3.3.3. PENDANT LA SÉANCE D'IRRADIATION



- Le positionnement du patient sur l'appareil est régulièrement vérifié, de même que la dose de rayons réellement délivrée. Des images de contrôle sont réalisées pendant le traitement pour vérifier qu'il est conforme à ce qui était prévu.
- Le temps d'irradiation est de courte durée, de l'ordre de quelques minutes.
- Le temps de présence dans la salle de traitement est généralement d'environ 15 minutes (y compris la mise en place et les contrôles). L'appareil tourne autour de du patient sans jamais le toucher. L'irradiation est invisible et indolore.

Séance de radiothérapie



3.3.4. LA DOSIMÉTRIE IN VIVO



- Une dosimétrie in vivo est systématiquement réalisée à la première ou deuxième séance, ainsi qu'à chaque modification de traitement.
- Cette technique de dosimétrie in vivo consiste à mesurer directement sur le patient la dose réellement reçue pendant l'irradiation. **Il s'agit de l'un des critères d'agrément pour la pratique de la radiothérapie,**
- Les séances de radiothérapie externe ne rendent pas radioactif : il n'y a donc pas de précaution à prendre vis-à-vis de son entourage une fois la séance terminée.

3.3.5. L'HOSPITALISATION

- Le plus souvent, le traitement est réalisé en ambulatoire, c'est-à-dire que le patient rentre chez lui quand la séance est terminée.
- Néanmoins, une hospitalisation complète est possible:
 - si il est traité simultanément par chimiothérapie,
 - si le patient suit un protocole de radiothérapie particulier,
 - si le traitement est réalisé loin du domicile
 - si l'état général du patient le nécessite.



5. Professionnels



5.1. L'oncologue radiothérapeute (radiothérapeute)



- C'est le médecin spécialiste des traitements des cancers par radiothérapie. Il adapte chaque radiothérapie aux caractéristiques du cancer et à chaque patient. Un radiothérapeute peut être spécialisé en curiethérapie.
- Outre sa participation aux réunions de concertation pluridisciplinaires, le radiothérapeute est responsable:
 - de l'indication du traitement,
 - de sa préparation
 - de son bon déroulement.
- Le radiothérapeute participe, avec les autres professionnels impliqués, à la surveillance du patient pendant et après le traitement.

5.2. Le radiophysicien (physicien médical)

C'est un spécialiste en radiophysique médicale. Il définit, en collaboration avec l'oncologue radiothérapeute, les modalités précises du traitement : le type de rayons, leur dosage, leur répartition pour chaque séance de radiothérapie

Il est chargé du fonctionnement et du contrôle de la qualité des appareils de radiothérapie, de radiologie ou de médecine nucléaire.



5.3. Le dosimétriste

C'est la personne qui participe, avec l'oncologue radiothérapeute et **le physicien**, au calcul de la dose de rayons nécessaire à la radiothérapie et à la planification du traitement.



5.4. Le manipulateur

C'est le technicien responsable du maniement des appareils de radiothérapie.

Il est chargé de veiller au bon déroulement des séances de radiothérapie, en collaboration avec **le physicien** et l'oncologue radiothérapeute.



6. Techniques



6.1 LA RADIOTHÉRAPIE CONFORMATIONNELLE 3D(1)



La technique de radiothérapie externe la plus utilisée aujourd'hui est la radiothérapie conformationnelle 3D (trois dimensions). Cette technique permet de faire correspondre le plus précisément possible (de conformer) le volume sur lequel vont être dirigés les rayons, au volume de la tumeur.

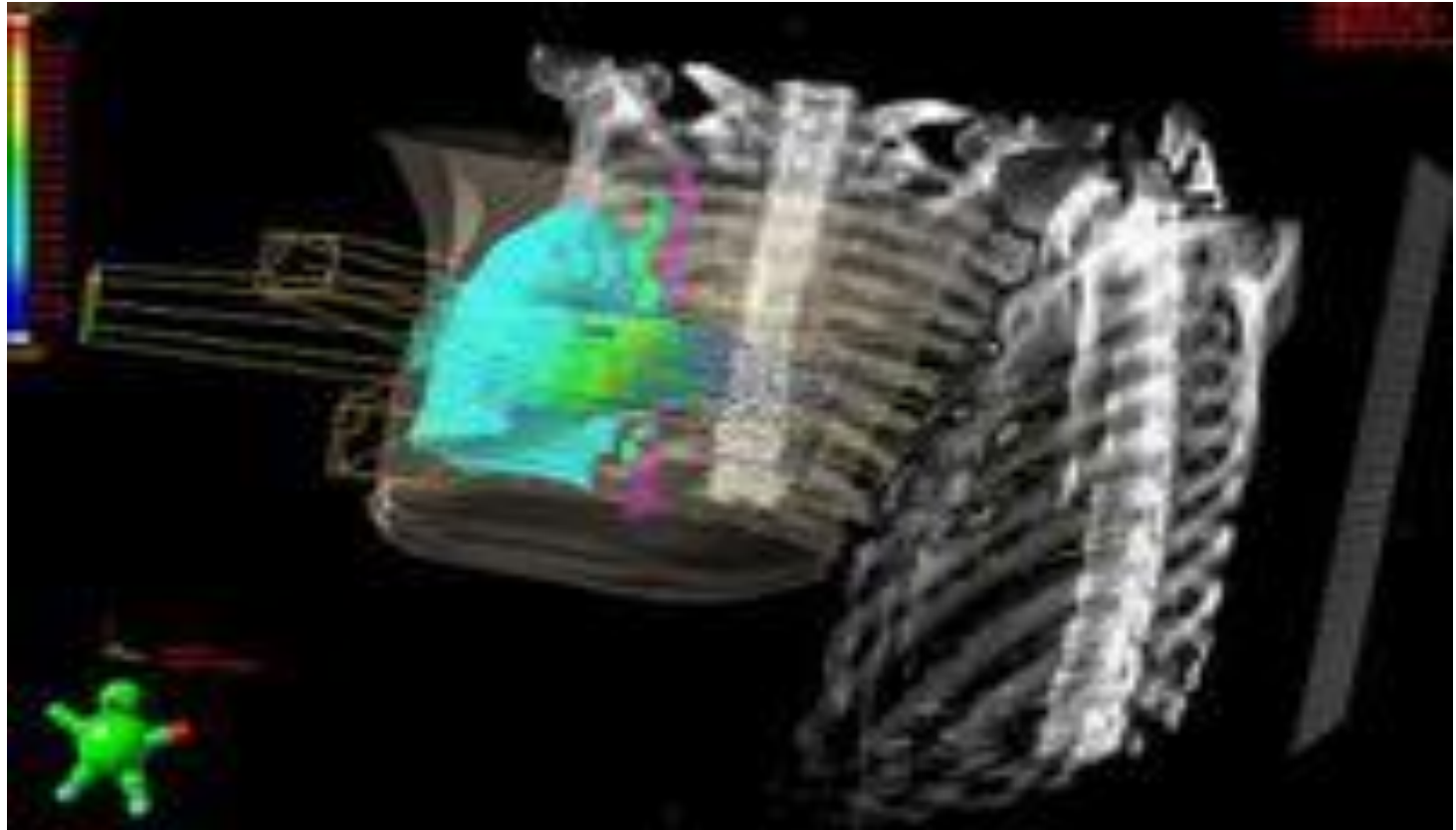
Elle utilise des images en 3D de la tumeur et des organes avoisinants obtenues par scanner, parfois associées à d'autres examens d'imagerie (IRM, TEP...). Des logiciels permettent de simuler virtuellement, toujours en 3D, la forme des faisceaux d'irradiation et la distribution des doses. Cela permet de délivrer des doses efficaces de rayons en limitant l'exposition des tissus sains.

6.1 LA RADIOTHÉRAPIE CONFORMATIONNELLE 3D(1)



La radiothérapie conformationnelle est utilisée pour le traitement à visée curative des tumeurs de la prostate, du thorax, de l'abdomen, du pelvis, et de plus en plus pour les cancers ORL et du cerveau. Tous les centres de radiothérapie sont équipés pour la pratiquer.

Cartographie de traitement par radiothérapie d'un cancer du poumon reconstituée à partir d'un scanner



6.2 LA RADIOTHÉRAPIE CONFORMATIONNELLE AVEC MODULATION D'INTENSITÉ

Cette technique consiste à faire varier la forme du faisceau au cours d'une même séance pour s'adapter précisément au volume à traiter, et ce même s'il comporte des « creux » ou des concavités (une tumeur en forme de fer à cheval située autour de la moelle épinière par exemple).



6.3 LA RADIOTHÉRAPIE GUIDÉE PAR L'IMAGE

Un dispositif radiologique est intégré à l'accélérateur de particules, ce qui permet de contrôler la position exacte de la zone à traiter d'une séance à l'autre.



6.4 LA RADIOTHÉRAPIE ASSERVIE À LA RESPIRATION



Il s'agit de prendre en compte les mouvements de la respiration pendant l'irradiation du thorax ou du haut de l'abdomen par exemple. Il existe plusieurs solutions :

- demander au patient, qui visualise sa respiration sur un écran, de la bloquer pendant quelques dizaines de secondes, à un moment précis de son inspiration ;
- laisser le patient respirer normalement et n'irradier la tumeur que quand elle se présente devant le faisceau d'irradiation (c'est qu'on appelle aussi le « gating », du mot « gate », c'est-à-dire porte en anglais) ;
- ou encore faire suivre les mouvements de la tumeur par le faisceau d'irradiation lui-même ; on parle de « tracking ».

6.5 LA CONTACTOTHÉRAPIE

Cette technique utilise des tubes à rayons X pour délivrer des rayons de faible énergie très près de la tumeur (tumeur de la peau par exemple).



6.7 LA RADIOTHÉRAPIE STÉRÉOTAXIQUE

C'est une technique de haute précision basée sur l'utilisation de microfaisceaux convergents permettant d'irradier à haute dose de très petits volumes. Elle est utilisée pour traiter certaines tumeurs cérébrales par exemple. Cette technique peut être réalisée soit à l'aide d'une machine dédiée (gamma-knife), soit avec un accélérateur linéaire muni de cônes cylindriques de diamètre modulable. On parle aussi de radiochirurgie.



6.8 LA TOMOTHÉRAPIE



C'est une technique qui consiste à coupler un scanner et un accélérateur de particules miniaturisé qui tourne autour du patient en « spirale », pendant que la table de radiologie se déplace longitudinalement. L'appareil est aussi capable de faire varier son ouverture au cours de l'irradiation permettant une radiothérapie avec modulation d'intensité.

6.9 LE CYBERKNIFE®



- C'est un nouveau système de radiochirurgie qui utilise la robotique pour traiter des tumeurs dans tout le corps. Elle consiste en un petit accélérateur linéaire, tenu par un robot capable de le déplacer dans toutes les directions possibles.
Les faisceaux produits par cet appareil sont assez petits, mais ils peuvent être multipliés quasiment à l'infini et varier tous les angles de tir. Cela permet de focaliser la dose d'irradiation en minimisant l'impact sur les tissus sains avoisinants. Cette technique permet de traiter des tumeurs de taille limitée.
- La tomothérapie et le Cyberknife® sont destinés à traiter des tumeurs dont la localisation ne permet pas la réalisation d'une radiothérapie conformationnelle « classique »

Le Cyberknife®



6.10 LA PROTONTHÉRAPIE



Alors que la très grande majorité des appareils de radiothérapie produisent des faisceaux de photons ou d'électrons, cette technique utilise elle un faisceau de protons. Le recours à des protons permet de réduire la dose déposée dans les tissus traversés avant la tumeur, et de ne pas irradier les tissus situés derrière la tumeur.

On les utilise pour traiter certaines tumeurs de l'œil et de la base du crâne notamment. L'évaluation d'un autre type de particules, les ions carbone, est par ailleurs en cours.

Image montrant un rayonnement de protons irradiant une tumeur du cerveau (cerclée de blanc)

