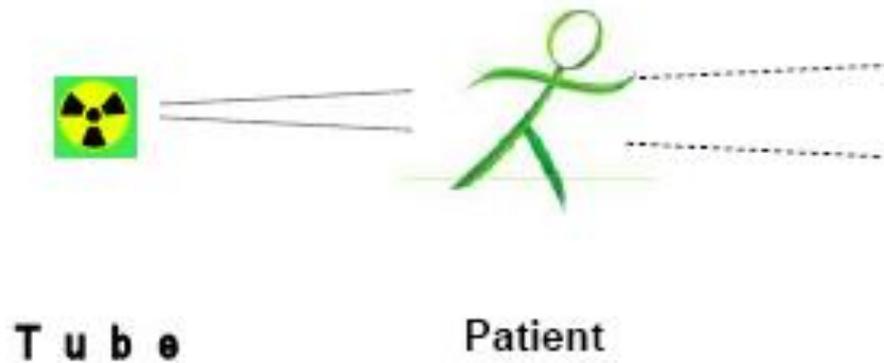


La radioprotection du patient :

quelques aspects pratiques

-scanner et médecine nucléaire-

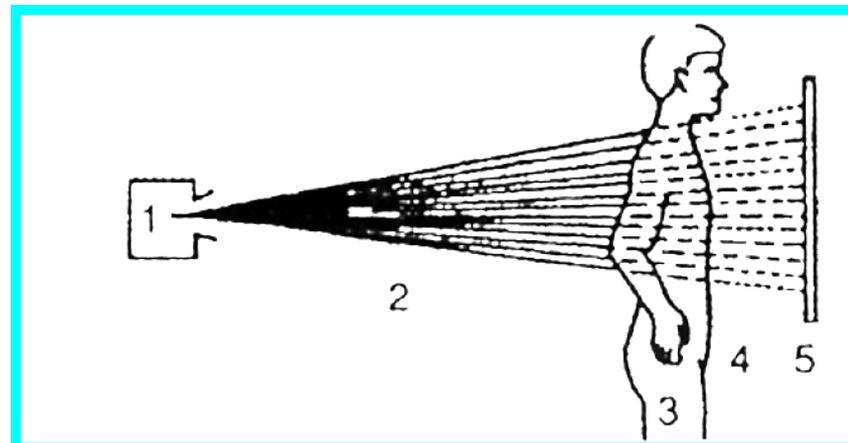
Radiodiagnostic



Imagerie de transmission

En radiologie conventionnelle

1. Tube radiogène produisant des rayons X
2. Faisceau incident homogène
3. Patient atténuant le faisceau
4. Faisceau résiduel
5. Système de réception du faisceau résiduel

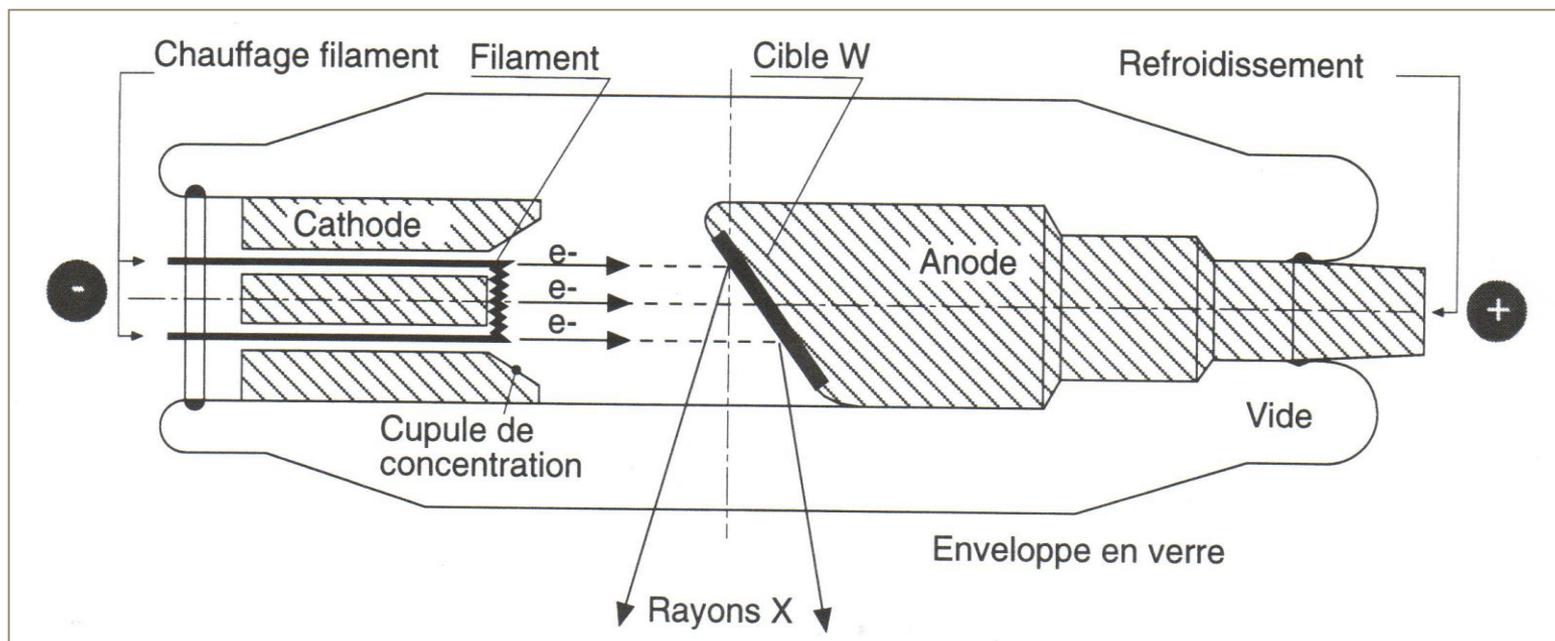


Paramètres généraux de l'irradiation :

Quelle que soit la technique, la dose de rayons X délivrée par un tube répond à l'équation de base de l'émission des rayons X, et on peut considérer que la dose, exprimée en Gray, est :

- proportionnelle à l'intensité du courant traversant le filament, exprimée en milliampères (mA) et à la durée d'émission, exprimée en secondes (s), donc évoluant linéairement avec les mAs.
- proportionnelle au carré de la tension appliquée au tube exprimée en KV
- inversement proportionnelle au carré de la distance tube - récepteur,

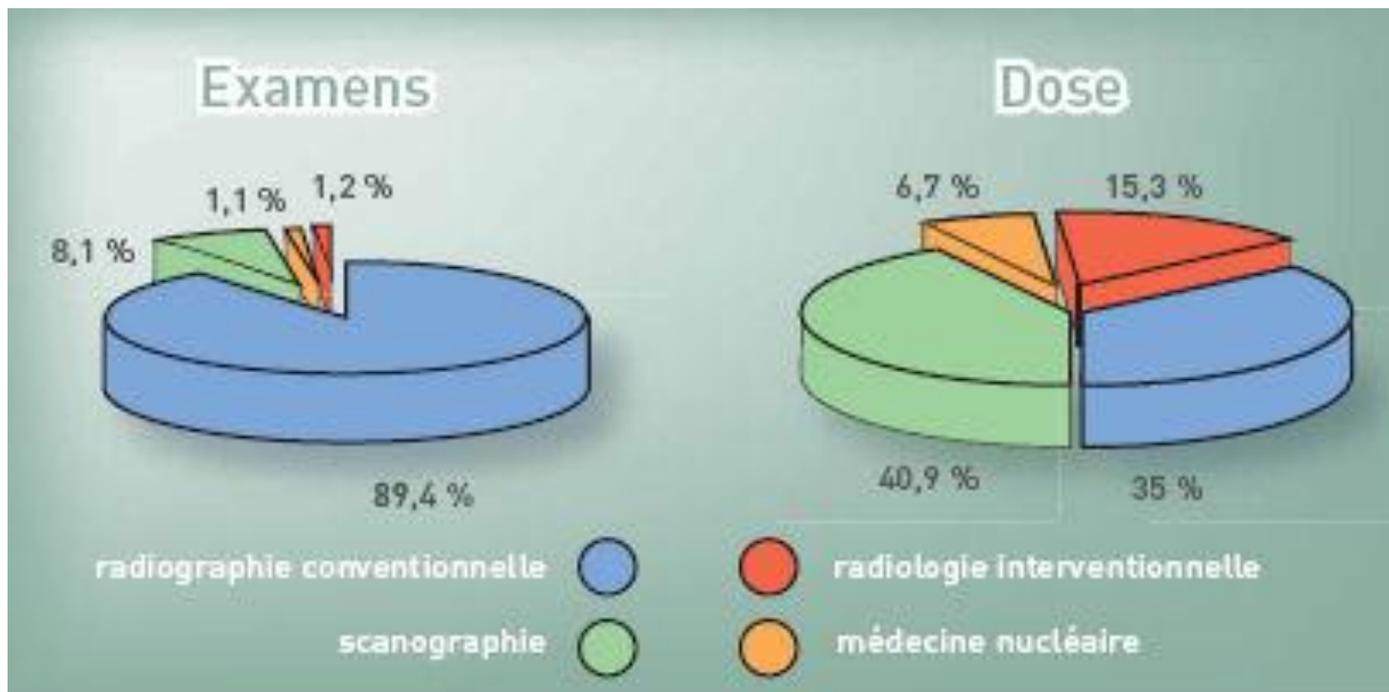
Le tube radiogène



Sur le plan radioprotection toujours privilégier les kV aux mAs

Au scanner

- Examen irradiant
- Facile à réaliser
- Rapide
- Attention aux doses !

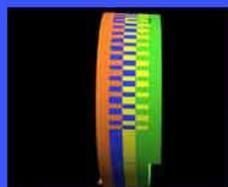


Au scanner

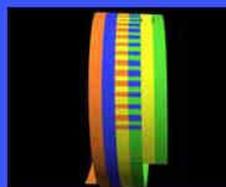
Le pitch

Paramètres influençant la dose

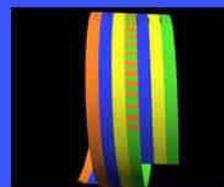
En acquisition volumique, pour une même $CTDI_{wA}$, la dose reçue par le patient peut être très différente.



Dose_{p0,25}: x4



Dose_{p0,5}: x2



Dose_{p0,75}: x1,33



Dose_{p1} = 1



Dose_{p1,25}: x0,8



Dose_{p1,5}: x0,66



Dose_{p1,75}: x0,57



Dose_{p2}: x0,5

Au scanner

Les kV

Paramètres influençant la dose

mAs eff. 100

CARE Dose4D

kV 80

CTDIvol 2.60 mGy

- Dose / 3 soit -66 %

mAs eff. 100

CARE Dose4D

kV 100

CTDIvol 5.00 mGy

- Dose / 1,56 soit -36 %

mAs eff. 100

CARE Dose4D

kV 120

CTDIvol 7.80 mGy

- Dose x 1 soit +0 %

mAs eff. 100

CARE Dose4D

kV 140

CTDIvol 11.30 mGy

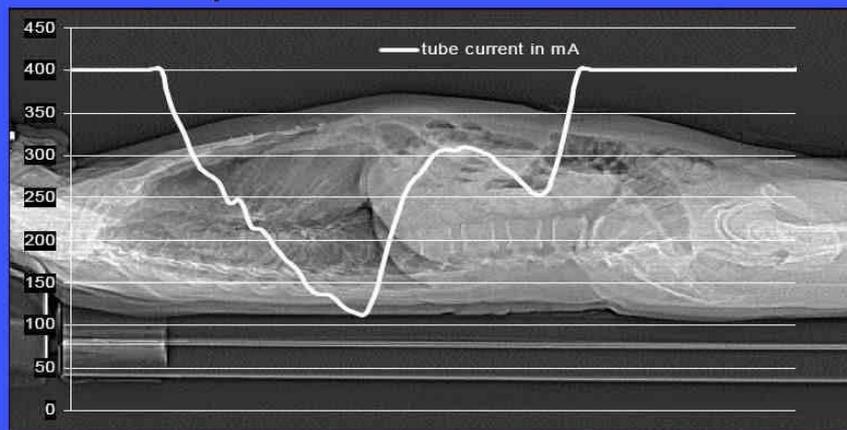
- Dose x 1,45 soit + 45%

Au scanner

Care dose

Dispositifs de réduction de dose

- mAs adaptés au patient et à la région anatomique



Au scanner

REDUCTION DE LA DOSE PAR :

- Longueur des spires
- Nombre de spires
- Pitch
- Constantes

Médecine nucléaire

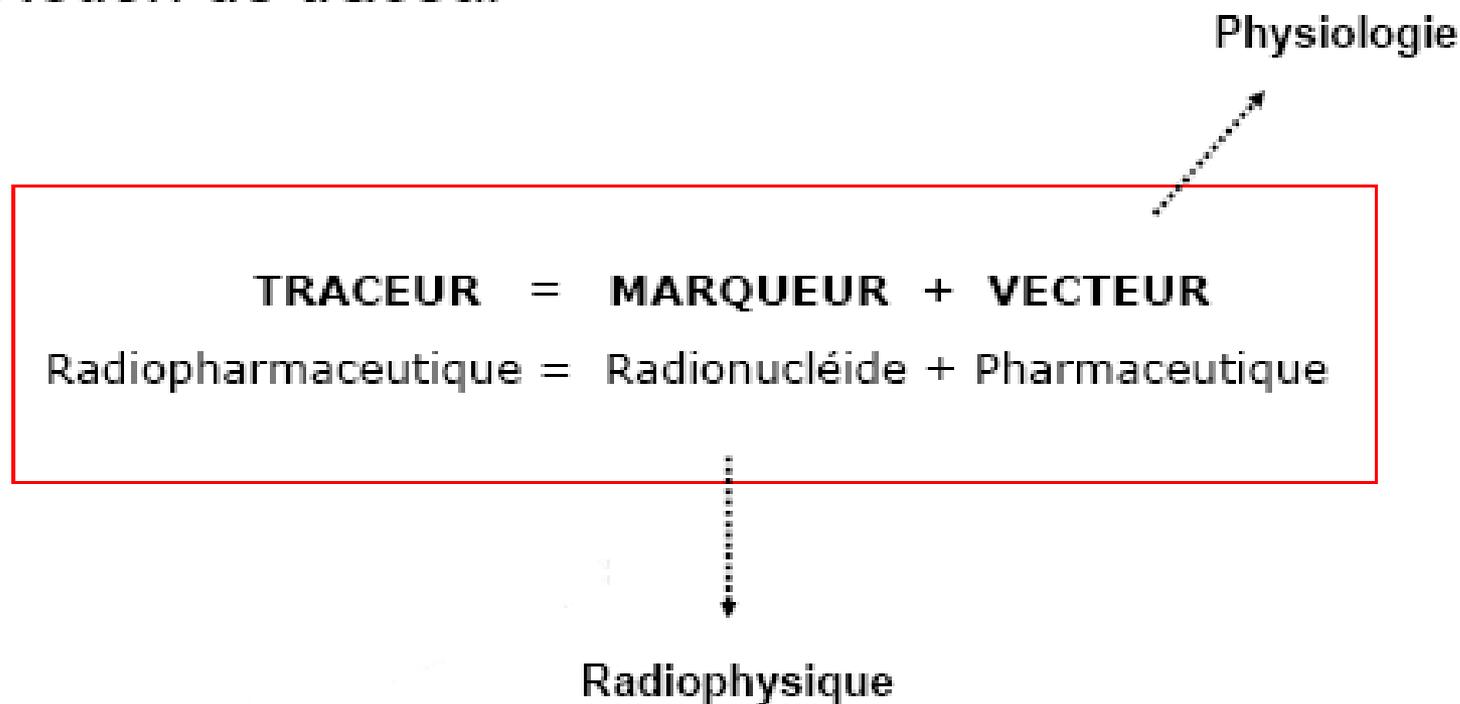


Patient



Imagerie d'émission

■ Notion de traceur



■ Le marqueur

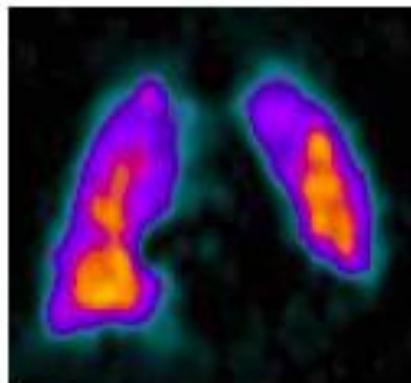


- Rayonnement
- Énergie
- $\frac{1}{2}$ vie physique

■ Plusieurs sortes d'examens :



Tc99m - DTPA



Tc99m - MAA



Tc99m - DPD

- Le vecteur



- Bio cinétique

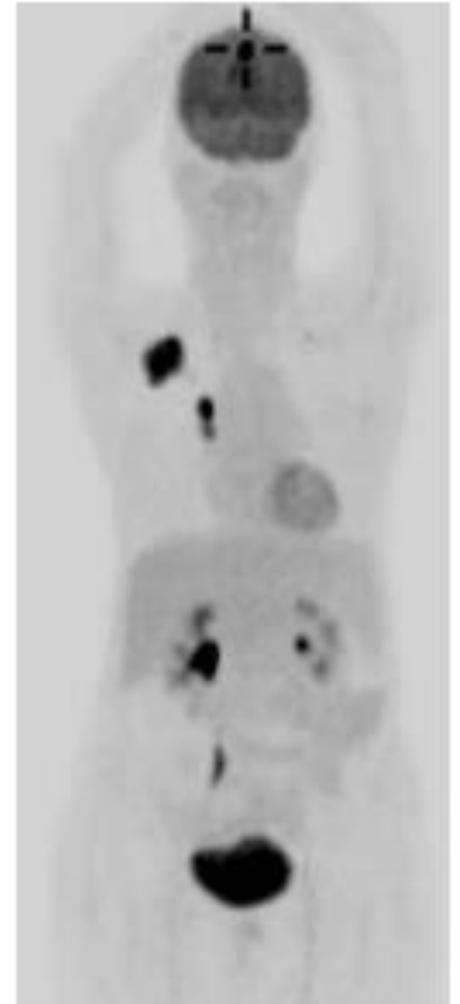
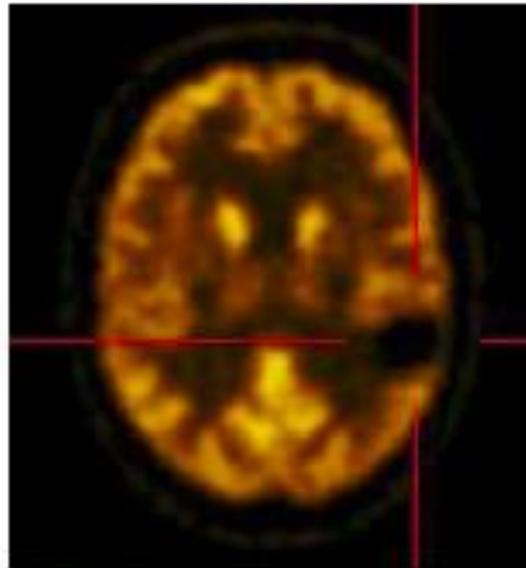
- Distribution

- $\frac{1}{2}$ vie

■ Période effective du traceur

$$T_{\text{eff}} = \frac{T_{\text{phy}} \times T_{\text{biol}}}{T_{\text{phy}} + T_{\text{biol}}}$$

- Paramètres biologiques de l'incorporation :



Quelle dose au patient ?

Le système « Diamentor » comporte une chambre d'ionisation placée à la sortie du tube et associée à une unité d'édition, qui indique pour chaque cliché la dose en PDS en mGy.cm^2 et le temps d'exposition.



- Paramètres pour le calcul de la dose délivrée par un traceur radioactif :
 - Nature du rayonnement
 - Période effective du traceur
 - Activité injectée...



Paramètres pour le calcul de la dose au patient

- Source des données pour le calcul :
publications CIPR 53 et 80
- Exemples de dose (adulte 70 kg)
 - Scintigraphie osseuse
(Tc-99m-DPD: 10 MBq/kg).....3,99 mSv
 - Perfusion pulmonaire
(Tc-99m-MAA: 2MBq/kg).....1,54 mSv
 - Scintigraphie myocardique au stress
(Tc-99m-sestamibi: 5MBq/kg).....2,77 mSv
 - Scintigraphie myocardique au repos
(Tc-99m-sestamibi: 10MBq/kg).....6,30 mSv

Réduction de la dose en médecine nucléaire

1. La justification

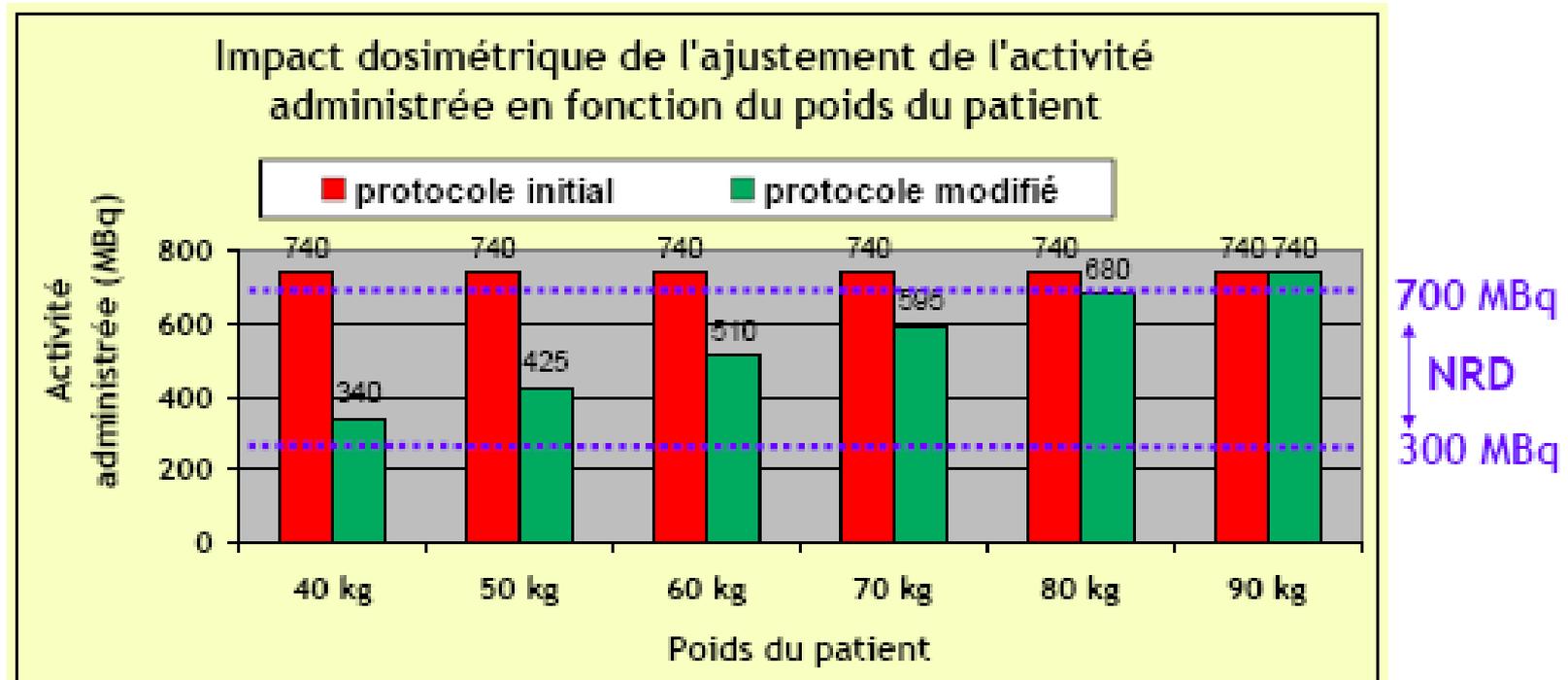
Réduction de la dose en médecine nucléaire

2. Optimisation

- Quantité de radioactivité injectée
(poids patient)
- Choix du radionucléide : type de rayonnement émis (rayonnement β en cas de radiothérapie métabolique, période)
- Choix du traceur : période effective
- Adéquation avec le matériel
- Organiser l'information du patient (hydratation, élimination)

Exemple significatif d'optimisation en médecine nucléaire (1)

- Démarche d'optimisation par **modification du protocole clinique pour la scintigraphie du squelette**



➔ jusqu'à 54 % d'activité administrée en moins

Exemple significatif d'optimisation en médecine nucléaire (2)

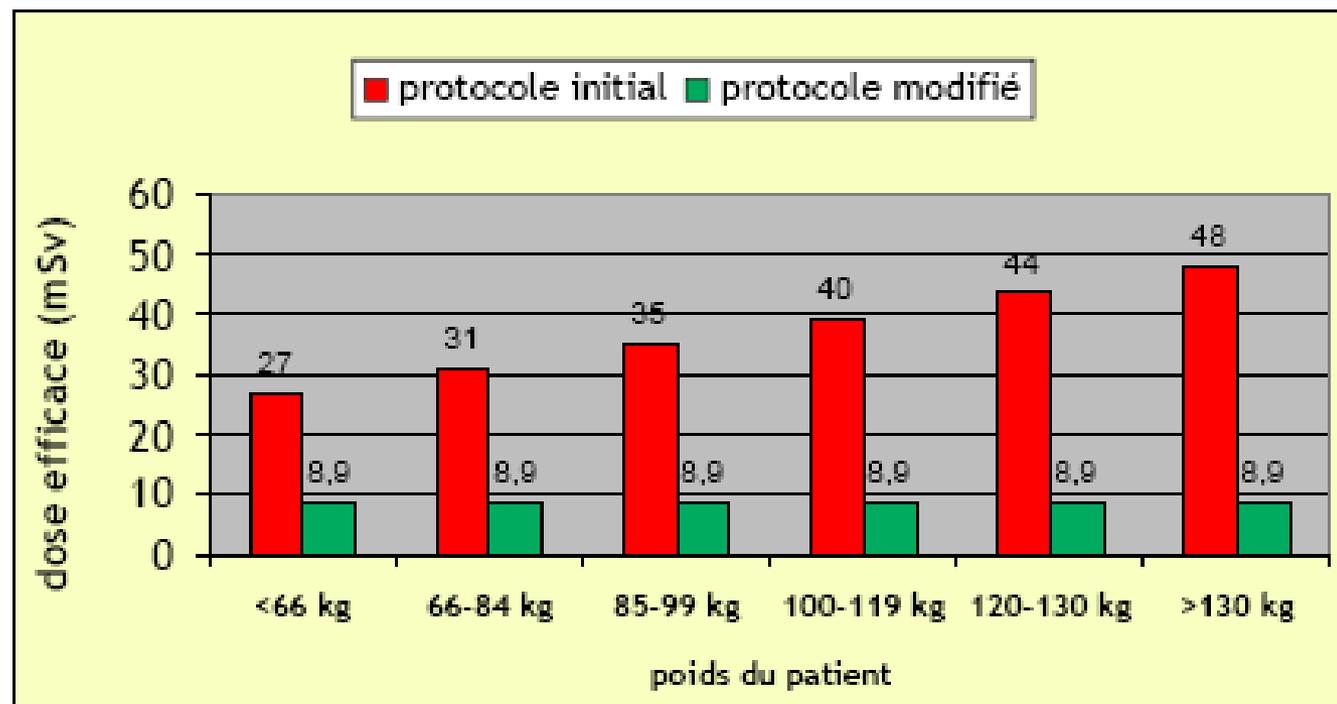
- Démarche d'optimisation par **modification du protocole clinique pour la scintigraphie myocardique**

		Protocole initial (2 injections sur 1 jour)	Protocole modifié (2 injections sur 2 jours)
Injection au repos	Radionucléide	^{201}Tl	$^{99\text{m}}\text{Tc}$
	Activité moyenne	111 MBq	555 MBq
Injection à l'effort	Radionucléide	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$^{99\text{m}}\text{Tc}$
	Activité moyenne	740 MBq	555 MBq

↑
Visite de l'Autorité de Sûreté Nucléaire

Exemple significatif d'optimisation en médecine nucléaire (3)

- Démarche d'optimisation par **modification du protocole clinique pour la scintigraphie myocardique**



➔ Réduction de la dose efficace d'un **facteur 5**

TABEAU 7-1. ORDRE DE GRANDEUR DES DOSES DÉLIVRÉES À L'UTÉRUS PAR LES CLICHÉS STANDARD (EN MGY).

INCIDENCES	DOSE À L'ENTRÉE	DOSE À MI-ÉPAISSEUR
Rachis lombaire de face	15	1,5
Rachis lombaire de profil	30	2,5
Abdomen sans préparation	12	1,5
Bassin de face	12	1,5
Pelvimétrie	50	6
Urographie intraveineuse (10 clichés)	100	12
Lavage baryté (10 clichés)	120	15
Artériographie abdomen et membres inférieurs	200	15

TABEAU 7-2. ORDRE DE GRANDEUR DES DOSES DÉLIVRÉES AU VOLUME EXPLORÉ ET À L'UTÉRUS PAR LES EXAMENS TOMODENSITOMÉTRIQUES (EN MGY, POUR UNE SEULE SÉRIE).

RÉGION EXPLORÉE	DOSE AU VOLUME	DOSE À L'UTÉRUS
Tête	40	< 0,01
Thorax	15	0,1
Abdomen (pelvis non exploré)	20	5
Pelvimétrie TDM	3	3
Pelvis	25	25
Rachis lombaire (sans inclinaison statif)	15	10

TABLÉAU 7-3. ORDRE DE GRANDEUR DES DOSES DÉLIVRÉES À L'ENFANT PAR LES EXPLORATIONS DE MÉDECINE NUCLÉAIRE RÉALISÉES CHEZ LA MÈRE.

RADIO-ÉLÉMENT	EXAMEN	ACTIVITÉ ADMINISTRÉE À LA MÈRE (EN MBq)	DOSE REÇUE PAR L'ENFANT DÉBUT DE GROSSESSE (mSv)	DOSE REÇUE PAR L'ENFANT FIN DE GROSSESSE (mSv)
^{99m}Tc	scintigraphie osseuse	750	5	2
^{99m}Tc	perfusion pulmonaire	200	0,5	0,8
^{99m}Tc	ventilation pulmonaire	40	0,2	0,1
^{99m}Tc	thyroïde	400	4	4
^{99m}Tc	fonction rénale	750	7	4
^{67}Ga	abcès, tumeur	190	16	25
^{123}I	captation thyroïdienne	30	0,5	0,3 (30 mGy à la thyroïde)
^{111}In	recherche métastases	40	3	11 (30 Gy à la thyroïde)

Conduite à tenir en cas d'examen à réaliser chez une femme enceinte ou susceptible de l'être

Conduite à tenir pragmatique fondée sur les recommandations de la CIPR

1. Pas de retard de règles mais peut être début de grossesse

- approbation de l'indication par le radiologue
- informer la patiente de l'absence de danger réel pour une grossesse en phase préimplantatoire (dans les deux dernières semaines du cycle : loi du tout ou rien)

Conduite à tenir en cas d'examen à réaliser chez une femme enceinte ou susceptible de l'être

2. Retard de règles : grossesse avérée ou probable

Deux possibilités :

- décision thérapeutique peut être différée = examen reporté après l'accouchement, avec accord du médecin prescripteur et de la patiente
- examen radiologique nécessaire = réalisé avec accord entre le radiologue et le médecin prescripteur et avec accord de la femme

Le radiologue reçoit la patiente (et sa famille) et l'informe

Relevé PDS ou PDL noté sur CR

Noter la dose de radionucléide injectée

Conduite à tenir femme enceinte

1. Reconnaître la grossesse : interrogatoire +++
2. Adapter la technique

**CIPR 84 : absence de risque
tératogène < 100 mGy**

Femme en âge de procréer

Des interrogations sur l'opportunité d'être enceinte après un examen ou un traitement de médecine nucléaire peuvent survenir.

La CIPR recommande de reporter le début de grossesse éventuel jusqu'à ce que la dose résiduelle au fœtus apportée par le radiopharmaceutique soit inférieure à 1 mGy.

Ceci est rarement pris en compte sauf pour la thérapie par l'iode 131, car sa longue période et son temps de résidence élevé amènent à **différer une éventuelle grossesse de 6 mois.**

Femme enceinte

- La présence de radionucléides dans le corps de la mère participe à l'exposition du fœtus. Pour de nombreux radiopharmaceutiques, une hydratation importante et des mictions fréquentes permettent alors de réduire la dose au fœtus après administration.
- L'irradiation du fœtus provient de l'irradiation externe du fait de la présence de radioactivité dans les tissus et organes de la mère ainsi que, parfois, du passage du radiopharmaceutique à travers la barrière placentaire et de sa distribution dans le corps du fœtus. Les propriétés physiques, chimiques et biologiques du radiopharmaceutique sont des paramètres essentiels de l'éventuel passage placentaire.
- L'utilisation d'activités administrées plus faibles et de temps d'acquisition plus longs permet de réduire la dose au fœtus. Ceci est possible si la patiente n'est pas trop nauséuse et peut rester immobile. Parfois, le protocole de l'examen et le choix du radiopharmaceutique peuvent être adaptés pour réduire la dose au fœtus.

Exemple pratique : Recherche d'EP chez une femme enceinte

- Dose reçue par l'utérus :
 - TDM thoracique = 0,2 mSv
 - Scinti perfusion/ventilation = 0,8 mSv
- Inférieure à la différence d'exposition naturelle annuelle selon les régions (~1 mSv)
- Aucun risque malformatif
- Augmentation hypothétique et extrêmement faible du risque de cancérogénèse

Thérapie à l'iode et grossesse

- La thérapie à l'iode est **hautement contre-indiquée** chez la patiente enceinte. L'iode traverse aisément la barrière placentaire et la thyroïde du fœtus devient fonctionnelle et capte l'iode à partir de 10 semaines de grossesse. Si un traitement de cancer thyroïdien doit être réalisé, il doit être reporté après la naissance. Dans ce cas, le médecin doit avoir à l'esprit que l'iode est excrété dans le lait maternel et que l'allaitement doit être interrompu après l'administration du radiopharmaceutique, le risque d'hypothyroïdie ou de cancer futur étant élevé.
- si la grossesse est méconnue :**
- Le plus souvent, la grossesse est précoce et le principal problème est l'exposition externe (par le rayonnement γ) au corps entier du fœtus liée à la concentration de l'iode dans la vessie de la mère. Au cours de la grossesse, la dose corps entier à l'embryon est comprise entre 50 et 100 mGy/MBq administré. Cette dose peut être réduite par une hydratation abondante de la mère et par des mictions fréquentes.
 - Si l'embryon est âgé de plus de 8 semaines (la thyroïde fœtale est fonctionnelle) et que la grossesse est découverte dans les 12 h après administration de l'iode, la prise par la mère de 60 à 130 mg d'iode stable (iodure de potassium) bloquera partiellement le fonctionnement de la thyroïde du fœtus et réduira la dose thyroïdienne. Au-delà de 12 h cette solution n'est plus efficace.

Allaitement

- certains radiopharmaceutiques peuvent être transférés à l'enfant via le lait maternel.
- L'interruption de l'allaitement pendant une période à définir en fonction du radiopharmaceutique est recommandée pour certains examens de médecine nucléaire.
- L'allaitement est habituellement interrompu pendant :
 - 3 semaines pour tous les radiopharmaceutiques à l'iode 131, sauf pour l'hippurate marqué, et après administration de gallium 67 ou thallium 201 ;
 - 12 heures d'interruption sont recommandées après administration d'hippurates marqués à l'iode et tous les produits technétiés (sauf hématies marquées, les phosphonates et DTPA)
 - 4 h d' interruption préconisée pour les hématies marquées, les phosphonates et DTPA

Cas particulier de l'enfant

Attention ++++

Plus vulnérable que l'adulte (cellules en croissance)

Espérance de vie longue : plus grande susceptibilité aux effets stochastiques

Risque du cumul des examens irradiants (plus d'effets déterministes)

Effets des faibles doses ???

Résister à la pression de la famille et du demandeur

ENFANT : exemple de calcul de dose

Il existe trois façons de calculer la dose à injecter à un enfant.

On peut le faire avec l'âge, le poids ou la surface corporelle.

- La méthode la plus connue est celle du calcul selon l'âge. Il s'agit de multiplier la dose adulte par le facteur $(\text{âge}+1)/(\text{âge}+7)$.
- Les deux autres méthodes sont surtout utilisées lorsqu'un enfant est plus grand ou plus petit que la moyenne (Tableau 1).

ENFANT : exemple de calcul de dose

$$\frac{(\text{adulte}) * (\hat{\text{age}} + 1)}{\hat{\text{age}} + 7}$$

$$\frac{(\text{adulte}) * (\text{poids Kg})}{70 \text{ Kg}}$$

$$\frac{(\text{adulte}) * (\text{surface corporelle m}^2)}{1.73 \text{ m}^2}$$

« adulte » : Il s'agit de la Dose adulte

ENFANT : Immobilisation

Pour ce qui est des moyens de contention, ils ne se résument pas seulement à la planche d'immobilisation.

Les parents ou les techniciennes peuvent immobiliser l'enfant. Dans certains cas, il est aussi efficace de divertir l'enfant par la télévision ou par des jouets qu'il aime.

Lorsque l'examen est fait sur un jeune bébé, il peut être intéressant de faire correspondre l'heure de la mise en images avec celle de la sieste ou juste après son biberon.

Cas particulier de l'enfant

- Utiliser au des moyens de contention
- Utiliser au des moyens de contention
- Si la famille aide au maintien : protection

Les contrôles de qualité

- Contrôle qualité des équipements
- Contrôle de qualité des équipements de développement des films