

DES RAYONS POUR SOIGNER



ASNC/Spencer

© ASN et IRSN — sous la direction de : Geneviève Beaumont, Emmanuel Bouchet, Olivier Javay
Conception : Âme en science, La-fabrique-creative, Phalizon consultant — Illustration : B2 Infographie — Dessin de la mascotte : Thomas Caballé
Reproduction interdite sans l'autorisation de l'ASN/IRSN.



AUTORITÉ
DE SÛRETÉ
NUCLÉAIRE



IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

8 | 1 +

LA RADIOACTIVITÉ À L'HÔPITAL

Les rayonnements et la radioactivité sont utilisés pour **IDENTIFIER UNE MALADIE OU LA SOIGNER**. Des précautions doivent être prises afin que les bénéfices soient supérieurs aux risques.

Diagnostiquer

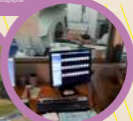
Les rayons X et gamma permettent de voir à l'intérieur du corps humain sans avoir besoin d'opérer. On appelle cela **l'imagerie médicale**.

Imagerie par transmission...

On place le patient entre une source de rayonnements et un détecteur. C'est le cas des radios classiques et des scanners. Fais avec des rayons X. Les rayons sont plus ou moins absorbés selon les parties du corps examinées. Les tumeurs, fractures ou infections laissent des traces spécifiques que les médecins savent reconnaître.

... ou par émission

On injecte au patient une substance radioactive. La substance immerge jusqu'à une zone spécifique et émet des rayons gamma depuis l'intérieur du corps. À l'extérieur, les rayons sont captés par une caméra. C'est le cas de la scintigraphie.



Diagnostic

Lieu de production

Thérapie

Lieu de stockage des déchets

Traiter

On peut utiliser les rayonnements directement pour soigner. L'irradiation a alors pour but de détruire une tumeur cancéreuse par exemple, tout en épargnant les tissus sains. On appelle ce procédé **la radiothérapie**.

Les implantations sont fictives

En débat

Des rayons pas plus que de raison

⚡ La radiologie c'est un peu comme les antibiotiques. Ce ne doit pas être automatique. Les professionnels de santé doivent veiller à ne pas recourir systématiquement aux rayonnements ionisants lorsqu'il existe des solutions alternatives, par exemple l'imagerie par résonance magnétique (IRM) ou l'échographie, qui ne présentent pas de risques. La France dispose de moins de 10 IRM par million d'habitants, alors que la moyenne en Europe est proche de 20.

➡ Chaque année, des dizaines de millions de radiographies et de scanners sont réalisés en France et près de 200 000 personnes sont traitées par radiothérapie. Aujourd'hui, la moitié des personnes atteintes d'un cancer survit. L'utilisation des rayonnements ionisants dans le domaine médical a une réelle efficacité.

Les rayonnements peuvent blesser mais, utilisés avec précaution, ils peuvent révéler des maladies et les soigner.



DIAGNOSTIQUER

Pour révéler l'intérieur d'un corps, on peut y **INTRODUIRE** de la radioactivité ou bien **l'EXPOSER TEMPORAIREMENT** à des rayons. Il faut cependant bien maîtriser les doses.

Imagerie par émission

On injecte au patient un produit radioactif, appelé **traceur**. On choisit ce traceur pour qu'il aille se fixer sur l'organe à étudier. Comme une lampe dans l'obscurité, les rayons émis par le traceur permettent d'obtenir une image de l'organe à l'intérieur du corps. Pour cela, on utilise des produits qui perdent leur radioactivité rapidement: il faut injecter le minimum de radioactivité nécessaire pour que le patient soit le moins exposé possible.

Imagerie par transmission

On irradie directement le patient avec des rayons X. En plaçant un détecteur derrière le patient, on peut dresser une carte de l'intérieur de son corps. Plus un tissu est dense, plus il atténue les rayons. Ainsi les os et les tumeurs apparaissent clairement.

Exemples de techniques:

Scintigraphie conventionnelle ou TEMP (Tomographie à émission monophotonique)

Exemple de diagnostic: **thyroïde**
Traceur: **Iode 123** ou **technetium 99m**
Rayons émis: **gamma**
Dose moyenne: **4 mSv**



TEP (Tomographie à émission de positon)

Exemple de diagnostic: **diagnostic cérébral, maladie d'Alzheimer**
Traceur: un **analogue du glucose** marqué avec du **Fluor 18**
Dose moyenne: **7 mSv**

Exemples de techniques:

Radiographie conventionnelle

Dans le **panoramique dentaire**, le **colonne de rayons X** tourne autour de la tête sur un arc de **120°**.
Spécificité: **source de rayons X fixe**
Dose moyenne: **0,02 mSv**



Scanner

Exemple de diagnostic: **scanner thoracique**
Spécificité: **source de rayons X mobile**. Permet une **radio par tranche** et une **reconstruction 3D**.
Dose moyenne: **5 à 10 mSv**



Ostéodensitométrie

Exemple de diagnostic: **hanche**
Spécificité: **deux sources de rayons X**. Permet une **mesure du contenu minéral osseux** et de la **densité osseuse**.
Dose moyenne: **0,001 mSv**



Les rayons peuvent servir de lampe pour révéler l'intérieur du corps. Mais attention à ne pas en abuser: il faut limiter les examens et la dose reçue.



8 | 3 +

TRAITER

Le **POUVOIR DESTRUCTEUR** des rayonnements est utilisé pour traiter des tumeurs.

RADIOTHÉRAPIE EXTERNE



La radiothérapie

est un traitement utilisé chez plus de la moitié des patients atteints d'un cancer. Il consiste à canaliser les rayonnements issus d'un accélérateur de particules ou d'un générateur de rayons X sur des cellules cancéreuses, afin de les détruire ou d'en bloquer la multiplication.

En curiethérapie,

une source radioactive est placée temporairement ou de façon permanente à l'intérieur du patient. La source délivre alors localement des rayons sur la tumeur à soigner. La curiethérapie est couramment utilisée pour traiter le cancer du col de l'utérus, de la prostate, du sein et de la peau. La source ne reste en place de façon permanente que dans le cas du cancer de la prostate.

CURIETHÉRAPIE



En radiothérapie métabolique,

on injecte au patient un produit radioactif qui va se fixer sur l'organe cible. La technique est similaire à la scintigraphie. On utilise des substances permettant d'irradier au plus près les cellules malades, en évitant au maximum que les rayonnements n'atteignent les cellules saines.

RADIOTHÉRAPIE MÉTABOLIQUE



La radiochirurgie

est une technique récente qui utilise des rayonnements très énergétiques et ultra-précis, à la façon d'un scalpel immatériel, pour détruire une tumeur. La précision est plus grande qu'en radiothérapie classique. Parmi ces appareils on trouve le Gamma Knife, le Cyberknife et les collimateurs multilames. Ces appareils sont encore peu répandus. Il n'y avait que 4 Gamma Knife en France en 2012.

RADIOCHIRURGIE



En débat

Bienfaits et dangers de la radiothérapie?



La radiothérapie est réellement efficace. Près de 200 000 personnes sont traitées chaque année. Aujourd'hui, la moitié des patients atteints d'un cancer est en rémission. Des protocoles très précis permettent de concentrer l'irradiation sur la tumeur, pour éviter l'apparition de cancers secondaires. On fractionne la dose en plusieurs séances et l'irradiation se fait selon différents angles. Des progrès considérables ont été accomplis dans ce domaine ces dernières années.



La radiothérapie utilise des rayonnements puissants. Il existe donc toujours un risque de provoquer des lésions voire un cancer secondaire si l'on irradie les tissus sains et les organes avoisinant la tumeur, qui peuvent être des organes à risque.



Les rayonnements peuvent être utilisés comme une sorte de laser: ils sont capables d'atteindre et de détruire des tumeurs à l'intérieur du corps.

IMAGERIE MÉDICALE LIMITER LES DOSES

Attention à la multiplication
des examens non justifiés.

Prudence avec les radiographies et les scanners

Bien qu'ils soient utilisés à des fins thérapeutiques, les rayonnements présentent des risques et doivent être utilisés avec précaution. Quelques conseils :

De votre côté

Les rayons X, ce n'est pas automat'X

Ne demandez pas une radiographie ou un scanner à votre médecin juste pour vous rassurer. Seul votre médecin peut juger de l'intérêt de réaliser un tel examen.

De plus, demandez à votre médecin pourquoi, dans votre cas, une radio ou un scanner est préférable à un examen d'imagerie n'utilisant pas les rayons X, comme l'échographie ou l'IRM.

Soyez vigilants

Conservez et apportez vos clichés et comptes rendus d'examen. S'ils sont récents, vous n'aurez peut-être pas besoin de les refaire. De plus, veillez à ce que la dose de rayonnement reçue lors de l'examen figure dans votre compte rendu, pour un meilleur suivi.

Attention aux plus jeunes

Parce que leurs organes sont en croissance, les enfants sont plus sensibles aux rayons X que les adultes. Il convient donc d'être particulièrement attentif aux plus jeunes et aux femmes enceintes.

Du côté du personnel soignant

Minimiser le temps d'exposition

Ne pas rester dans la salle quand un cliché radiologique est réalisé.

Se protéger

Utiliser des protections individuelles qui absorbent les rayons : port de tabliers plombés, de lunettes plombées et de cache-thyroïde, utilisation de paravents plombés mobiles.

Augmenter la distance

En multipliant par 2 la distance, on divise par 4 la dose reçue. Exemple pratique : utiliser des pinces pour manipuler les sources radioactives.



EXPOSITION DES FRANÇAIS
FACE AUX DIAGNOSTICS
MÉDICAUX



ANALYSE DES DOSES REÇUES
EN FRANCE PAR LES PATIENTS

La radioactivité et les rayonnements utilisés en médecine, c'est comme les médicaments : si on ne veut pas d'effets secondaires, il faut optimiser les doses.



Augmentation des doses

Partout dans le monde, on a de plus en plus recours à l'imagerie médicale (scanners).

La France n'y échappe pas : entre 2002 et 2007, la dose moyenne reçue en raison d'examen médicaux a augmenté de 57 % selon les études de l'IRSN. Si le recours à une imagerie de plus en plus performante apporte un bénéfice pour les patients, il faut néanmoins rester vigilant !

Scanner du crâne
2 mSv

Radiographie pulmonaire
0,05 mSv

Panoramique dentaire
0,02 mSv

Mammographie
0,2 mSv

Radiographie de l'abdomen
2 mSv

Scanner abdominopelvien
15 mSv

Radiographie d'un membre
0,05 mSv

8 | 5 +

RADIOTHÉRAPIE MAÎTRISER LES RISQUES

Des compétences, des protocoles,
des appareils très surveillés.

Radiothérapie: la bonne conduite

Maîtriser le rapport bénéfice/risque.

Dans le cadre d'une radiothérapie, le médecin doit doser le traitement pour avoir à la fois:

- le maximum de chance de détruire définitivement la tumeur. C'est la notion de dose de contrôle tumoral.
- le minimum de risque de provoquer des complications ou cancers secondaires. C'est la notion de dose de tolérance.

Si l'on minimise la dose prescrite, on protège les tissus sains mais on prend le risque que le patient ne soit pas soigné (sous-irradiation). Inversement, si l'on prescrit une dose trop forte, on augmente l'efficacité du traitement mais on prend le risque de générer des effets secondaires indésirables. L'objectif est donc de trouver un compromis entre la qualité du traitement et les effets secondaires. L'ASN contrôle régulièrement l'ensemble des centres de radiothérapie, elle est particulièrement attentive aux facteurs humains et organisationnels. L'ASN sensibilise les professionnels avec des publications et des formations.

Espacer les doses

Le médecin doit répartir la dose sur plusieurs séances pour permettre aux tissus sains de se régénérer.

Maîtriser la technologie

Le réglage et la maintenance des appareils doivent être réalisés avec rigueur.

Radiothérapie des poumons entre 40 et 60 grays sur la tumeur

Radiothérapie de la prostate entre 60 à 80 grays sur la tumeur

Irradié mais pas contaminé!

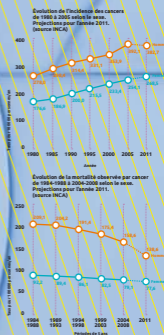
Lorsque le patient est irradié par des rayons en salle de traitement, une fois la séance terminée, il n'émet aucune radioactivité avec lui. Son entourage ne court aucun risque.

Les chiffres des cancers détectés

Le nombre de cancers a augmenté depuis une trentaine d'années. Cette augmentation est notamment due au vieillissement de la population et à l'évolution des techniques de diagnostic (figure 1). La mortalité par cancer a cependant baissé, du fait de l'évolution des techniques médicales (figure 2).

L'espérance de survie à 5 ans à la suite d'un cancer reste très inégale aujourd'hui. Certains cancers sont très bien soignés, comme le cancer de la prostate, mais d'autres sont mortels pour plus de 8 patients sur 10, comme le cancer du poumon.

Près de 200000 patients sont traités en radiothérapie chaque année en France.



LE GUIDE DU PATIENT
<http://www.asn.fr/ressources/la-radiothérapie-et-patients>
 (Cahier de l'Association des Patients et proches des Patients atteints d'un cancer et de leur famille)

LES EFFETS SECONDAIRES TARDIFS
<http://www.asn.fr/ressources/la-radiothérapie-et-patients>
 (Cahier de l'Association des Patients et proches des Patients atteints d'un cancer et de leur famille)



Avec un scanner ou une radio on éclaire le patient avec des rayons pour faire un diagnostic.

En radiothérapie, on utilise des rayonnements plus intenses, pour détruire la tumeur cancéreuse. La dose reçue est donc bien plus importante.

LES PRODUITS UTILISÉS

De nombreuses substances radioactives sont utilisées à l'hôpital. Elles ont chacune des **SPÉCIFICITÉS** qui les rendent **EFFICACES** pour des organes particuliers.

GALLIUM 67 (injection)

Demi-vie : 3,26 jours

Le gallium 67 est un isotope du gallium qui mime le métabolisme du fer. Il est utile pour imager la fonction de la moelle osseuse et pour la recherche de certaines infections ou maladies inflammatoires.

FLUOR 18 (injection)

Demi-vie : 109 minutes

Il est utilisé en imagerie médicale. Ses rayonnements ont un faible parcours dans le corps et permettent une image précise. Sa demi-vie est très courte, moins de 2 heures, ce qui limite la contamination et l'exposition du patient.

Il est essentiellement utilisé en oncologie.

THALLIUM 201 (injection)

Demi-vie : 3 jours

Le thallium 201 est un isotope radioactif utilisé en scintigraphie cardiaque. Longtemps utilisé, il tend à être délaissé au profit de marqueurs plus récents.

IODE 123 (injection)

Demi-vie : 13 heures

L'iode 123 est un isotope de l'iode utilisé pour étudier la thyroïde car il se fixe naturellement sur celle-ci. Ses radiations riches en photons gamma de faible énergie et sa demi-vie courte en font un agent bien adapté à l'imagerie.

YTRIUM 90 (injection / radiothérapie)

Demi-vie : 2,5 jours

L'yttrium 90 est utilisé en radiothérapie. Il est injecté au patient sous forme de microsphères pour soigner principalement le cancer du foie. Les microsphères en résine vont se fixer dans les capillaires du foie et ceux irriguant la tumeur à détruire.

TECHNÉTIUM 99M (injection)

Demi-vie : 6 heures

Le technétium 99m est le produit le plus utilisé en imagerie médicale. Associé à différentes molécules, il permet l'exploration d'un nombre important d'organes (thyroïde, os, cœur, reins, poumons...).

Sa demi-vie est assez longue pour suivre les processus physiologiques, mais assez courte pour limiter l'irradiation du patient.

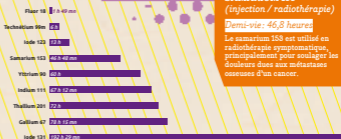
L'énergie de son rayonnement est idéale : suffisante pour traverser les tissus vivants et pour pouvoir être détectée commodément mais assez faible pour limiter l'exposition du patient.

Fabriquer le technétium 99m



Le technétium 99m a une durée de vie très courte. Il doit être préparé quelques heures avant son usage.

Demi-vie



SAMARIUM 153 (injection / radiothérapie)

Demi-vie : 46,8 heures

Le samarium 153 est utilisé en radiothérapie symptomatique, principalement pour soulager les douleurs dues aux métastases osseuses d'un cancer.

INDIUM 111 (injection)

Demi-vie : 2,8 jours

Un traceur marqué à l'indium peut être injecté afin d'imager la production, la migration et la réabsorption du liquide céphalo-rachidien.

On peut aussi utiliser le traceur à l'indium joint aux globules blancs du patient pour rechercher une infection.

L'IODE 131 (gélule / radiothérapie)

Demi-vie : 8,02 jours

L'iode 131 est un autre isotope de l'iode. Ses radiations riches en particules bêta et sa demi-vie relativement longue en font un élément dédié au traitement des pathologies thyroïdiennes. On l'utilise pour l'ablation de nodules thyroïdiens hyperactifs, pour le traitement de certaines formes d'hyperthyroïdie et pour la recherche et l'ablation de tumeurs thyroïdiennes.

Les substances radioactives utilisées en médecine perdent rapidement leur radioactivité. On ne veut pas que les patients restent longtemps porteurs de radioactivité !



POUR TÉLÉCHARGER LES FICHES DE CES PRODUITS