



Exposition aux rayonnements ionisants en milieu hospitalier

Risques
Mesures préventives

Cécile Surleraux 16 octobre 2014



Menu du jour...

Rappel: effets biologiques des rayonnements ionisants

Exposition médicale du citoyen belge, petit état de la situation

Principales sources de rayonnements ionisants en milieu hospitalier:

Le radiodiagnostic

- Conventionnel
- Radiologie d'intervention

La médecine nucléaire

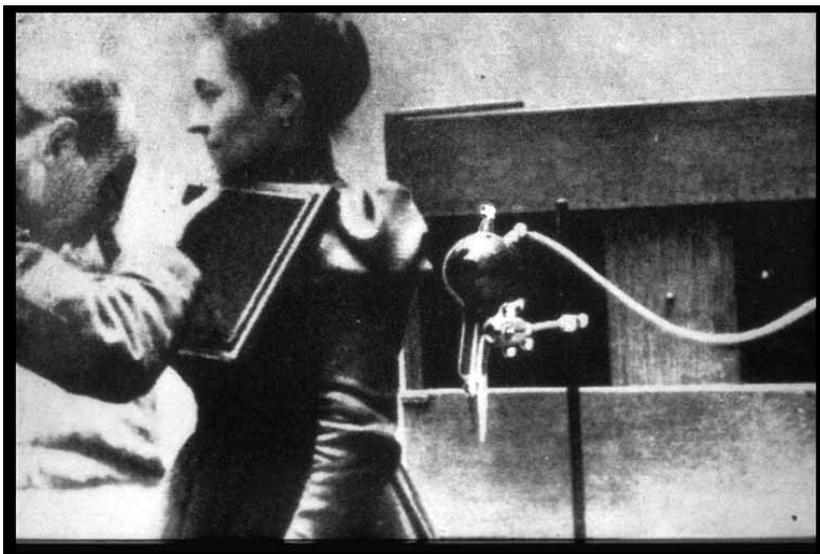
- Diagnostique: scintigraphie et PET
- Thérapeutique ou métabolique

(La radiothérapie)

Quelques personnages illustres

- ▶ 1895 ROENTGEN Découverte des rayons X
- ▶ 1896 BECQUEREL Radioactivité de l'Uranium
- ▶ 1898, Pierre et Marie CURIE expliquent la radioactivité du Radium à partir des propriétés de l'atome
- ▶ RUTHERFORD identifie les 3 rayonnements de la radioactivité: α , β , γ
- ▶ 1903, les rayons gamma du Radium sont utilisés pour le traitement des cancers

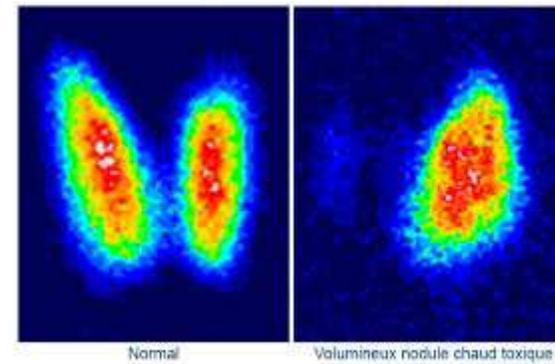
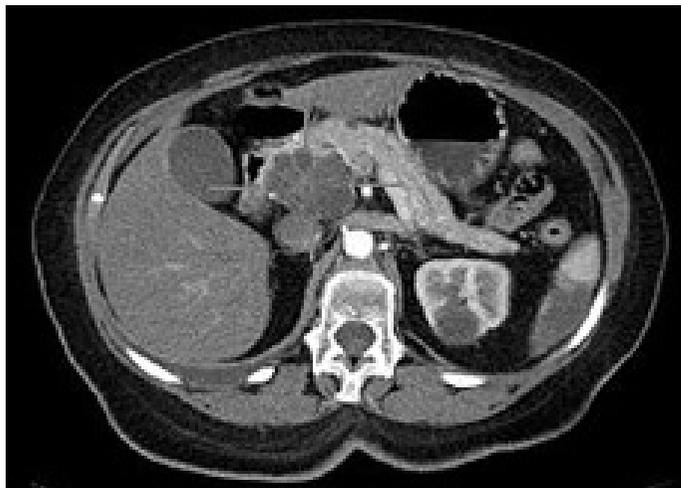
Les premiers radiologues en action



Les petites Curie

Cécile Surleraux 16 octobre 2014

SPMT-ARISTA

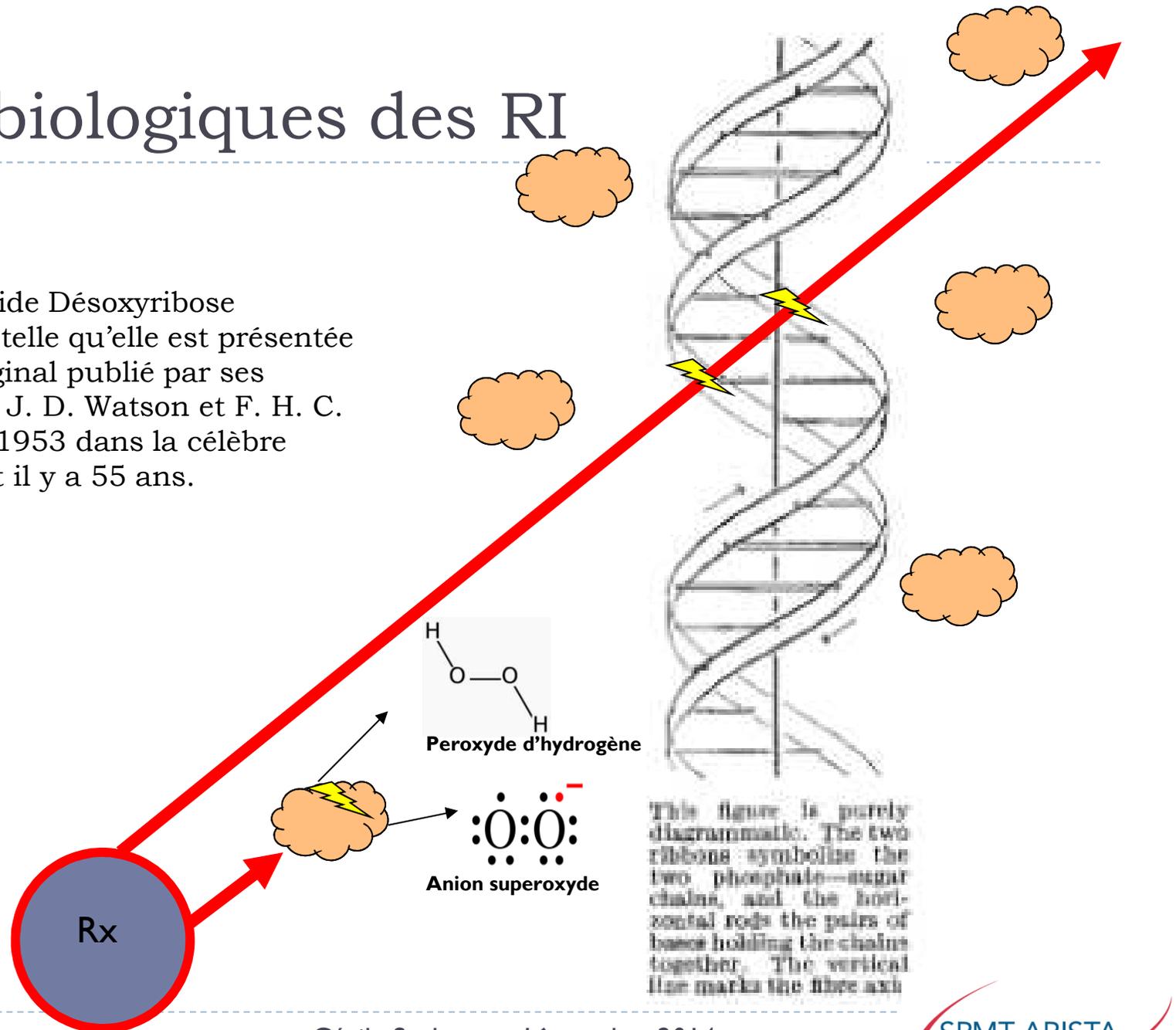


Le revers de la médaille...

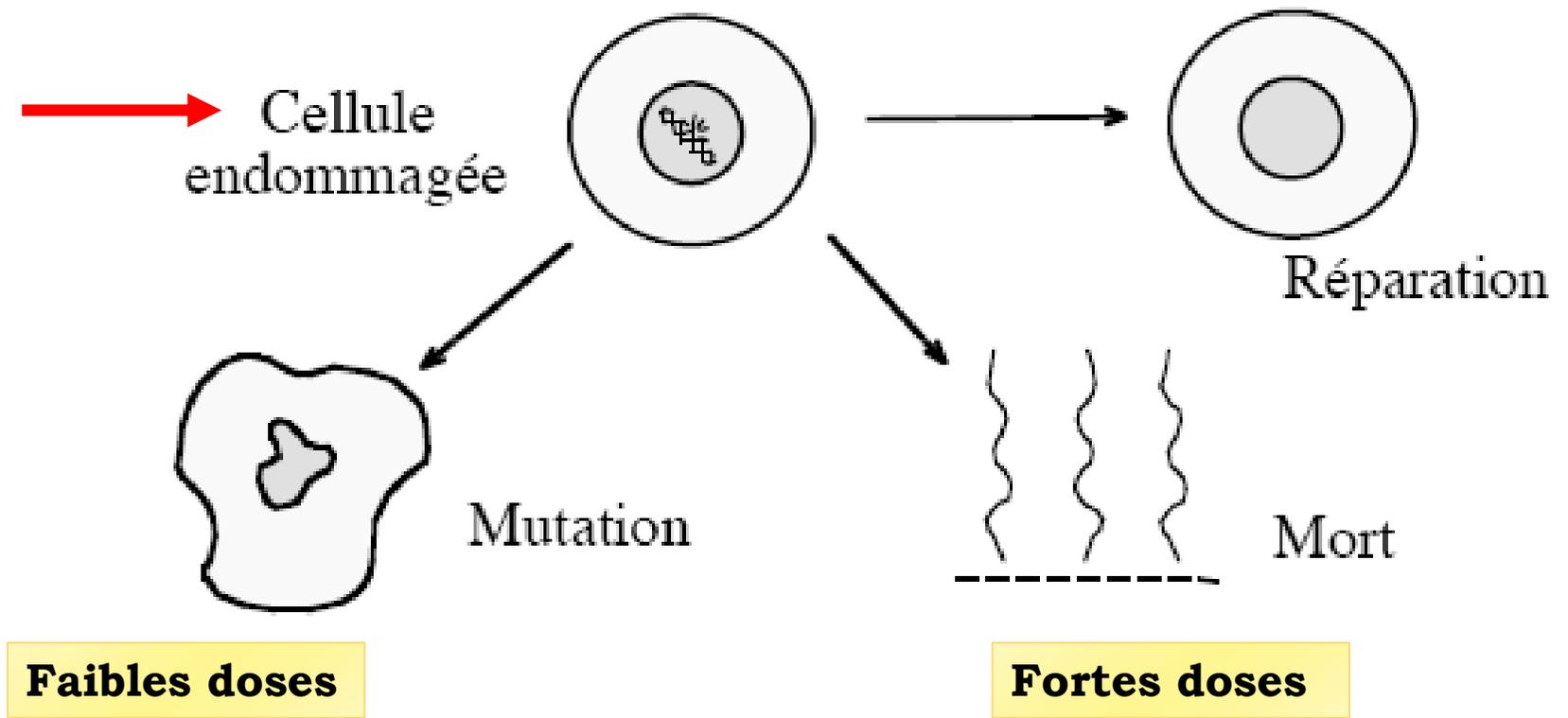
- ▶ Brûlure radiologique: Becquerel et Pierre Curie.
- ▶ Premier cancer radioinduit en 1902
- ▶ Suivi d'autres chez les radiologues, médecins, physiciens, qui font un usage intensif et sans précaution des rayons X. Marie Curie décède d'une leucémie due aux radiations
- ▶ 1928 CIPR
- ▶ Règles seront révisées périodiquement au cours du siècle, toujours dans le sens de la prudence.

Effets biologiques des RI

Structure de l'Acide Désoxyribose Nucléique (ADN) telle qu'elle est présentée dans l'article original publié par ses découvreurs Mrs J. D. Watson et F. H. C. Crick le 25 avril 1953 dans la célèbre revue Nature soit il y a 55 ans.



Effets biologiques des radiations ionisantes



Conséquences pour l'homme de mutations cellulaires compatibles avec la survie de la cellule

- ▶ Si les cellules atteintes sont des cellules sexuelles: spermatozoïdes chez l'homme et ovules chez la femme, les mutations vont être transmises à leur progéniture. On parle **d'effets génétiques héréditaires**.
- ▶ Si les cellules atteintes ne sont pas sexuelles, les effets des mutations cellulaires sont le **cancer**.

Conséquences de la mort cellulaire

Dose reçue: 15 Gy

Les zones rouges correspondent à une disparition de la peau par la mort de ses cellules; le derme est à nu et laisse suinter le plasma.

On parle de radiodermite exsudative



Stochastique versus déterministe

Effet stochastique

Mutation

- ▶ L'effet apparaît chez certains sujets
- ▶ Pas de dose seuil en théorie (200 mSv)
Cancer
Anomalie génétique
- ▶ Gravité non proportionnelle à la dose

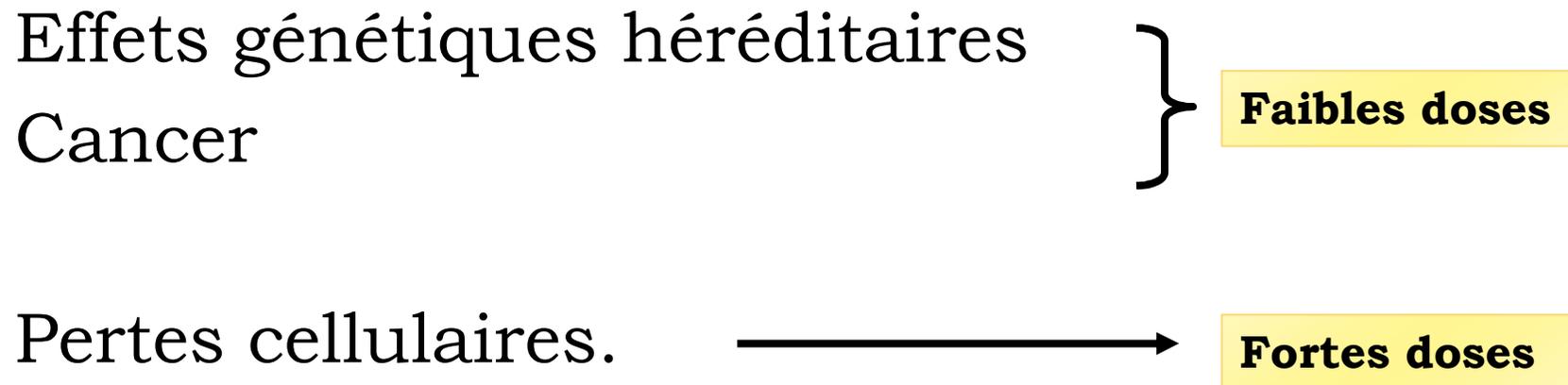
Effet déterministe

Mort cellulaire

- ▶ Effet apparaît chez tous les sujets
- ▶ Existence d'un seuil
- ▶ Gravité proportionnelle à la dose

Effets des radiations ionisantes

Résumons-nous!



Tous les tissus sont touchés par les radiations ionisantes mais certains sont plus **sensibles** que d'autres.

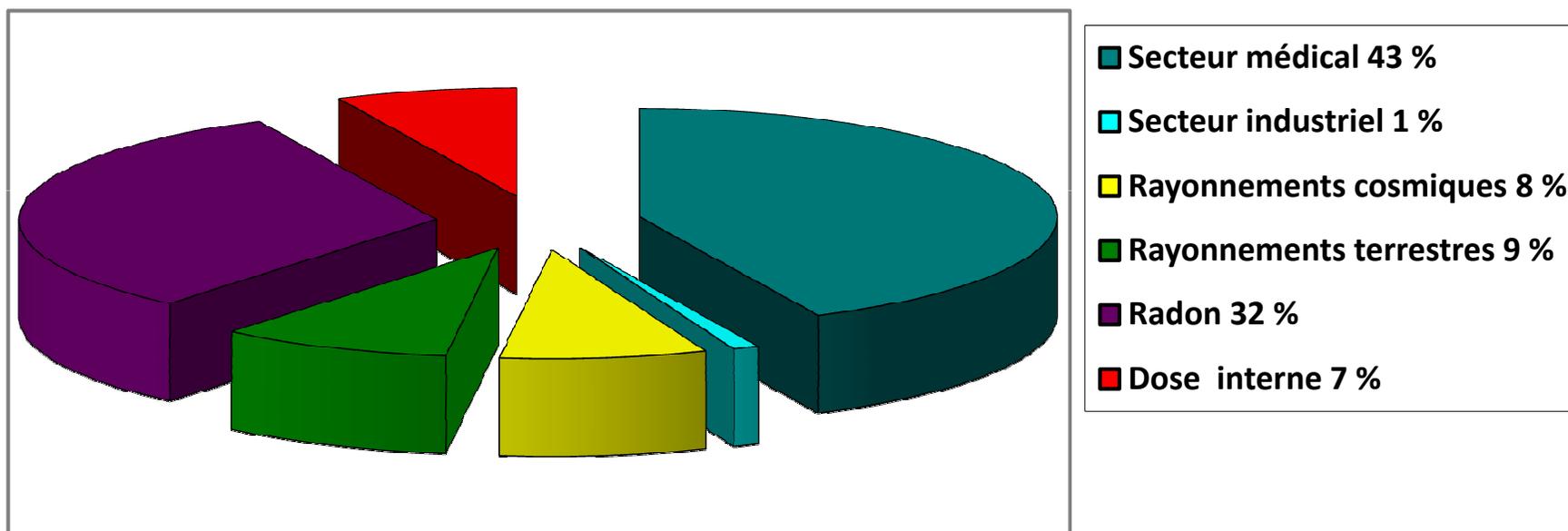
Quels sont les tissus les plus radiosensibles?

Il s'agit des tissus dont les **cellules se renouvellent beaucoup**:

- ▶ La peau
 - ▶ Les muqueuses (digestive, respiratoire, urinaire et génitale)
 - ▶ La moelle osseuse
 - ▶ La thyroïde chez les enfants (Tchernobyl)
 - ▶ Les gonades: testicules chez l'homme et ovaires chez la femme
 - ▶ Le fœtus
- + **Le cristallin.**

Dose efficace moyenne reçue par le citoyen belge

4,5 mSv/an



Exposition d'origine médicale en Belgique

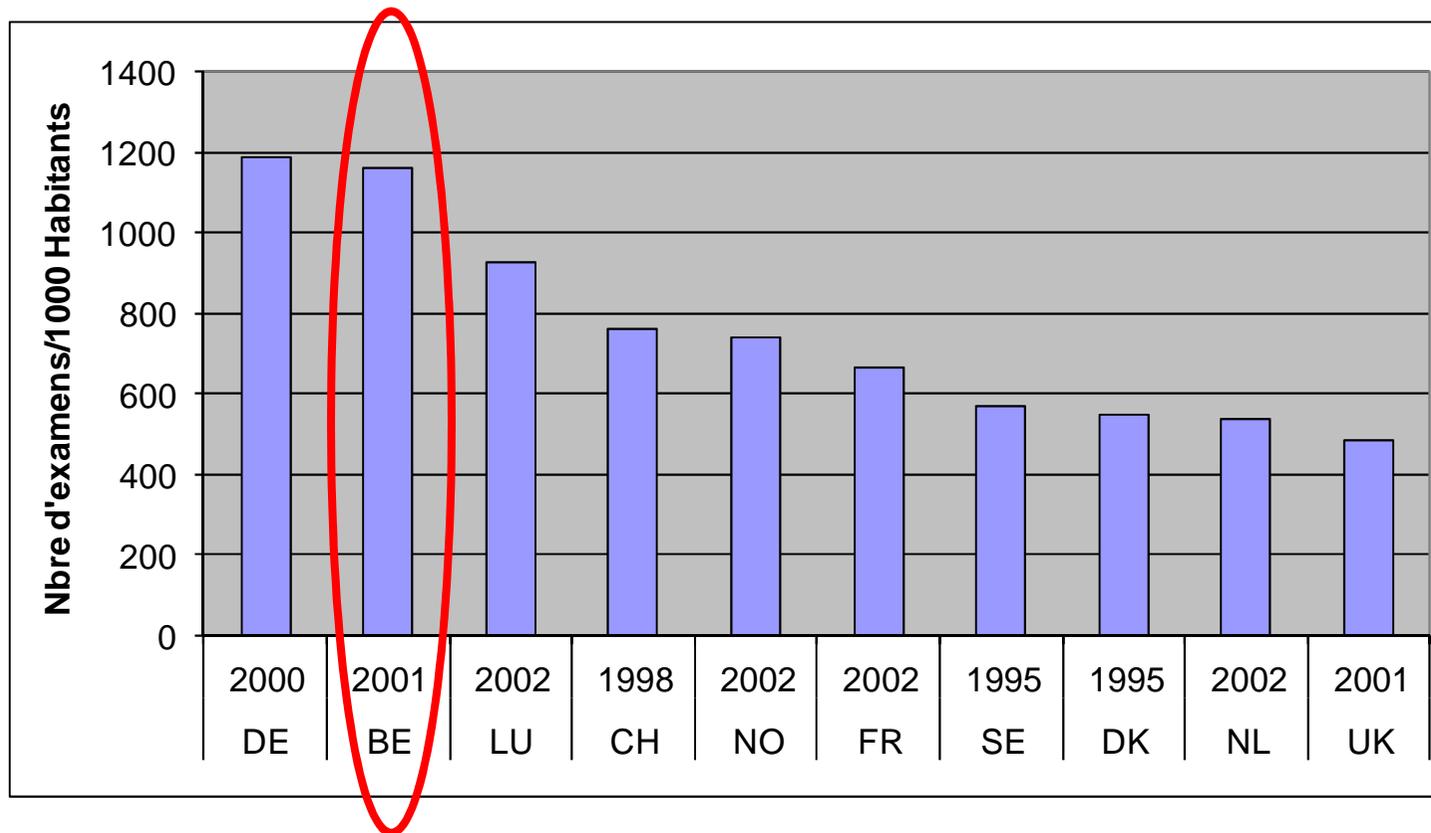
	Belgique 2003	Pays-Bas 2002	Royaume Uni 2002
Examens radiologiques pour 1000 habitants	1113	515	379
Proportion CT	11 %	8 %	7 %
Examens de médecine nucléaire	54	18	9
Exposition médicale moyenne par habitant (mSv/an)	2	0,54	0,38

Publication du conseil supérieur d'hygiène 8080, décembre 2006

Cécile Surleraux 16 octobre 2014

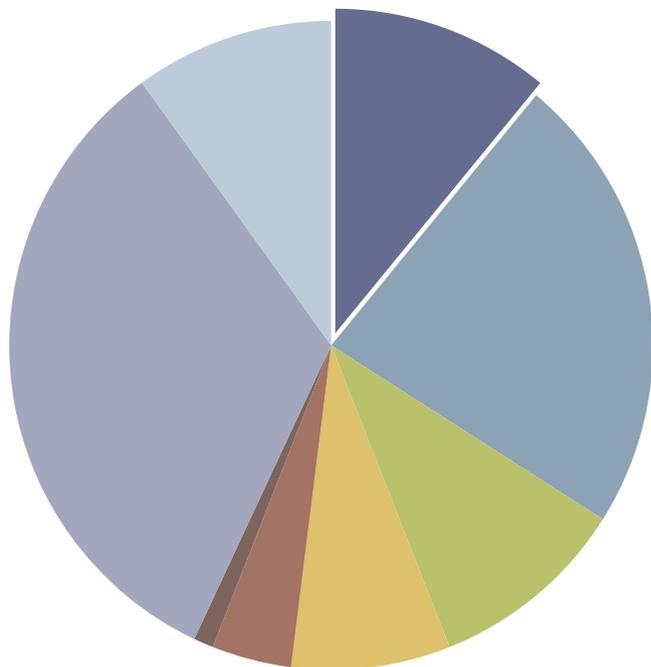
SPMT-ARISTA

Nombre d'examens médicaux radiologiques par 1000 habitants en Europe (Rx dentaires exclues)



Données publiées dans les Annales de l'Association belge de Radioprotection, Vol. 33, n°3, 2008: « Recent national surveys of population exposure from medical X-Rays in Europe ».

Nombre d'examens

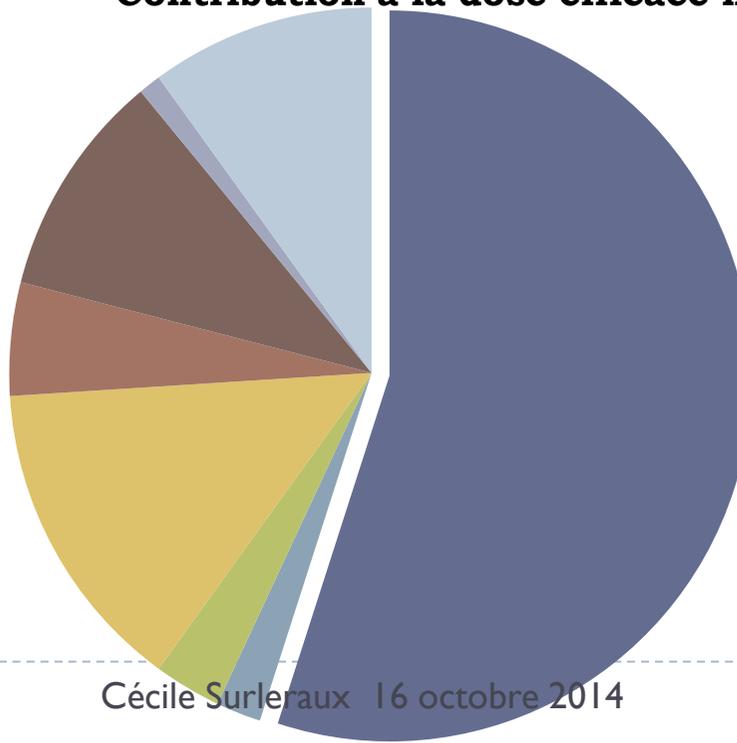


- Scanner 11 %
- Poumon 23 %
- Mammo 10 %
- Vertèbres 8 %
- Digestif 4 %
- Vaisseaux 1 %
- Extrémités 33 %
- Autres 10 %

**Le scanner
Une source
importante d'irradiation
pour la population!**



Contribution à la dose efficace moyenne



- Scanner 55 %
- Poumon 2 %
- Mammo 3 %
- Vetèbres 14 %
- Digestif 5 %
- Vaisseaux 10 %
- Extrémités 1 %
- Autres 10 %

Données Belgique 2003
Publication du conseil supérieur
d'hygiène déc 2006

Cécile Surleraux 16 octobre 2014



Le scanner est une **technique irradiante** !

Irradiation	Examens	Dose efficace
Très faible	Radiographie: dent, main, coude, pied, genou	0.01 mSv
Faible	Radiographie: crâne, poumon, hanche	0.1 mSv
Moyenne	Radiographie: bassin, abdomen, colonne vertébrale, seins	1 mSv
Elevée	Scanner de la colonne vertébrale, de l'abdomen ou du bassin	10 mSv

Moitié de la limite de dose annuel d'un professionnel !!

Source: SUCPR Madame Pirlet Université de Liège

Doses délivrées selon l'examen Radiodiagnostic

Examens radiologiques	Dose efficace moyenne (mSv)	Equivalence en nombre de RX thorax	Durée équivalente d'exposition naturelle
Membres et articulations	< 0,01	1/5	< 1,5 jours
Thorax (1 cliché AP)	0,05	1	7 jours
Rachis lombaire (2 clichés)	1,8	36	9 mois
Urographie intraveineuse	2,1	42	11 mois
Lavement baryté	12	240	5 ans
Scanner du crâne	2,1	42	11 mois
Scanner thorax	5,7	114	2,4 ans
Scanner abdomino-pelvien	12	240	5 ans

Source: National Radiological Protection Board

Cécile Surleraux 16 octobre 2014



Doses délivrées selon l'examen Médecine nucléaire diagnostique

Scintigraphie	Isotope	Activité administrée (MBq)	Dose efficace (mSv)
Osseuse	Tc- 99m phosphonate	750	4
Thyroïdienne	Tc-99m pertéchnate	110	1,2
Myocarde	Th-201	100	23
	Tc-99m MIBI	1000	8
Tumeurs	F-18 FDG	400	7
Tumeurs	Ga-67 Citrate	300	31

Source: Granier et Gambini, Manuel pratique de radioprotection

Les grands principes de la radioprotection

Justification



Les images médicales ne sont pas des photos de vacances

Optimisation

Limitation des doses

- ▶ Un acte médical impliquant des rayonnements doit apporter un bénéfice supérieur au risque supposé

Guide du bon usage des examens d'imagerie

- ▶ Pour chaque diagnostic médical impliquant des rayonnements, il faut savoir utiliser juste la dose nécessaire pour obtenir l'information souhaitée (ALARA)

- ▶ La protection des travailleurs exposés et de la population en général

AR du juillet 2001

Formation en radioprotection du personnel médical et paramédical

▶ **Article 53: dispositions concernant le personnel utilisateur en milieu médical**

53.1 Personnel médical: « l'utilisation des sources et installations radiologiques est réservée aux médecins, vétérinaires, dentistes ayant acquis une compétence en radioprotection et ayant suivi une formation appropriée »

→ demande d'autorisation à l'AFCN

53.2 Personnel auxiliaire: ne peut utiliser les sources que sous l'autorité d'un médecin, dentiste, vétérinaire; l'exploitant doit veiller à ce que ces personnes suivent une formation appropriée de 50 h (+ 10 h pour la médecine nucléaire et la radiothérapie)

▶ **Article 25: information des travailleurs, apprentis, étudiants et personnes susceptibles d'être exposées aux rayonnements ionisants**

Information annuelle obligatoire organisée par l'employeur et portant sur:

- les risques pour la santé et les premiers soins éventuels;
- les normes de base concernant la radioprotection;
- les règles de bonne pratique;
- les consignes d'urgence;
- Etc.

Les sources d'exposition en milieu médical

Exposition discontinue, commandée

Générateurs RX basse énergie (radiologie),
RX haute énergie (radiothérapie)
accélérateurs d'électrons (radiothérapie)

***La production est commandée par un interrupteur:
dès que l'interrupteur est déconnecté, l'exposition
cesse.***

Exposition continue lors d'administration de radioisotopes

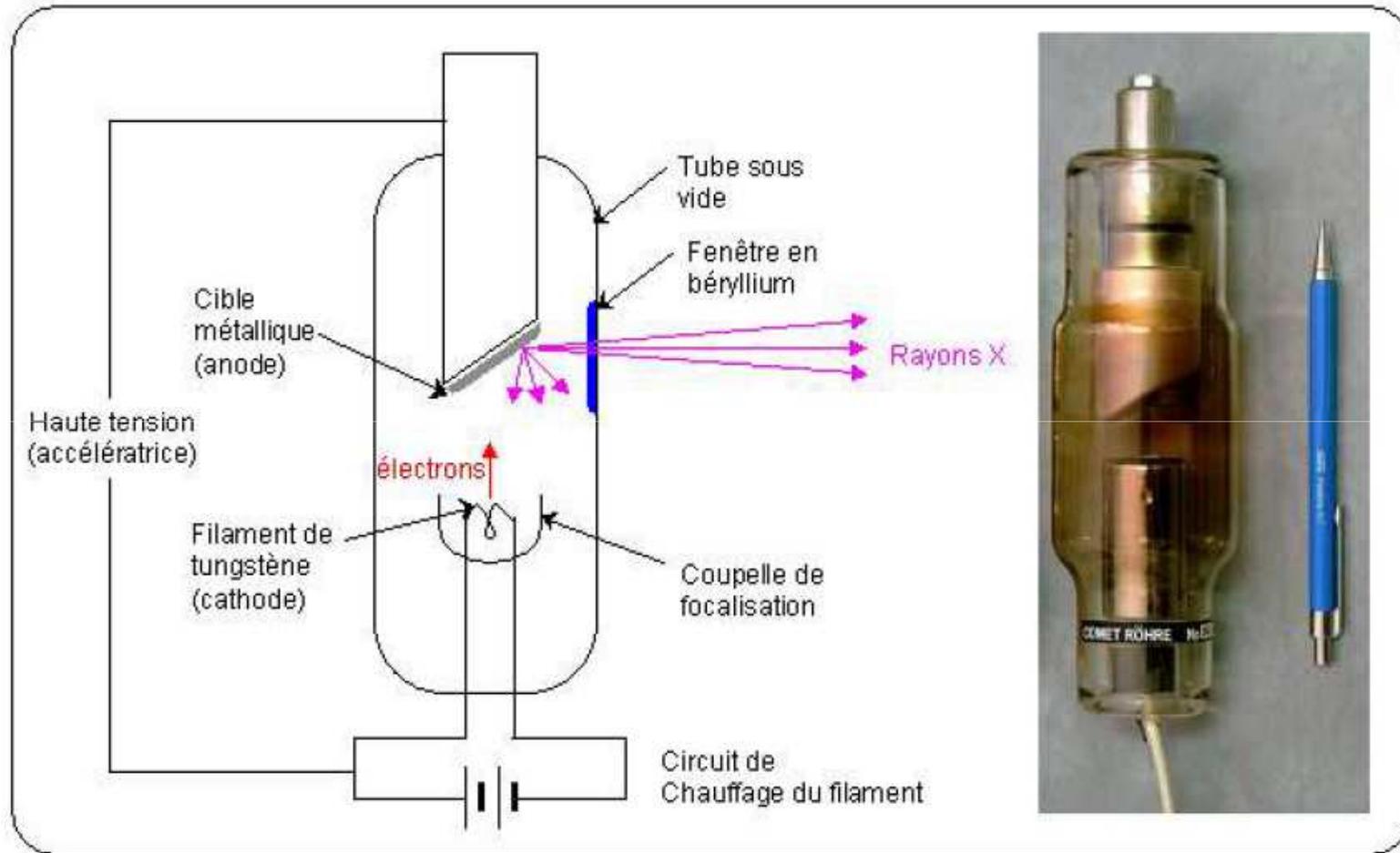
Injection, ingestion, inhalation → médecine nucléaire
(diagnostic ou thérapie)

Implantation de sources → radiothérapie

***Le patient émet des rayonnements ionisants jusqu'à
élimination du produit radioactif par décroissance
radioactive et élimination biologique***

La radiologie conventionnelle

Production des RX



Tube de Coolidge

Source: culture sciences physique

Cécile Surleraux 16 octobre 2014

SPMT-ARISTA

L'image radiologique

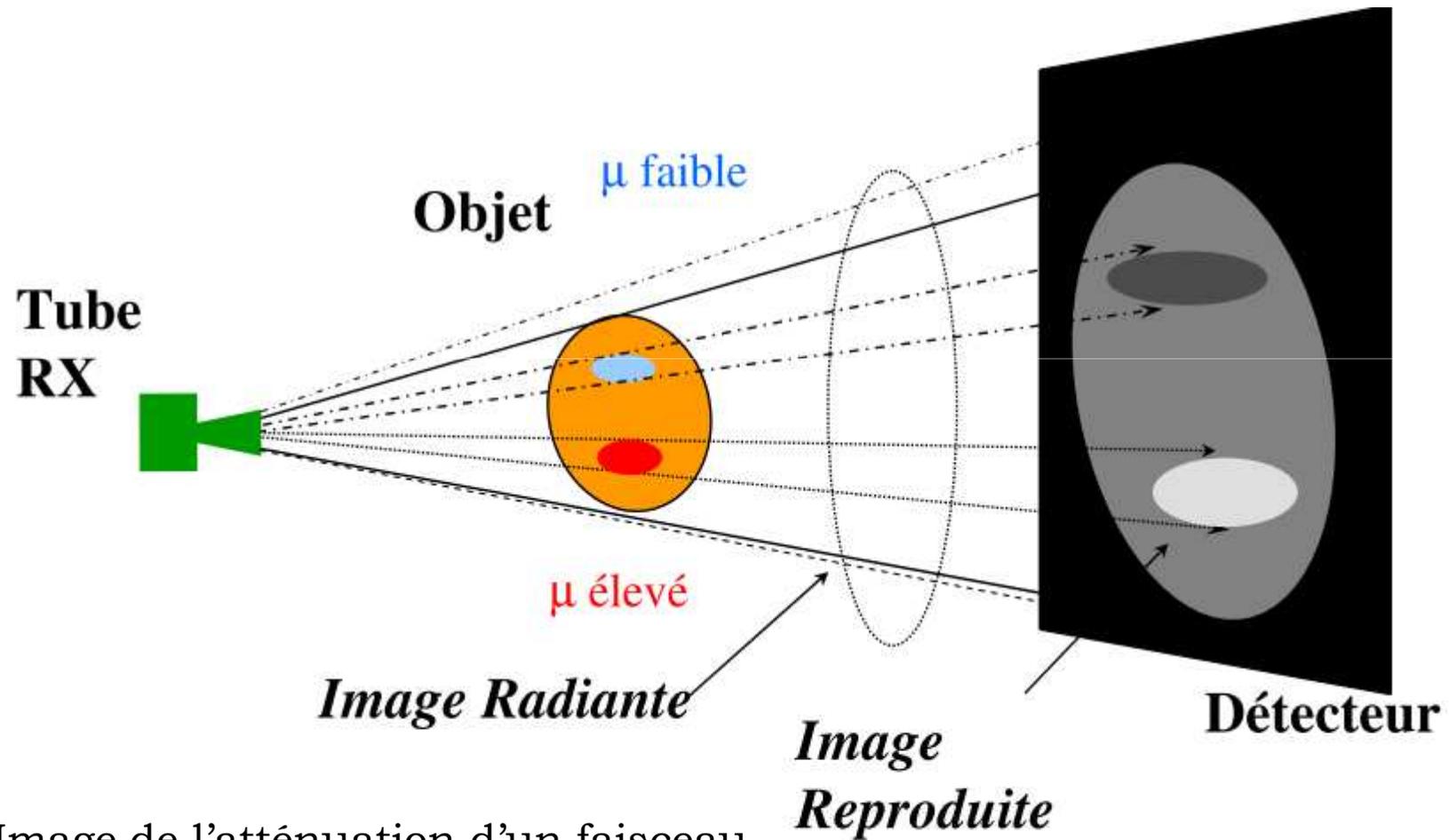
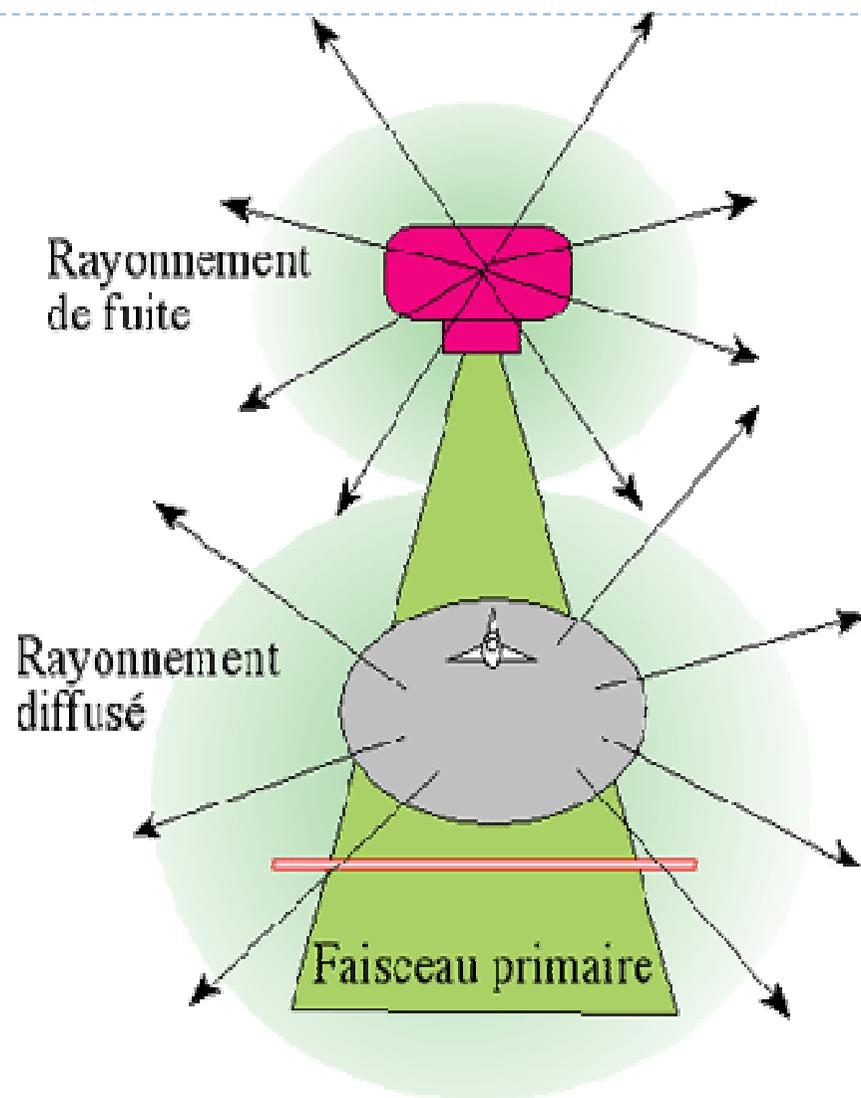


Image de l'atténuation d'un faisceau de RX par le tissu traversé

Sources d'exposition au rayonnement en radiologie



Radiologie conventionnelle

Installations fixes réservées

Prise de clichés derrière pupitre plombé

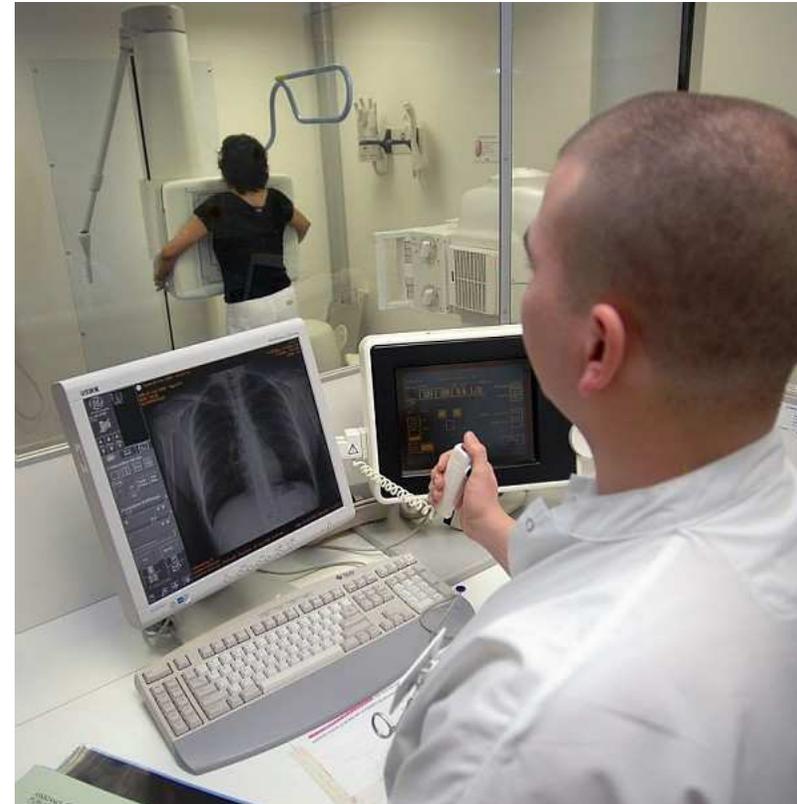
Très peu de risque

99 % du personnel reçoit < 5 mSv

90 % < 0,2 mSv

DDD au pupitre 1 $\mu\text{Gy}/\text{min}$

Temps d'émission journalier < 2 min



Radiologie conventionnelle

Radiographie au lit du patient

Réanimation

Néonatalogie

RX thorax: adulte

RX thorax et abdomen: enfant

Quelques règles

Port du tablier plombé

(et gants plombés en cas de maintien du patient)

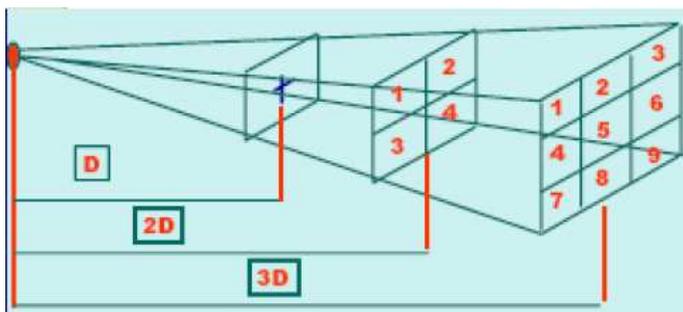
Port du dosimètre sous le tablier plombé

S'éloigner le plus possible de la source

Faire sortir toute personne non indispensable

Fermer la porte du local

Moyens mécaniques de contention



Radiologie conventionnelle

- ▶ Règles de bonne pratique
- ▶ Tout ce qui diminue la dose patient contribue à diminuer la dose travailleur

➔ **Niveaux de référence diagnostiques (NRD)**

Outil d'optimisation. Ces NRD sont établis pour des examens standardisés et des patients types. Ce sont des indicateurs de la qualité des pratiques

Diminuer la dose patient (Quelques exemples)

- ▶ **Tension (kV) et charge (mA) adaptées à l'examen**

Ex: abdomen à blanc pour recherche d'occlusion, tension élevée car information recherchée est du domaine du contraste gazeux; en cas de recherche de lithiase ou d'opacification, la tension la moins élevée possible afin d'optimiser le contraste calcique.

- ▶ **Collimation**

Diminuer la largeur du champ du rayonnement primaire (diaphragmer)

- ▶ **Nombre de clichés**

Pratique de 2 profils RX thorax souvent pas nécessaire

Eviter les incidences colonne $\frac{3}{4}$ si diagnostic posé sur face profil

- ▶ **Limiter le temps de scopie**

- ▶ **Centrage à l'aide du centreur lumineux et non en scopie**

Tomodensitométrie Scanner

Exposition au pupitre non mesurable

Exposition au rayonnement diffusé en l'absence d'injecteur automatique en cas de présence pendant l'examen

10 μ Sv/coupe à 1 m



Tomodensitométrie Scanner

- ▶ Le scanner est désormais un moyen d'exploration de routine à l'accès facile et aux indications multiples
- ▶ Le temps d'un examen au scanner est passé:
 - ▶ En 1988 de 10 à 15 minutes
 - ▶ A l'heure actuelle de **10 à 15 secondes** !
- ▶ Le scanner est une **technique irradiante** !

Radiologie interventionnelle

Ensemble des actes médicaux diagnostiques ou thérapeutiques guidés par la radioscopie

- Actes radioguidés invasifs diagnostiques (ex: coronarographie) ou thérapeutiques (ex: placement de stents) → **Installations fixes dédiées**
- Actes chirurgicaux utilisant des RI en peropératoire → **Installations mobiles au bloc**
- **Fluoroscanner**

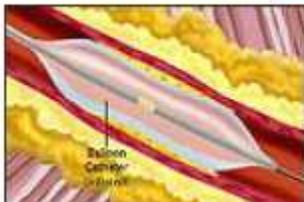
Le nombre de ces actes est en augmentation (numérisation, facilité d'obtention d'images, évolution des implants)

Radiologie interventionnelle



Cathéter à ballonnet

Stents



Coils

Tiré de l'exposé de Philippe Menechal « La radioprotection des patients et des travailleurs en radiologie interventionnelle et au bloc opératoire », Congrès National de Radioprotection organisé par la Société Française de Radioprotection à Angers du 16 au 18 juin 2009

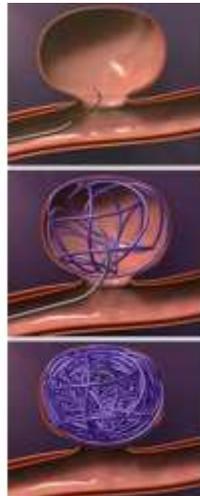
Cécile Surleraux 16 octobre 2014

Radiologie interventionnelle



Cardiologie
Dilatation coronaire

Des techniques opératoires lourdes sont remplacées par des actes guidés par l'image

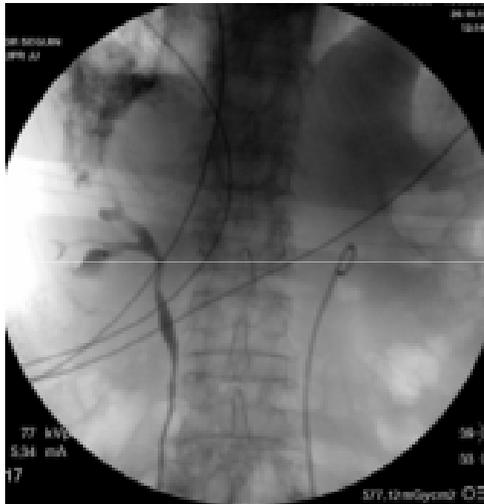


Neuroradiologie
Cure d'anévrisme

Tiré de l'exposé de Philippe Menechal « La radioprotection des patients et des travailleurs en radiologie interventionnelle et au bloc opératoire », Congrès National de Radioprotection organisé par la Société Française de Radioprotection à Angers du 16 au 18 juin 2009

Cécile Surleraux 16 octobre 2014

Utilisation de la radioscopie au bloc opératoire



En urologie



En gastroentérologie



En traumatologie

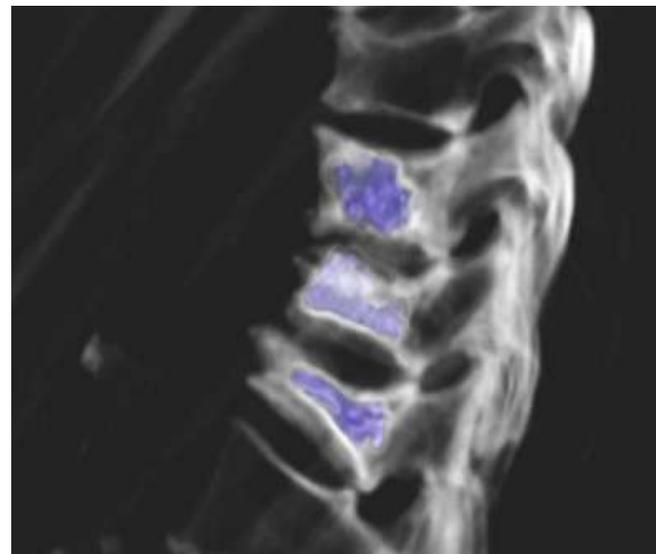
Etc...



Fluoroscanner



Vertébroplastie



L'équipement de radiologie interventionnelle

L'installation classique comprend:

- une table sur laquelle est installé le patient
- un arceau mobile, muni d'un tube RX et d'un système détecteur (amplificateur de luminance);
- relié à une chaîne de traitement de l'image

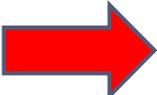


Particularités de la radiologie interventionnelle

Les temps d'émission de RX sont très variables en fonction du type et de la difficulté d'intervention; ils peuvent être très longs

Utilisation de la scopie: de quelques secondes à plus d'une heure

Acquisition de clichés (Graphie): de quelques clichés à plus d'une centaine

 ***Possibilités d'apparition d'effets déterministes chez le patient (érythème, alopecie, brûlure radiologique), mais aussi chez l'opérateur (radiodermite, cataracte)***

Radiologie interventionnelle

Sources d'exposition

Rayonnement primaire

Environ 1000 fois plus irradiant que le diffusé. Exposition majorée si le tube se situe au-dessus du patient

Rayonnement de fuite

En provenance de la de la gaine du tube

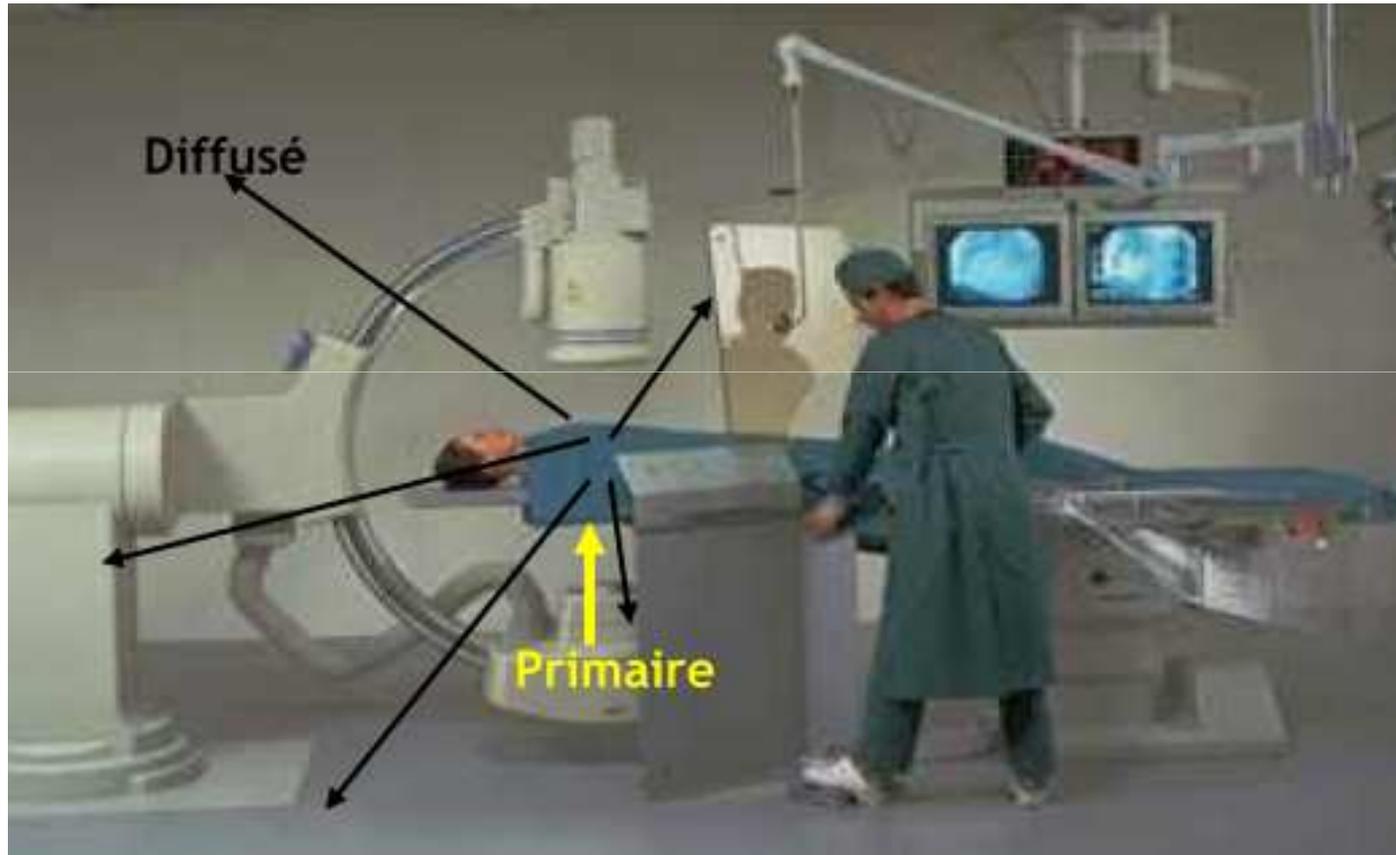
Rayonnement diffusé

Par l'environnement touché par le faisceau primaire, principalement le patient, mais aussi la table, les accessoires



Radiologie interventionnelle

Sources d'exposition



Diffusé par le patient = principale source d'exposition de l'opérateur

Radiologie interventionnelle



Sources : CHU Toulouse



Sources : CHU Toulouse

Possible exposition au rayonnement direct

Tiré de l'exposé de Philippe Menechal « La radioprotection des patients et des travailleurs en radiologie interventionnelle et au bloc opératoire », Congrès National de Radioprotection organisé par la Société Française de Radioprotection à Angers du 16 au 18 juin 2009

Cécile Surleraux 16 octobre 2014

Risques pour le personnel

- ▶ Exposition importante inhomogène (le haut du corps pourrait recevoir de 20 à 30 mSv/an)
- ▶ Protection du corps par le tablier plombé, mais pas de la tête ni des extrémités
- ▶ Certains opérateurs reçoivent la limite annuelle au niveau des extrémités (500 mSv) en réalisant moins de 100 examens. Possibilité d'apparition de radiodermite
- ▶ Etude O'CLOC (Occupational Cataract and Lens Opacities among Cardiologists): risque de cataracte radioinduite x 3,8
- ▶ Doses moyennes reçues au niveau des yeux sur 20 ans: 423 mSv (25-1658)

Risque pour le personnel

Irradiation des yeux

- ▶ Rapport OMS 2009: évidente corrélation entre la dose reçue au niveau des yeux et la cataracte
- ▶ CIPR 2011: recommande d'abaisser le seuil d'apparition de la cataracte à 250 mGy, bien en-dessous des 2 à 5 Gy de la CIPR 103
- ▶ ***Proposition de diminuer la limite de dose au cristallin de 150 mSv à 20 mSv/12 mcg***

Risques pour le personnel

- ▶ Cardiologues interventionnels: partie gauche de la tête deux fois plus exposée que la droite (debout du côté droit du patient, source de rayonnement à gauche)
- ▶ Présentation lors d'un congrès de cardiologie interventionnelle en 04/2014 par une équipe israélienne
- ▶ 36 cas de tumeurs cérébrales (28 cardiologues interventionnels, 2 électrophysiologistes, 6 radiologues interventionnels) chez des médecins exposés en moyenne pendant 23 ans (12-32 ans), avec 30 cas de latéralisation à gauche

Comment se protéger

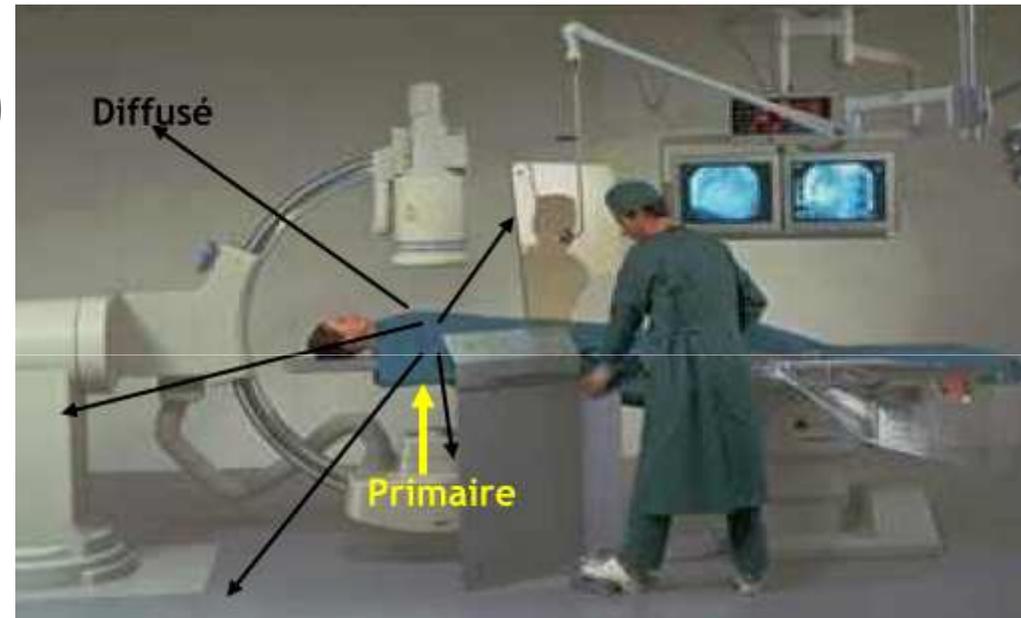
Éléments intervenant sur l'exposition

Le récepteur (ampli de brillance)

Le patient

Le tube RX

Et L'expérience/formation
de l'opérateur



Radioprotection

Temps

Distance

Ecrans

Et diminuer la dose au patient

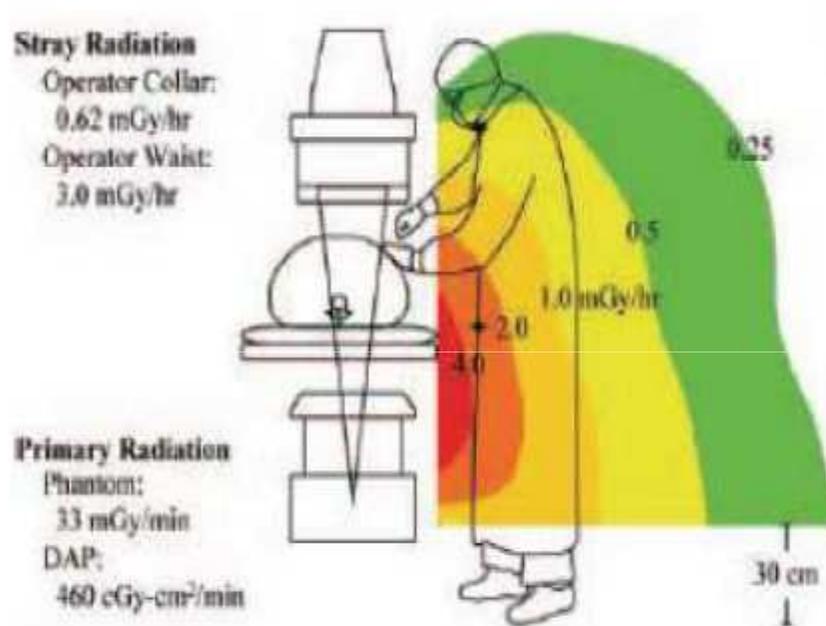


Diminuer l'exposition

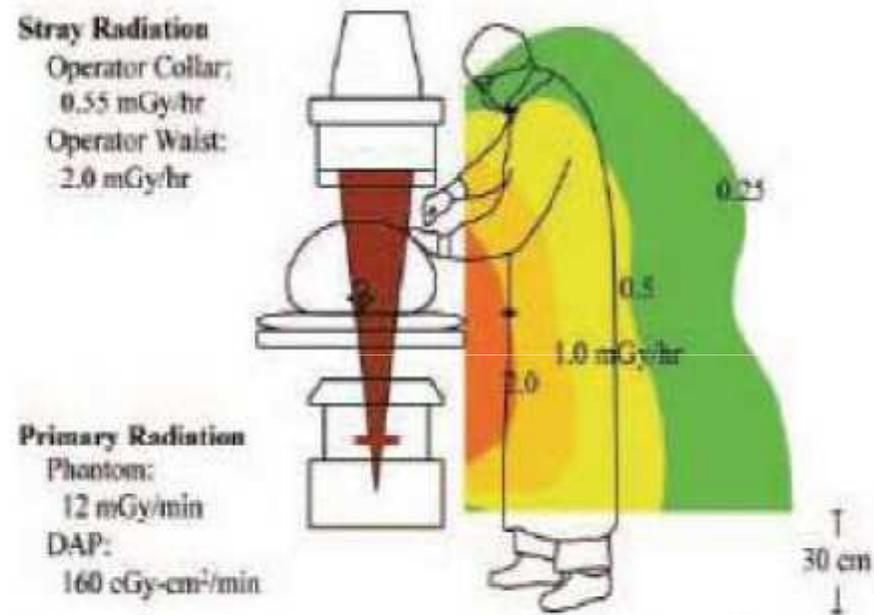
Agir sur la dose patient

- ▶ Limiter l'émission du faisceau de RX au temps minimum nécessaire à l'intervention
- ▶ Choisir un mode pulsé plutôt que continu
- ▶ Diminuer le volume irradié par une collimation optimale
- ▶ Augmenter l'énergie du rayonnement en utilisant des hautes tensions et filtrations additionnelles
- ▶ Maintenir l'intensité dans le tube aussi basse que possible
- ▶ Diminuer la cadence d'acquisition des images
- ▶ Augmenter la distance foyer-patient
- ▶ Diminuer la distance patient récepteur
- ▶ Modifier l'incidence du faisceau en cours d'intervention pour éviter le cumul des doses à la peau en un même point
- ▶ Utilisation de capteurs plans

Augmenter l'énergie du rayonnement Hautes tensions et filtrations additionnelles



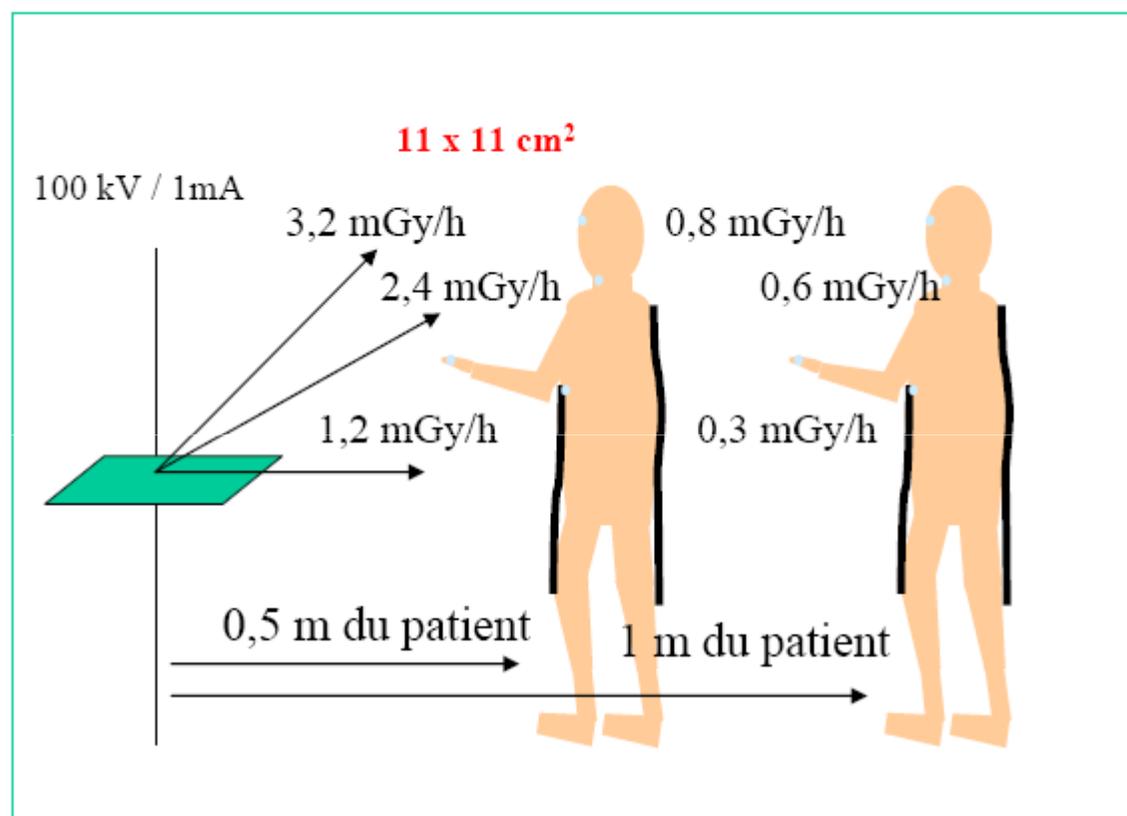
Sans filtration additionnelle



Avec filtration additionnelle (0,5 Cu)

Diminuer l'exposition de l'opérateur La distance

Effet de la distance et de l'angulation

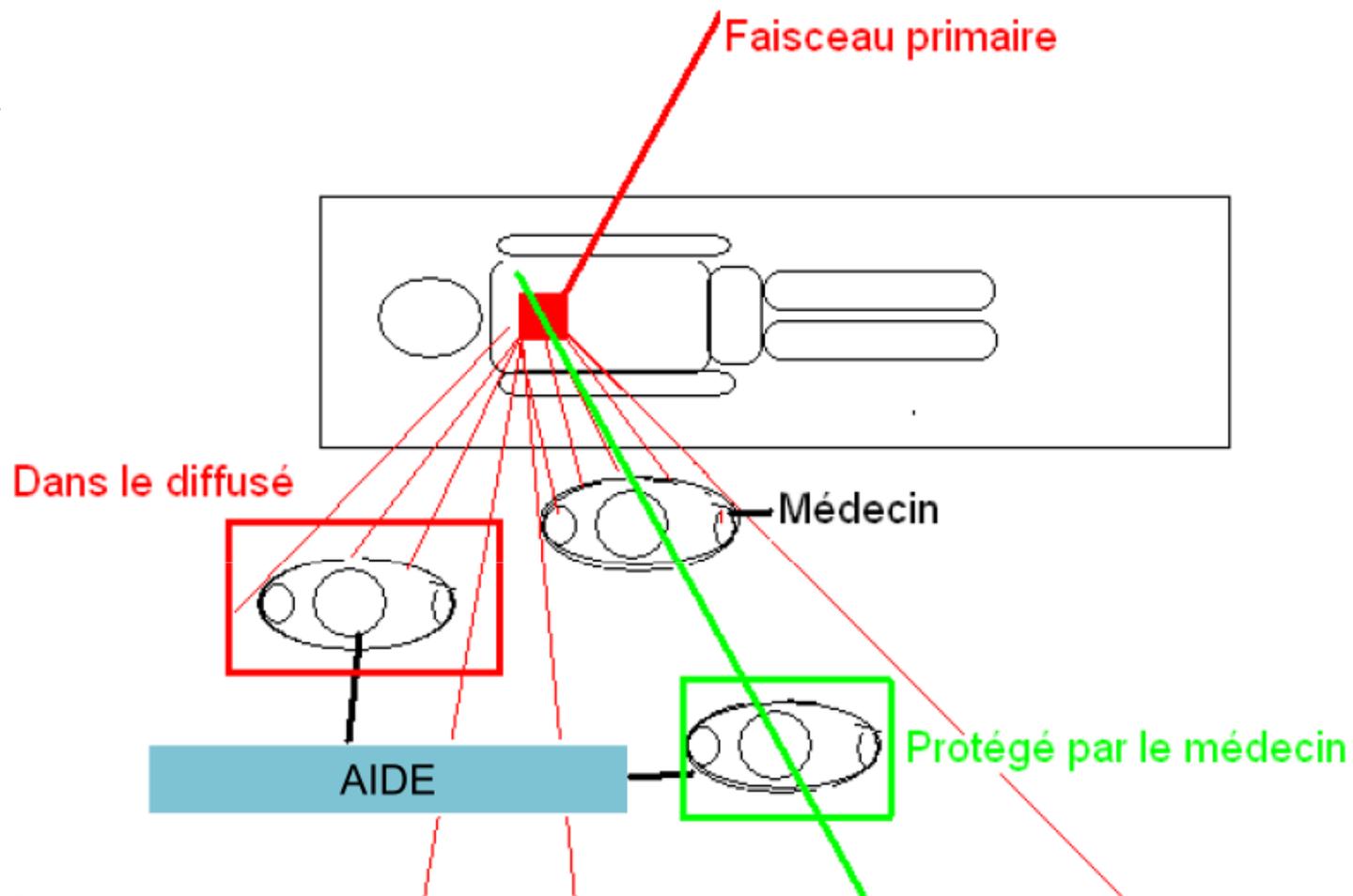


D'après Vano et al.,
(cours ERPET, 1997)

Tiré de l'exposé de Philippe Menechal « La radioprotection des patients et des travailleurs en radiologie interventionnelle et au bloc opératoire », Congrès National de Radioprotection organisé par la Société Française de Radioprotection à Angers du 16 au 18 juin 2009

Cécile Surleraux 16 octobre 2014

SPMT-ARISTA



Le personnel paramédical s'éloigne, se place derrière le médecin

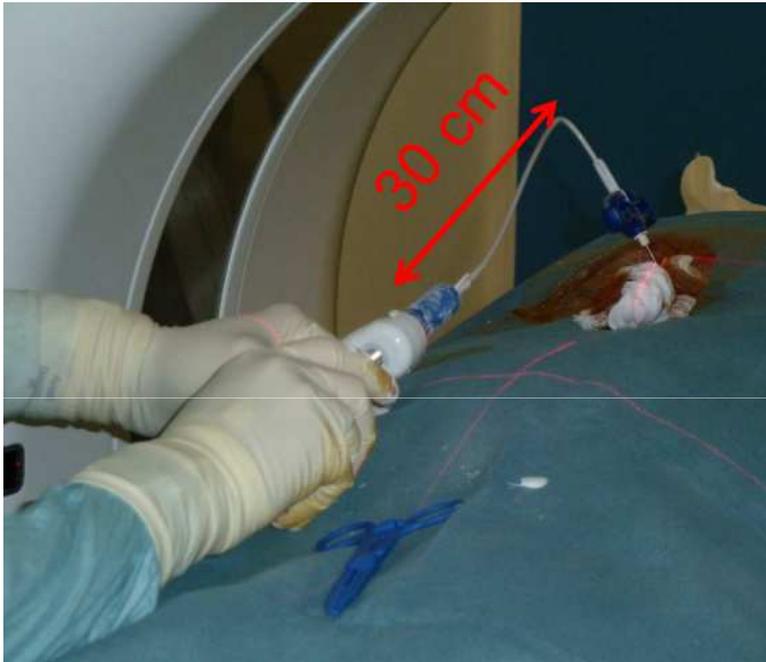
Tiré de l'exposé de Philippe Menechal « La radioprotection des patients et des travailleurs en radiologie interventionnelle et au bloc opératoire », Congrès National de Radioprotection organisé par la Société Française de Radioprotection à Angers du 16 au 18 juin 2009

Cécile Surleraux 16 octobre 2014

SPMT-ARISTA

Fluoroscanner

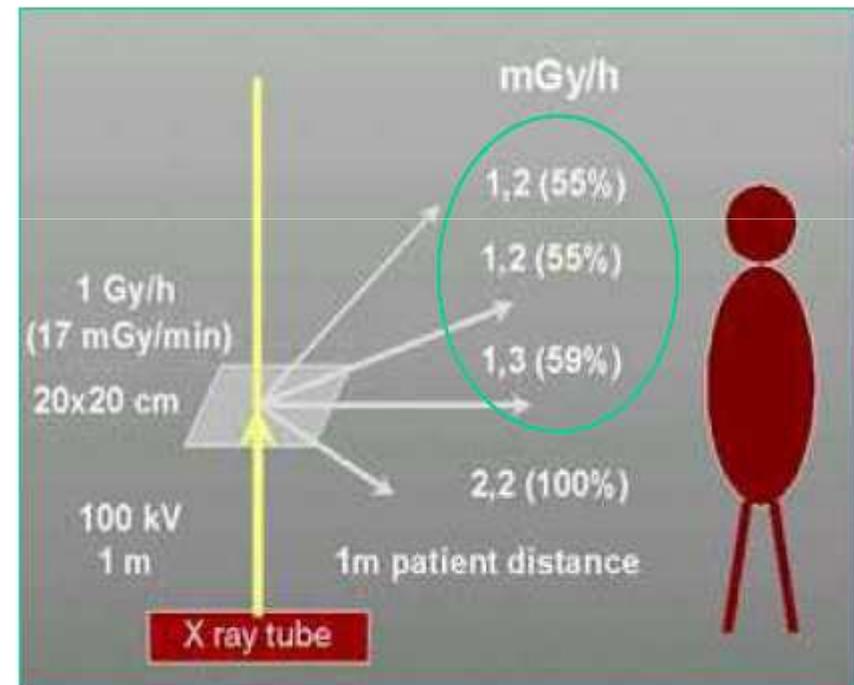
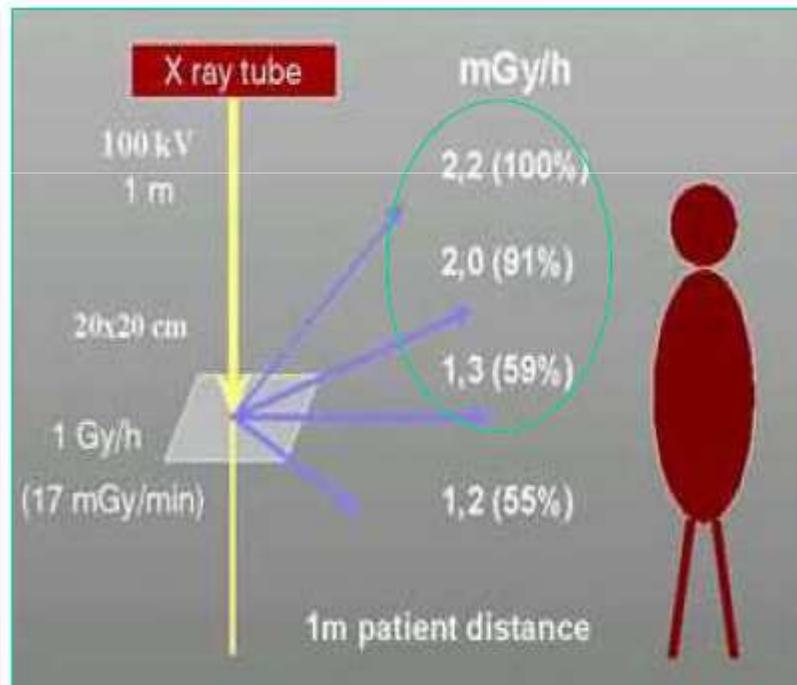
Injecteur avec tubulure permettant l'éloignement des mains de l'opérateur



Diminuer l'exposition

Position du tube

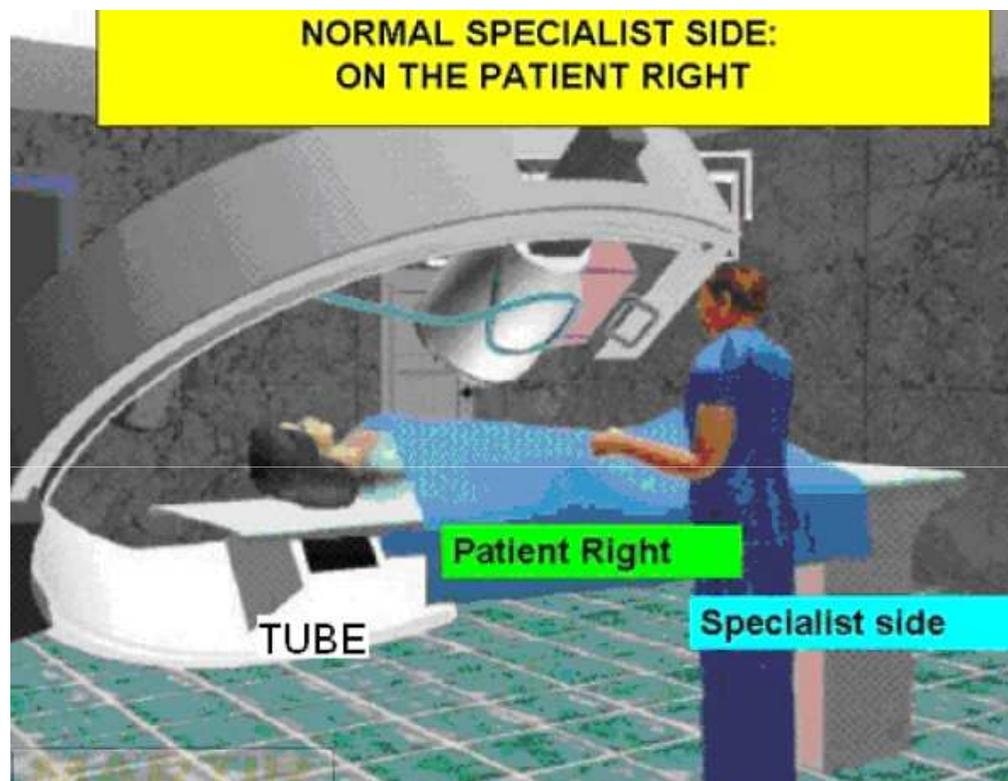
Importance de la position respective du tube et de l'amplificateur



Tiré de l'exposé de Philippe Menechal « La radioprotection des patients et des travailleurs en radiologie interventionnelle et au bloc opératoire », Congrès National de Radioprotection organisé par la Société Française de Radioprotection à Angers du 16 au 18 juin 2009

Diminuer l'exposition

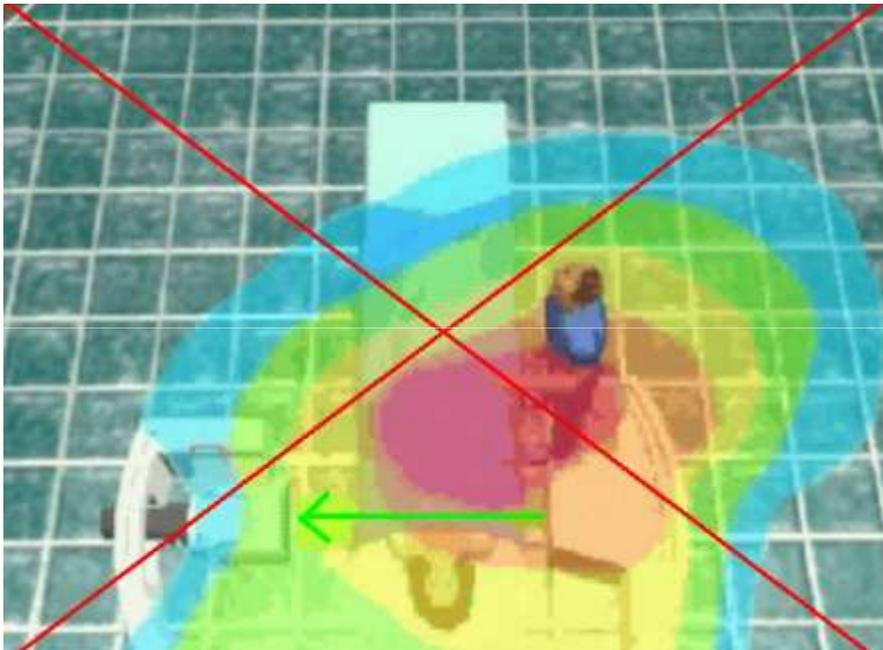
Position du tube



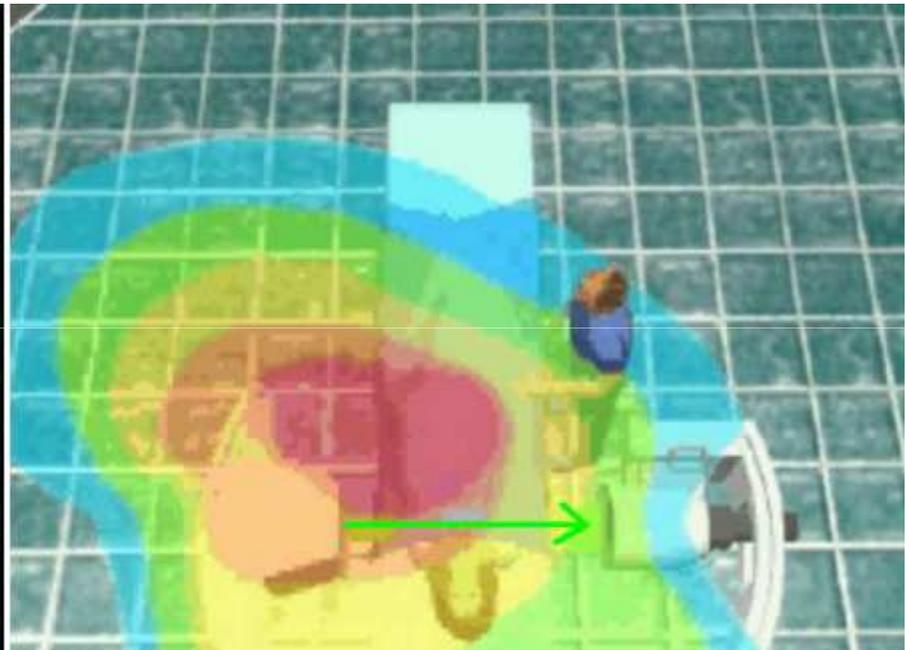
Le rayonnement diffusé produit à l'entrée du patient est arrêté par le patient

Position du tube

Opérateur Côté tube



Opérateur face au tube



Position des écrans

Position des écrans de visualisation



Mauvaise pour le cristallin



Meilleure pour le cristallin

Les écrans

Protections collectives



Ecran plafonnier



Paravent mobile



Bas-volets

Les écrans

Protections individuelles



Prendre soin des équipements de protection



mauvais

RTIR

Bon



Radiologie interventionnelle

Surveillance dosimétrique



Dosimètre passif
Seuil: 50 μ Sv



Dosimètre opérationnel
Seuil: 0,5 μ Sv/h



Dosimètre extrémités
Bague

Source: radioprotection des personnels en radiologie interventionnelle, Dr JL Marande

Radiologie interventionnelle

Surveillance dosimétrique

- ▶ Double dosimétrie
un dosimètre sous le tablier à hauteur de la poitrine un dosimètre au-dessus du tablier plombé pour estimation de la dose reçue au niveau des zones non protégées
- ▶ 5 à 10 % de cette dose devra être comptabilisée dans l'enregistrement de la dose corps entier du travailleur (en fonction des autres moyens de protection portés)

Résultats dosimétriques

Radiologie conventionnelle

Résultats dosimétriques	PERIODE (PERIODE	PERIODE
	2010	2011	2012
NOMBRE DE TRAVAILLEURS EXPOSES	34	39	45
NOMBRE DE DEPASSEMENTS DE DOSE SUR 12 MOIS CONSECUTIFS GLISSANTS	0	0	0
DOSE MINIMALE ANNUELLE (mSv)	0	0	0
DOSE MAXIMALE ANNUELLE (mSv)	0,95	1,26	1,69
DOSE ANNUELLE MOYENNE (mSv)	0,13	0,18	0,18

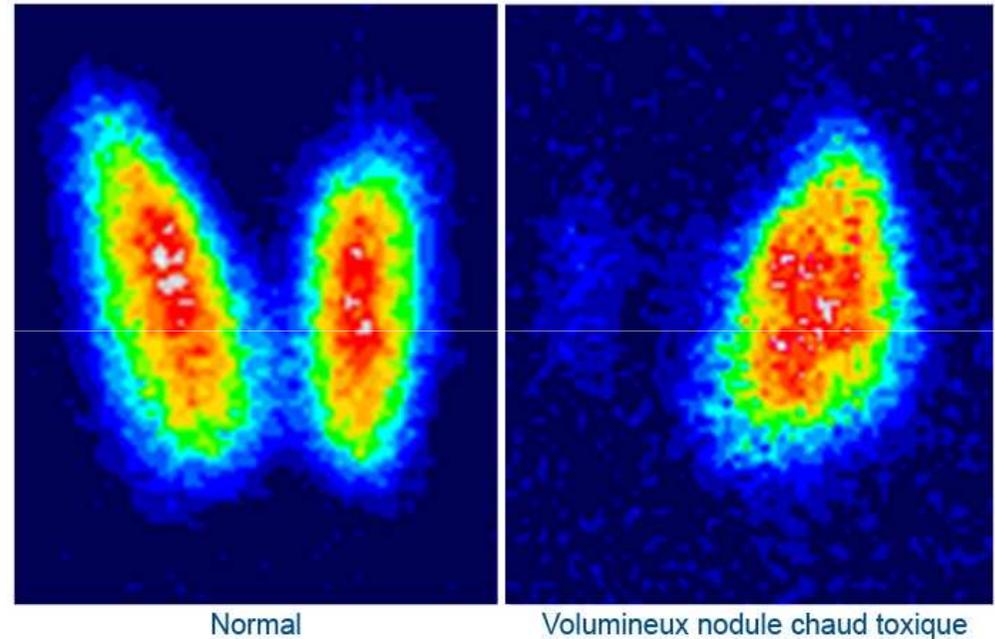
Cardiologie interventionnelle

Résultats dosimétriques	PERIODE (PERIODE	PERIODE
	2010	2011	2012
NOMBRE DE TRAVAILLEURS EXPOSES	4	4	4
NOMBRE DE DEPASSEMENTS DE DOSE SUR 12 MOIS CONSECUTIFS GLISSANTS	1	1	1
DOSE MINIMALE ANNUELLE (mSv)	12,7	11,14	8,3
DOSE MAXIMALE ANNUELLE (mSv)	21,37	23,92	22,48
DOSE ANNUELLE MOYENNE (mSv)	16,2	15,15	12,22

La médecine nucléaire diagnostique

Principe

- ▶ Observation du métabolisme in vivo au sein d'un organe cible
- ▶ Molécule biologique = vecteur
- ▶ Marquée par un traceur = radioisotope
- ▶ Cartographie de radioactivité représentatives de l'état de fonctionnement d'un organe



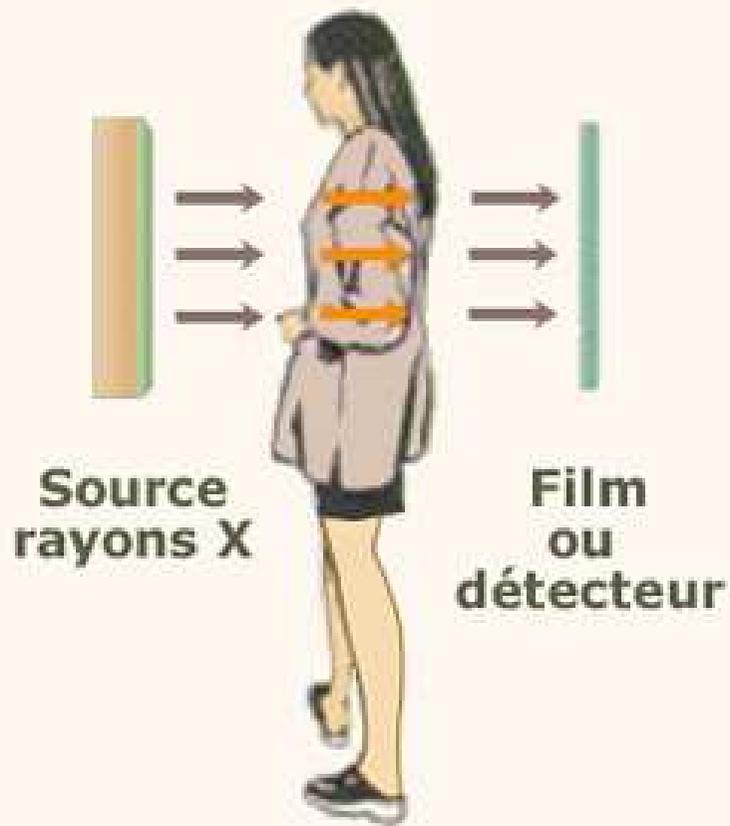
La médecine nucléaire – Actes diagnostiques

► Administration d'un radiopharmaceutique

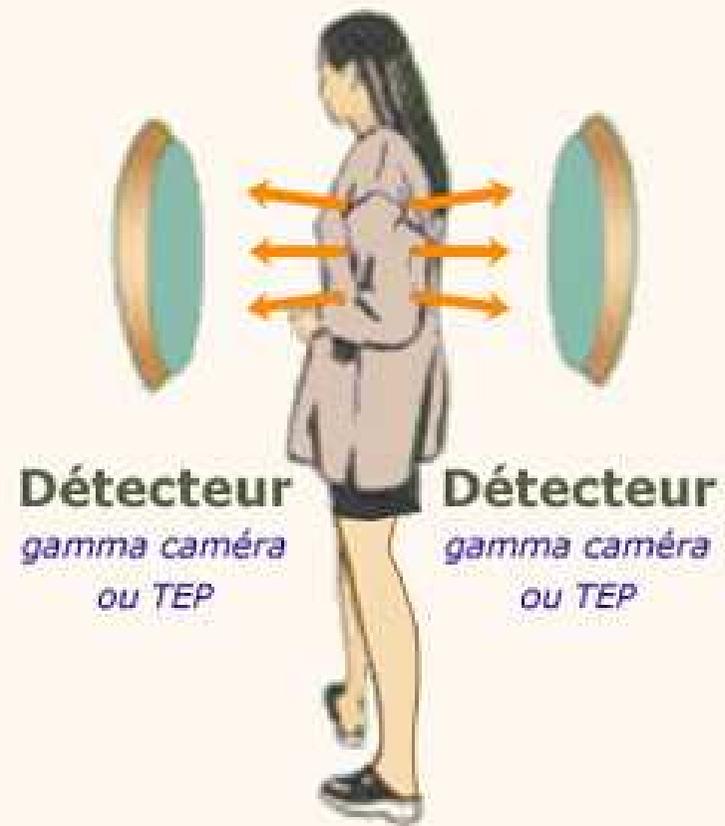
Radionucléide	Période	Forme chimique	Activité administrée	Applications
Tc-99m	6h	Pertechnate	20 MBq	Scintigraphie thyroïdienne
		MDP-Tc-99m	700 MBq	Scintigraphie osseuse
		Aérosol – Tc-99m	40 MBq	Scintigraphie pulmonaire
I-123	13,2 h	Iodure	4 MBq	Explorations thyroïdiennes
Th-201	3j	Chlorure	100 MBq	Scintigraphie myocardique
F-18	110 min	Désoxyglucose	150 à 400 MBq	Bilan d'extension cancer

► Acquisition d'images: γ caméra, Caméra TEP (ou PET scan), TEP-TDM

Rayons X (radiographies)



Rayons gamma (médecine nucléaire)

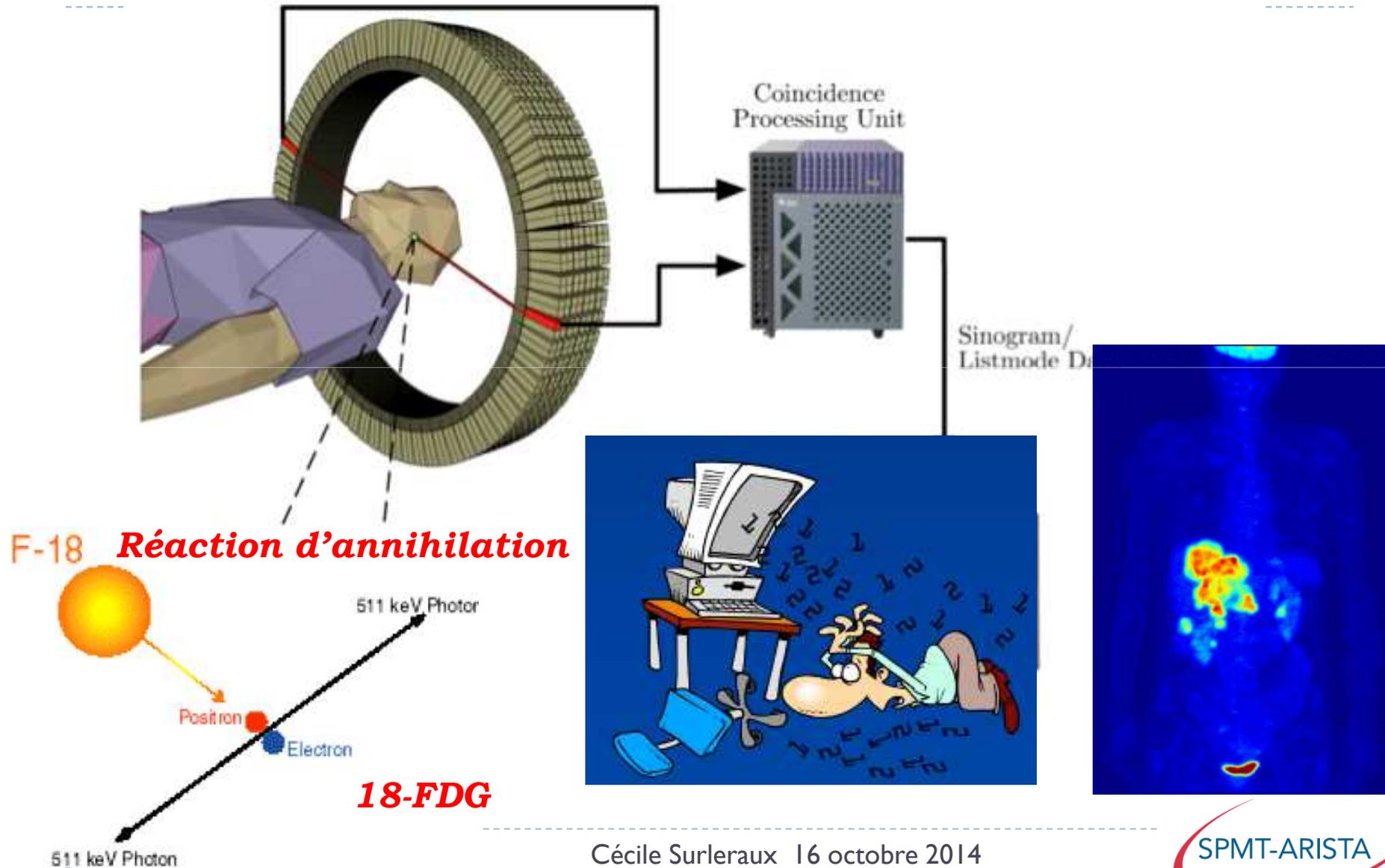


Gamma-caméra



▶ Cécile Surleraux 16 octobre 2014

Tomographie par émission de positons TEP



Unité TEP-TDM



Cécile Surleraux 16 octobre 2014

SPMT-ARISTA

La médecine nucléaire en thérapie

- ▶ L'administration de certains isotopes à des doses appropriées (émetteurs β -en particulier) permet d'assurer une irradiation sélective et prolongée au sein d'un tissu pathologique donné
- ▶ On parle alors d'irradiation métabolique

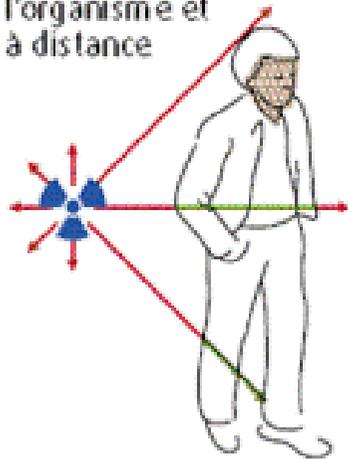
La médecine nucléaire – Actes thérapeutiques

Radionucléide	Période	Forme physico-chim	Activité	Applications
Sr-89	50,6 j	Chlorure	150 MBq	T antalgique métas os
Y-90	2,67 j	Colloïde	80 MBq 1,5 GBq	Arthrite infl T lymphome (Zévalin)
I-131	8,02 j	Iodure mIBG	400 MBq 3,7 GBq 5 à 6 GBq	T hyperthyroïdie T cancer thyr T neuroblastome
Sm-153	1,96 j	Diphosphonate	2,4 GBq	T antalgique métas os

La médecine nucléaire

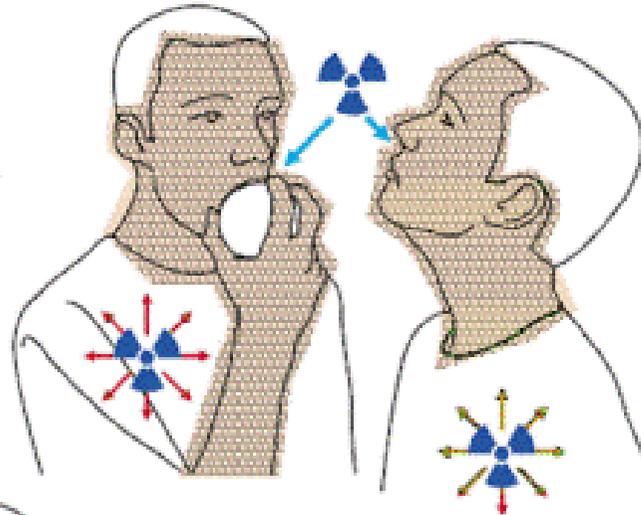
Exposition externe

Source d'exposition à l'extérieur de l'organisme et à distance



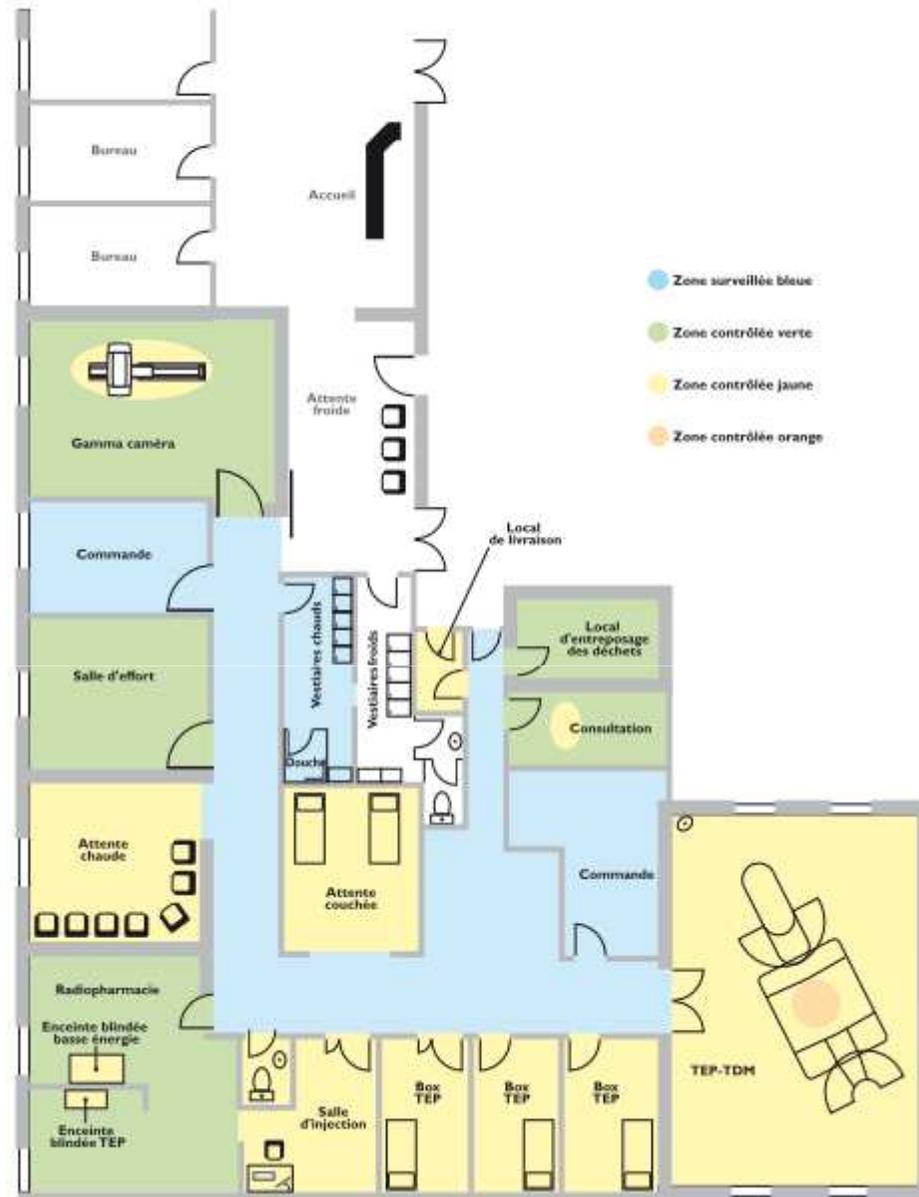
Contamination interne

Matière radioactive passée dans l'organisme par ingestion, inhalation ou plaie



Contamination externe

Source au contact de l'organisme, sur la peau



Source INRS: fiche médecine nucléaire

Cécile Surleraux 16 octobre 2014

Les risques d'irradiation externe

Corps entier en chiffres (bilan IRSN 2012)

3602 travailleurs suivis

2209 dose nulle

0,8 mSv dose efficace moyenne pour ceux qui présentent une dose

2 travailleurs: dose au-dessus de 6 mSv

Extrémités: exposition des mains



Exposition externe à distance

Acte	Activité administrée MBq	Débit d'exposition à 1 m ($\mu\text{Sv/h}$)
Tc-99m (Scintigraphie osseuse)	800	18
F-18	500	80
I-131 (traitement hyperthyroïdie)	400	26
I-131 (cancer)	3700	240

La médecine nucléaire

Exposition des extrémités

Etude sur l'exposition des mains en médecine nucléaire
ORAMED Optimization of **R**adiation for **M**edical staff

3 radionucléides étudiés (Tc-99m, F-18, Y-90)

Mesures dans 7 pays européens dont la Belgique

32 services,
189 travailleurs,
768 mesures

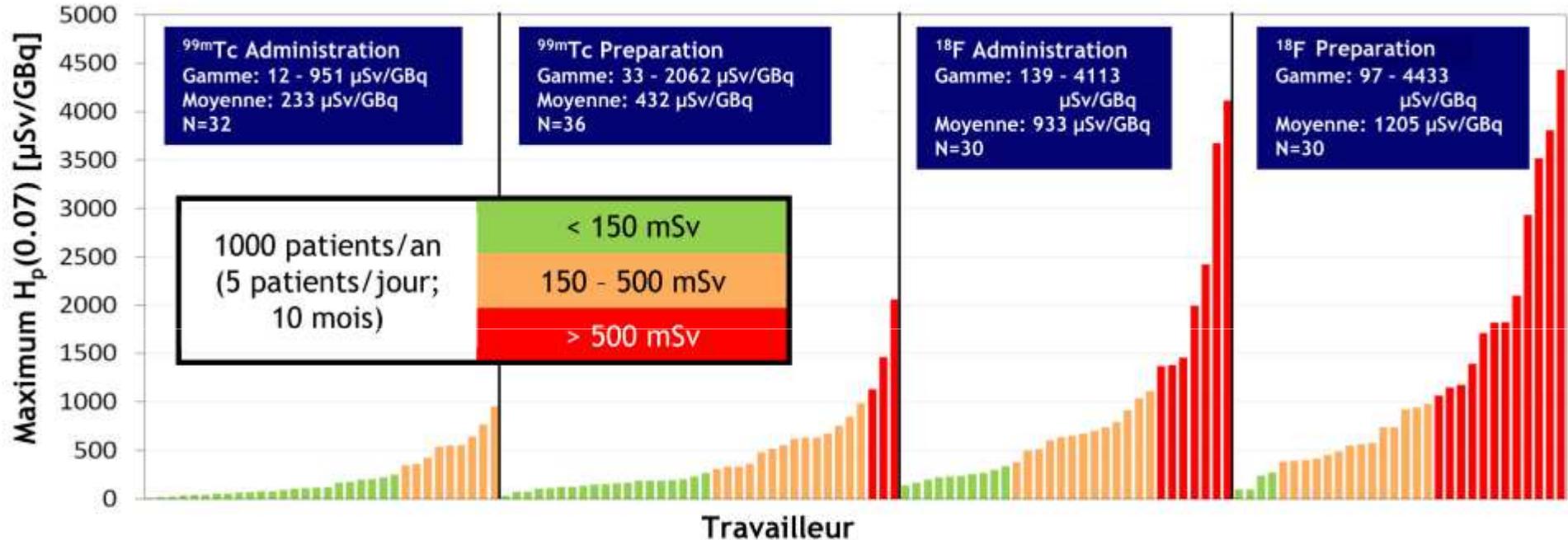


D'après maîtrise des doses aux extrémités en médecine nucléaire, Rencontres MN-ASN Orléans 4 06 2014

▶ Cécile Surleraux 16 octobre 2014

SPMT-ARISTA

Applications diagnostiques



Variations très importantes des doses

Doses plus élevées pour la préparation que pour l'administration

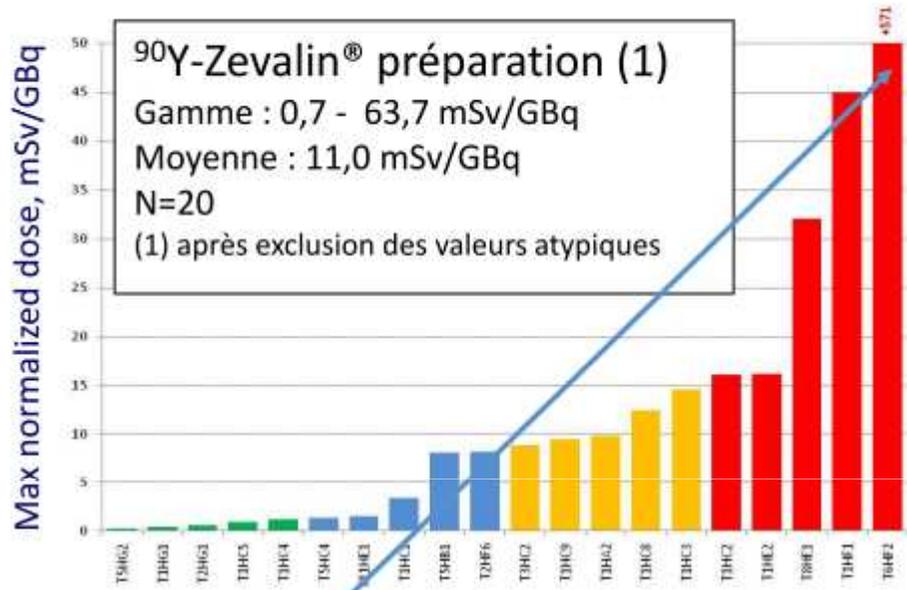
Doses plus élevées pour le F-18 que pour le Tc-99m

D'après maîtrise des doses aux extrémités en médecine nucléaire, Rencontres MN-ASN Orléans 4 06 2014

Cécile Surleraux 16 octobre 2014

SPMT-ARISTA

Applications thérapeutiques



Conclusions de l'étude

- ▶ Risque réel d'exposition des doigts
 - ▶ Dose maximale à l'extrémité de l'index de la main non dominante
 - ▶ Dose les plus faibles sont mesurées au niveau des poignets
-
- Porter un dosimètre bague à la base de l'index de la main non dominante, face sensible côté paume
 - En sachant que la dose maximale reçue au niveau des doigts est de l'ordre de 6 fois celle mesurée par la bague!



Utilisation de blindages nécessaire



La rapidité d'exécution gagnée en ôtant le blindage ne compense pas la protection perdue
Cas du Tc-99m: 2 mm de W = atténuation d'un facteur >100!

D'après maîtrise des doses aux extrémités en médecine nucléaire, Rencontres MN-ASN Orléans 4 06 2014

Cécile Surleraux 16 octobre 2014



Jouer sur le facteur temps

- ▶ Ergonomie des postes de travail
- ▶ Pose d'un cathéter pour les injections difficiles
- ▶ Automatisation de certains processus

Offre assez développée en TEP

Peu en thérapie alors que pourtant
indispensable pour les longues injections



Solution maison à partir d'un pousse seringue électrique

D'après maîtrise des doses aux extrémités en médecine nucléaire, Rencontres MN-ASN Orléans 4 06 2014

▶ Cécile Surleraux 16 octobre 2014

SPMT-ARISTA

Les risques de contamination

- ▶ Lors de la préparation des seringues
- ▶ Lors de la manipulation des seringues
- ▶ Lors de l'injection
- ▶ En appliquant un sparadrap à l'endroit d'injection



Risque de contamination des mains

Contamination des mains

Etude de Covens en 2011: 10 % de contamination des mains sans aucune suspicion des intéressés

Or les doses peuvent être conséquentes, surtout pour les émetteurs β ...

Décontamination rapide indispensable, pas toujours aisée, notamment avec les traceurs technétiés

Dose à la peau pour un dépôt uniforme de 1 MBq/cm² pendant 5 minutes

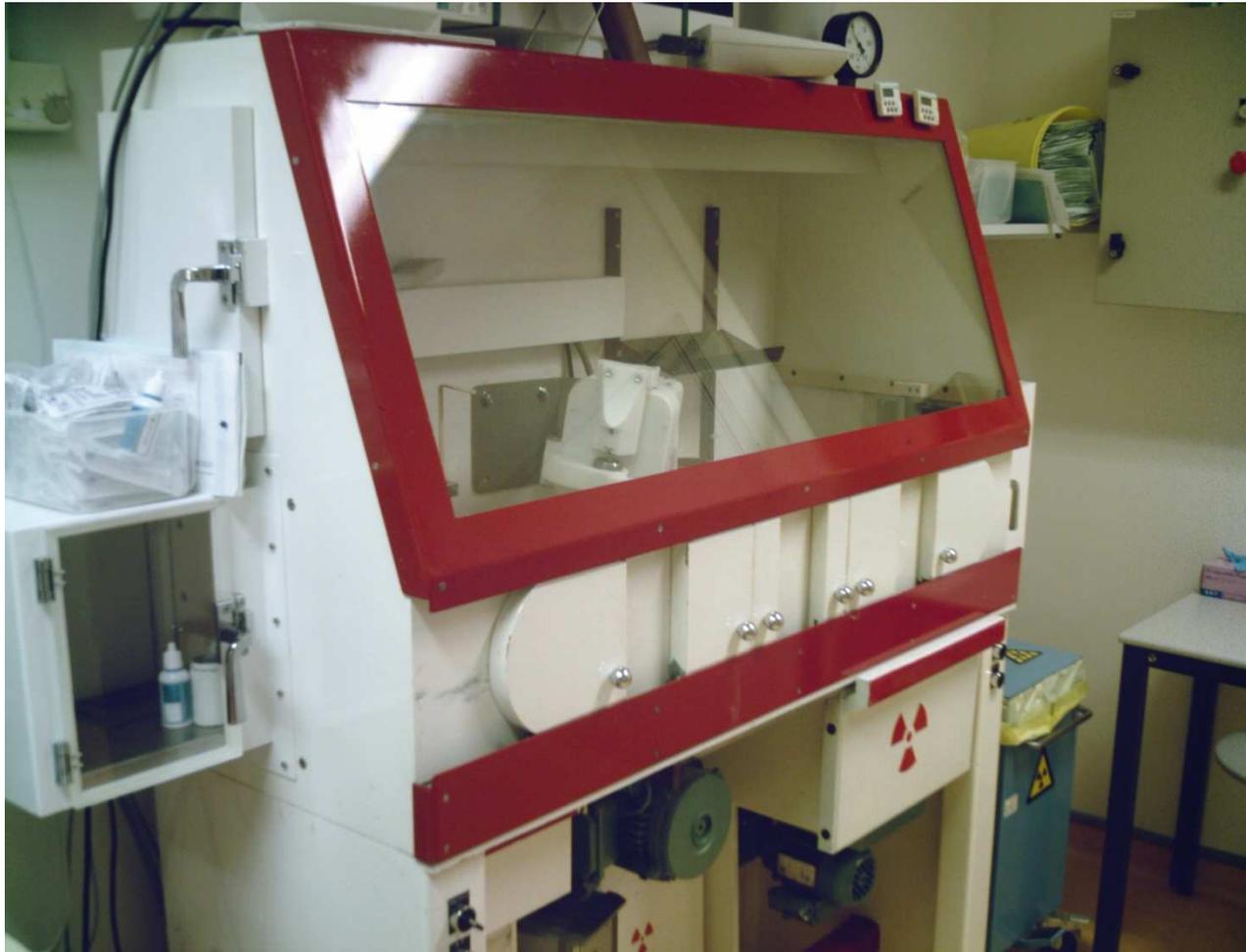
Radionucléide	Dose peau (Hp 0,07) mSv
Tc-99m	18
F-18	116
Y-90	141

Se protéger contre la contamination

- ▶ EPI: gants, tablier, lunettes
- ▶ EPC: locaux, surface de travail, hottes de manipulation
- ▶ Procédures de travail: mesurer régulièrement la contamination des surfaces de travail



Hotte de manipulation du technétium



▶ Cécile Surleraux 16 octobre 2014

Cas du F-18 FDG



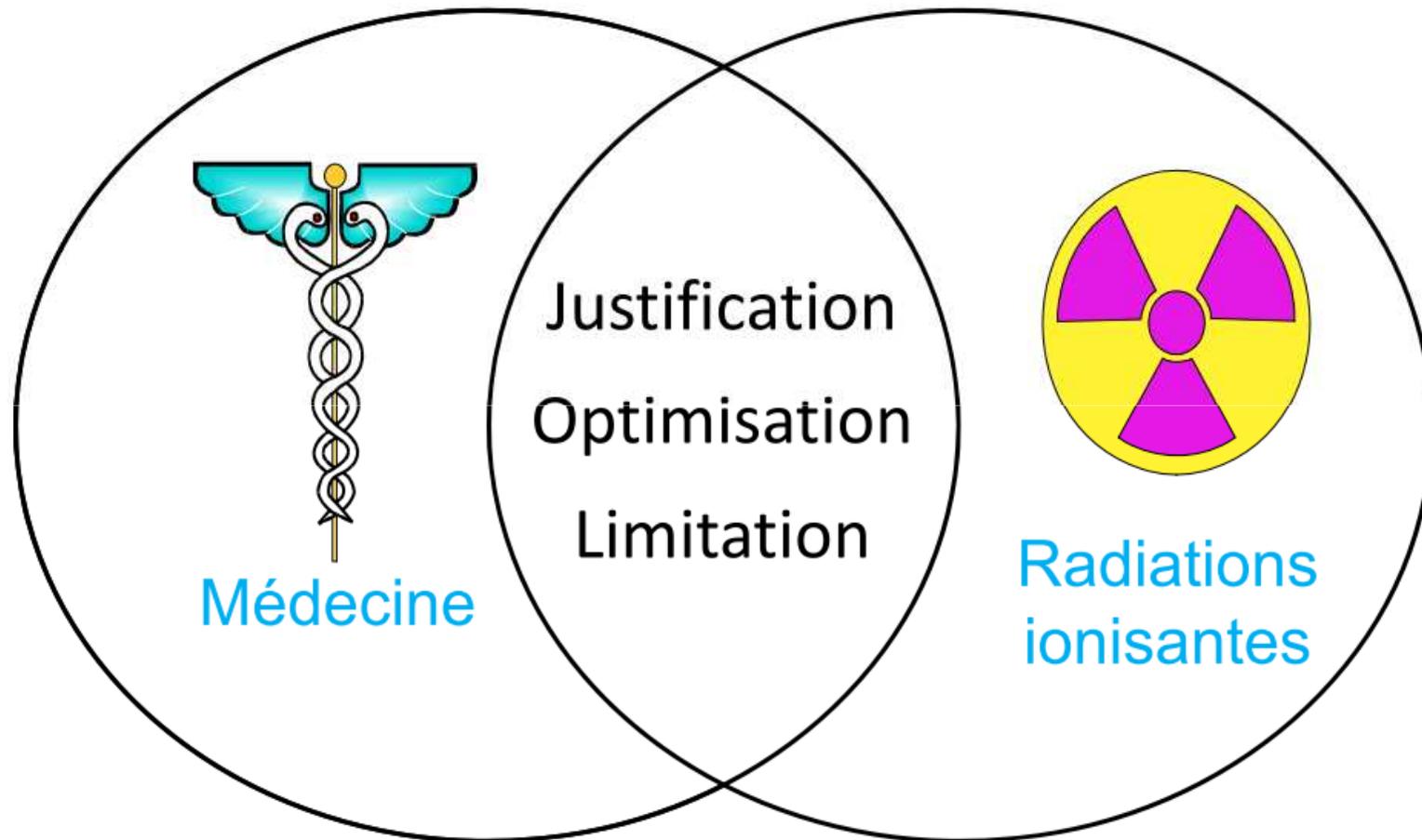
Station de préparation pour radioisotopes



Résultats dosimétriques d'un service de médecine nucléaire

Résultats dosimétriques	PERIODE	PERIODE	PERIODE
	2010	2011	2012
NOMBRE DE TRAVAILLEURS EXPOSES	13	13	13
NOMBRE DE DEPASSEMENTS DE DOSE SUR 12 MOIS CONSECUTIFS GLISSANTS	0	0	0
DOSE MINIMALE ANNUELLE (mSv)	0	0	0
DOSE MAXIMALE ANNUELLE (mSv)	4,79	3,51	4,15
DOSE ANNUELLE MOYENNE (mSv)	1,68	1,47	1,8

En conclusion



En conclusion



Les images médicales ne sont pas des photos de vacances