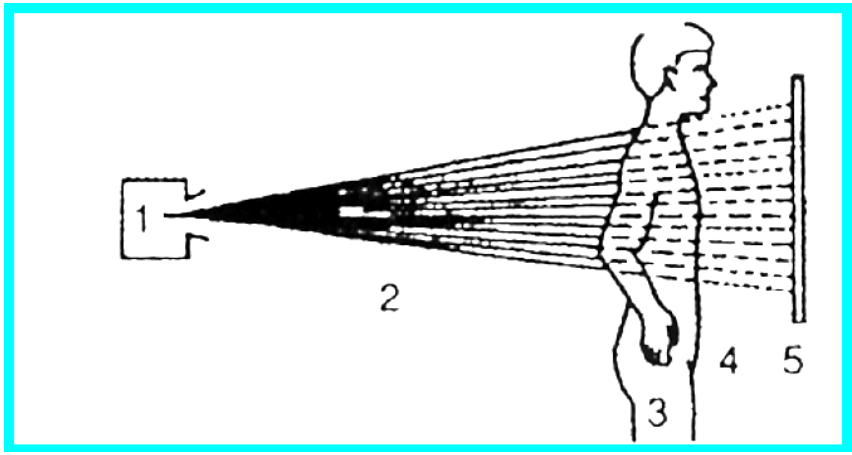
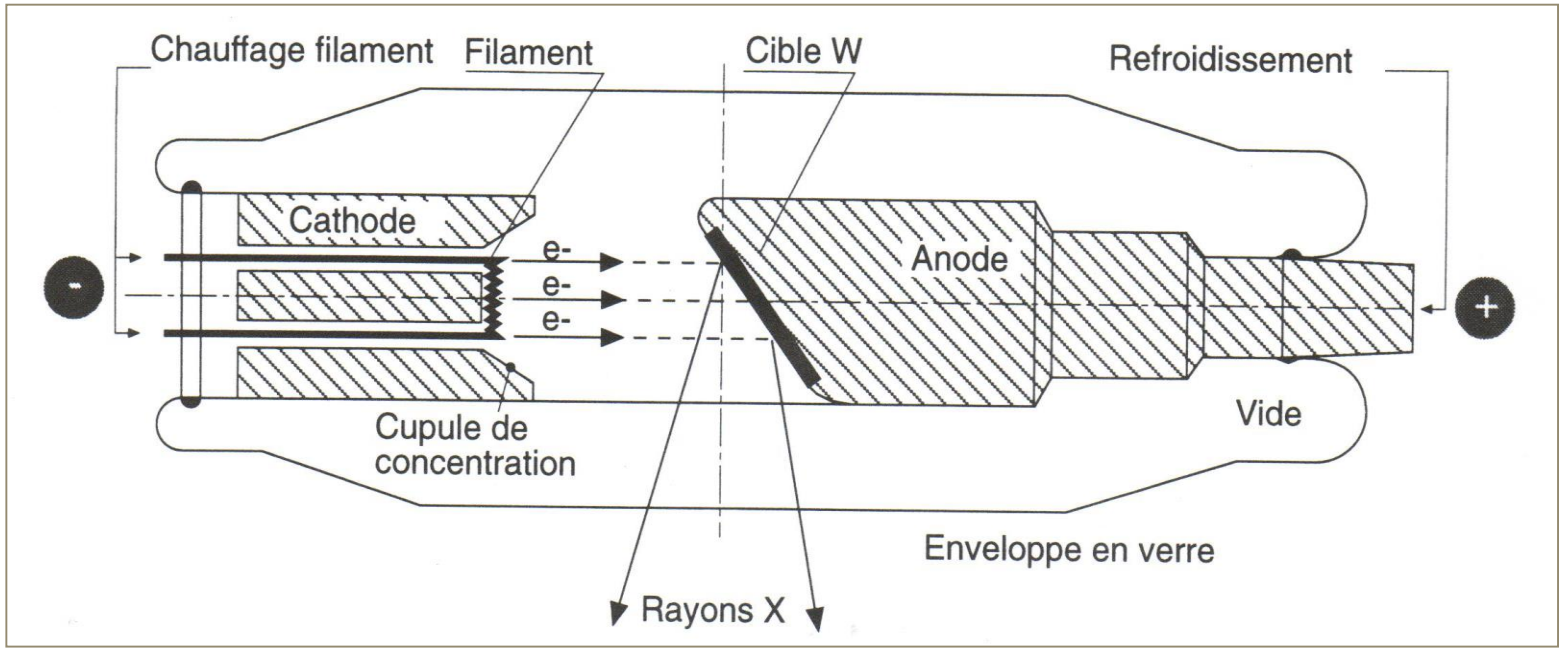
La radioprotection du patient : quelques aspects pratiques

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



Le tube radiogène

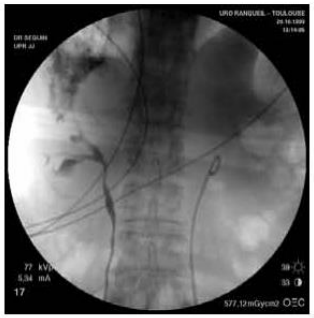


Au bloc opératoire

Utilisation de la radioscopie au bloc opératoire

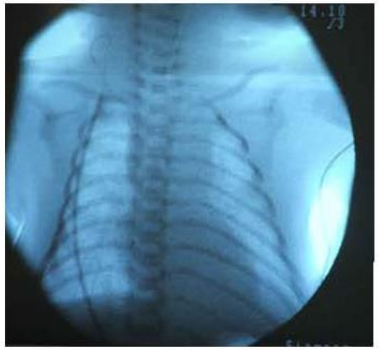
Gastro-entérologie

Traumatologie

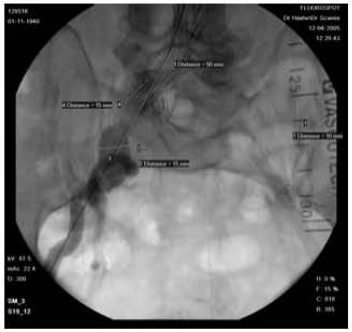


Urologie

Orthopédie



Pose de catheters



Vasculaire

Quelques données…

61 à 74 millions d'actes radiologiques en France (estimation 2002)

Environ 900 000 actes de radiologie interventionnelle, soit 1,5% du nombre total (*sources SAE, CNAMTS et GACI)*

19,2% de la dose totale (hypothèse basse)

Dose efficace moyenne par examen > 7,5 mSv (plus de 3 ans d'exposition naturelle) *Rapport IRSN/InVS sur l'exposition médicale de la population française aux rayonnements ionisants.2006)*

Évaluation bénéfice/ risque

- Réel bénéfice pour le patient
- Remplacent les interventions lourdes avec suites opératoires compliquées
- Voie d’abord en général par point de ponction
- Risque anesthésique diminué
- Durée moyenne de séjour courte
- Gain thérapeutique évalué
- Possibilité d’effets déterministes

Les équipements

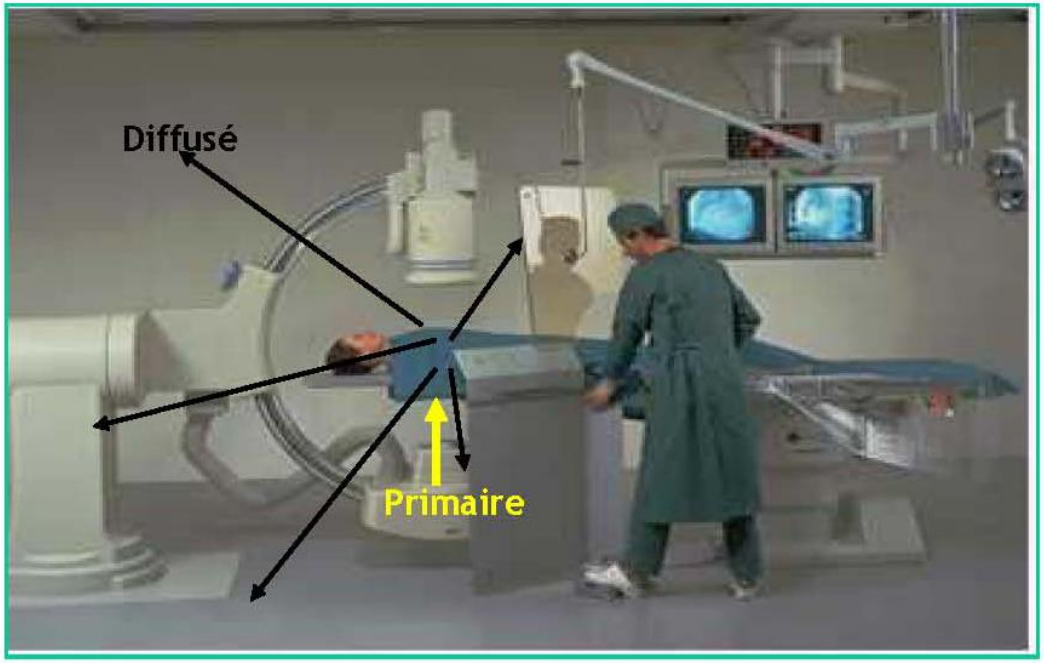
Les blocs opératoires sont équipés de deux types d'appareils de radiologie :

- Des amplificateurs de brillance, communément appelés «ampli», qui émettent un rayonnement discontinu pendant un temps variable, déterminé par la personne qui appuie sur la pédale de scopie.

- Appareils de radiographie mobile qui émettent des rayonnements continus pendant un temps donné très court, déterminé par la personne qui déclenche la prise de cliché.

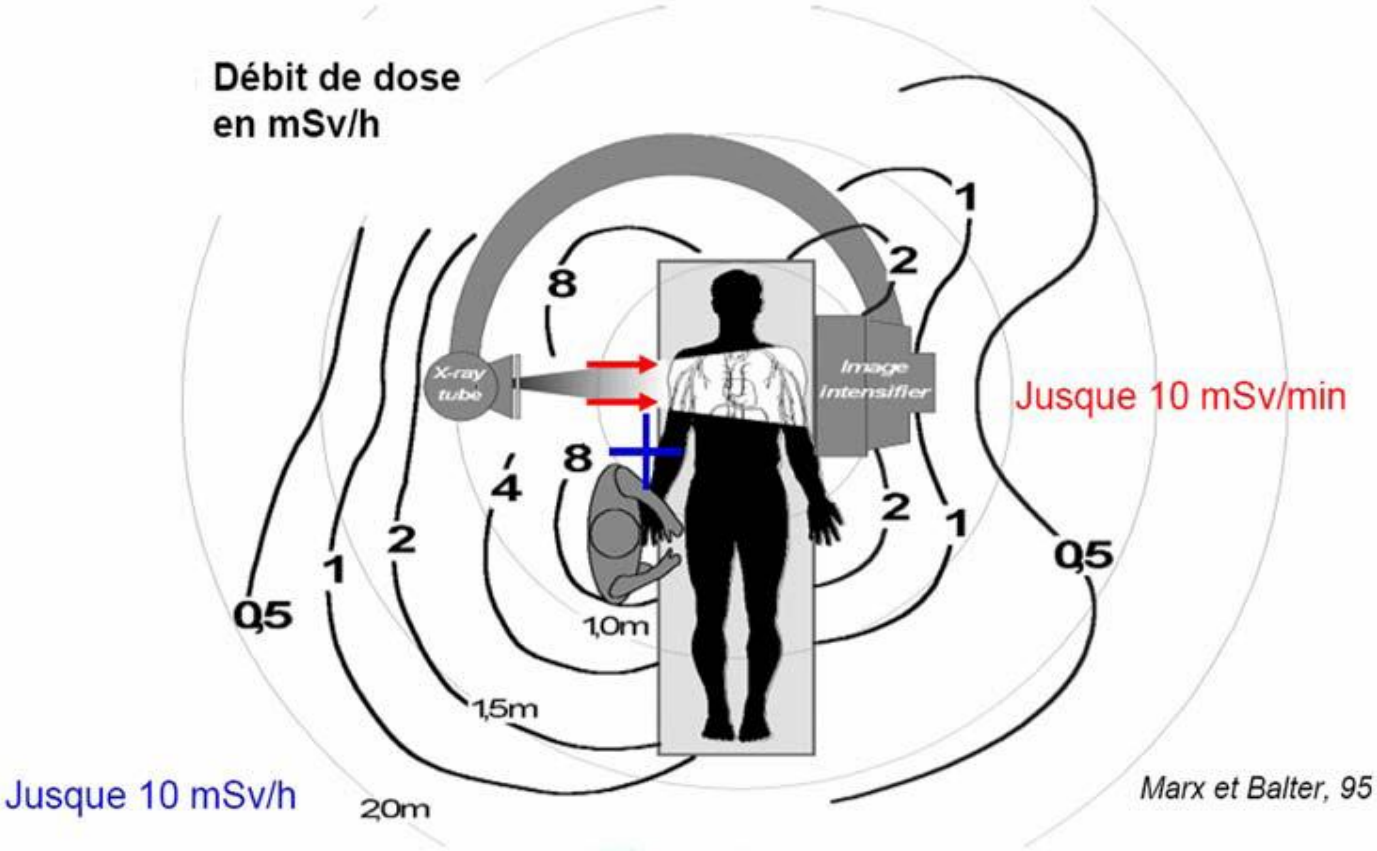
D’où viennent les rayons?

le rayonnement primaire est environ 1000 fois plus irradiant que le diffusé.



Rayonnement diffusé provenant du patient conduit à l’irradiation de l’opérateur

Où vont les rayons ?



Éléments intervenant sur l'exposition

Le récepteur : amplificateur de luminance/détecteur plan

Le patient : élément diffusant majeur

L'émetteur: le tube R.X

Les paramètres techniques intervenant sur l'exposition

La haute tension
L'exposition augmente comme le carré de la tension (kV)
L'intensité
L'exposition est proportionnelle à l'intensité (mA)
Le temps
L'exposition est proportionnelle au temps (s)
Le volume exposé (Épaisseur * dimension du champ)
L'exposition de l'opérateur augmente avec le volume exposé
La filtration du faisceau atténue la composante de faible énergie

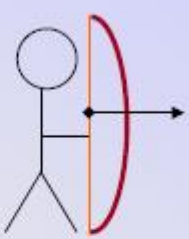
Les temps d ’emission de RX

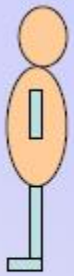
•Utilisation de la scopie: Quelques secondes à plus d ’une heure selon la pathologie et la difficulté (rythmologie par exemple)
•Acquisition de clichés (graphie): quelques images à plusieurs centaines , dose supérieure à la scopie

•Importance de la pratique et du contexte de chaque intervention

Influence des constantes

- La tension du tube (Énergie des rayons X):
  - Haute tension = dose petite
  (Corde tendue : flèche traverse rapidement)
  - Basse tension = dose importante
  (Corde détendue: flèche se plante dans tissus)

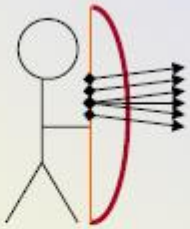




Manipulateur

Patient

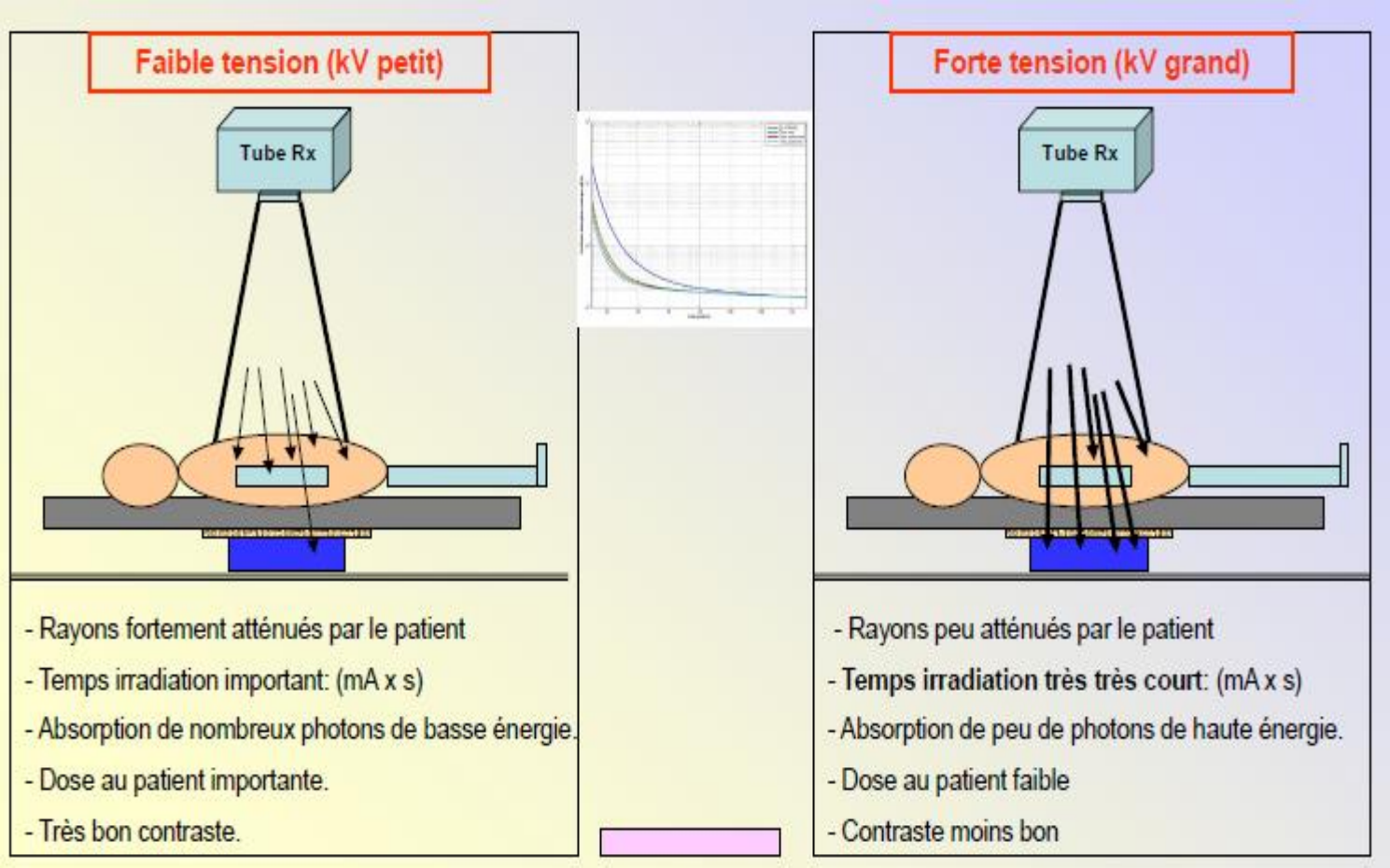
- La charge du tube: mAs (Quantité de rayons X):
  - Grande charge = dose importante
  (Multitude de flèche = beaucoup de dégâts)
  - Faible charge = dose faible
  (Peu de flèche = dégâts moindres)



Manipulateur

Patient

Influence des constantes



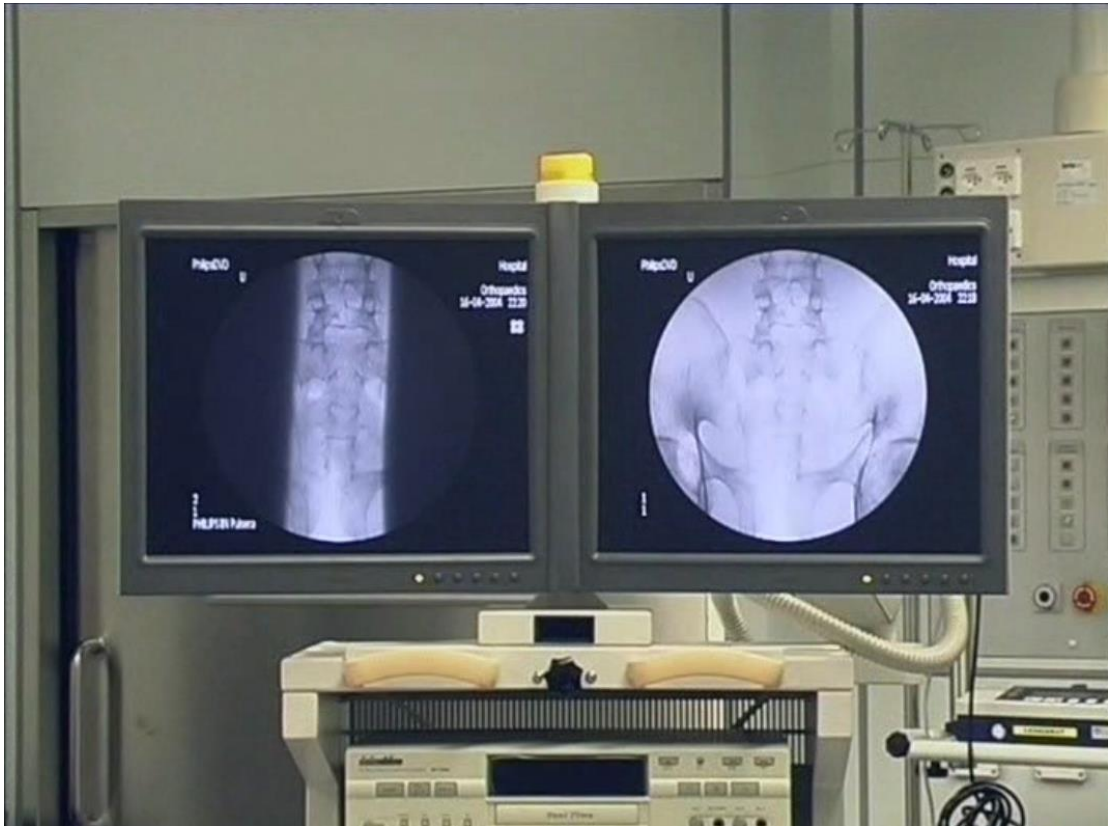
La notion de qualité d'image

Les paramètres techniques intervenant sur l'exposition

La dimension des champs (plus ils sont petits, plus le débit de dose augmente sur un amplificateur de luminance)
Les cadences d’images et le débit utilisé
L’utilisation des collimateurs et diaphragmes qui permettent de limiter le champ d’examen

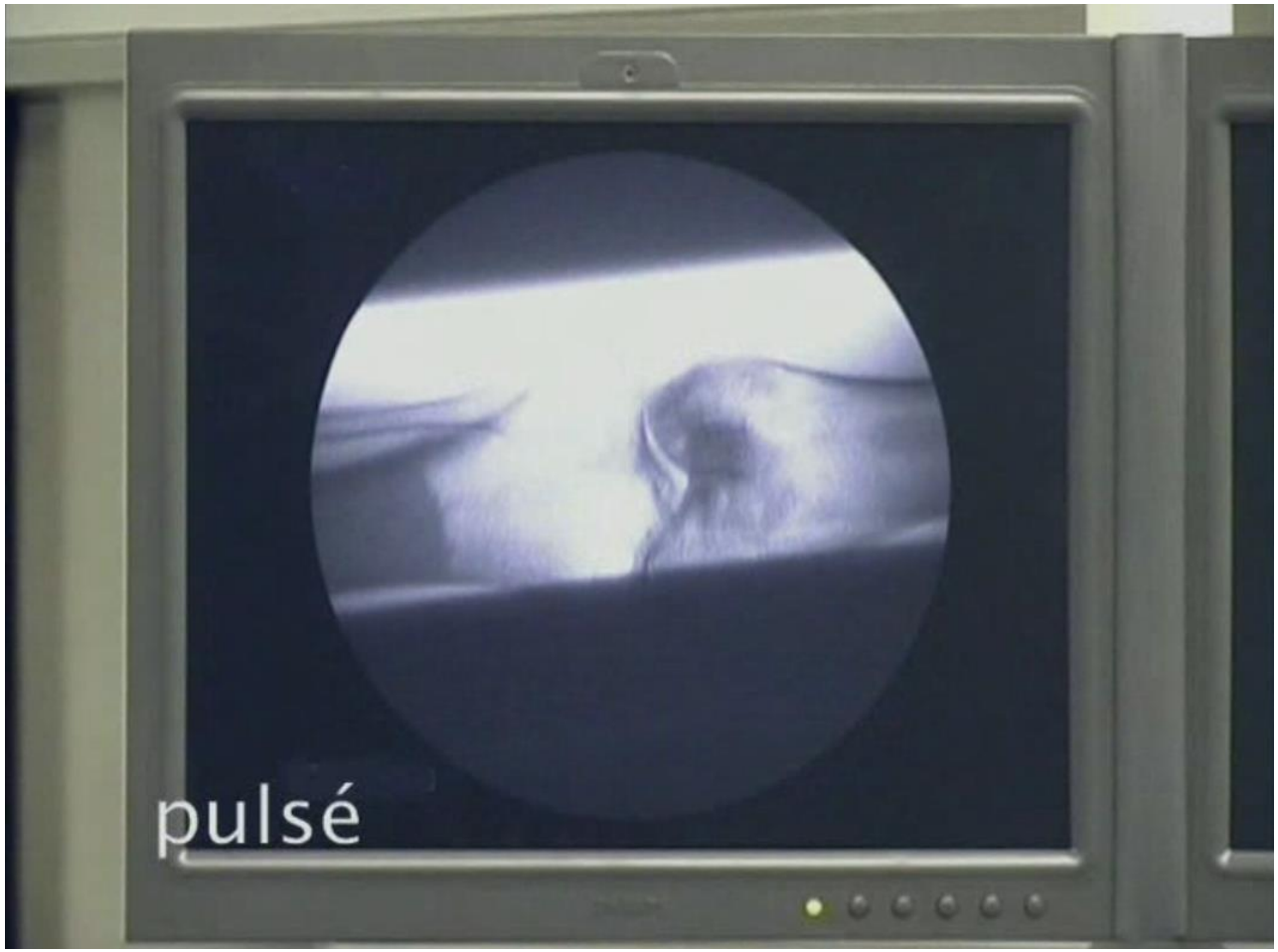
Au bloc opératoire

Utiliser les diaphragmes



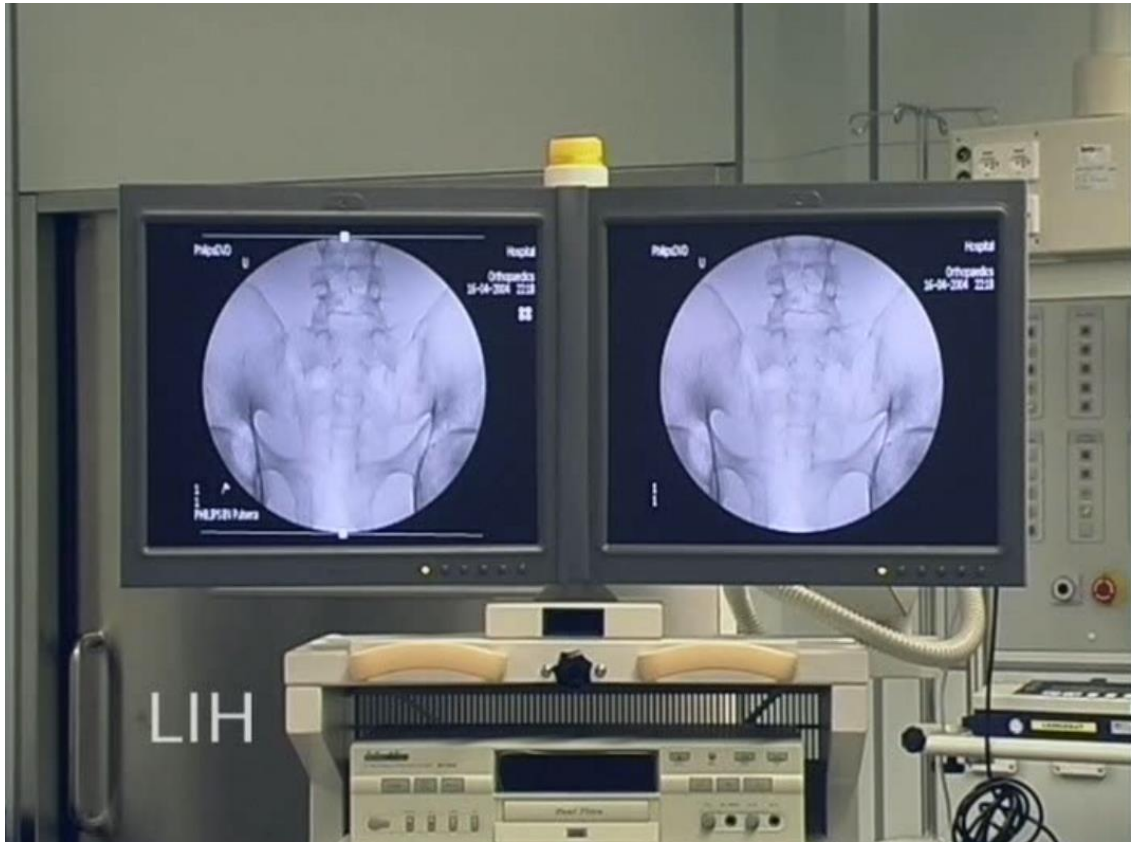
Au bloc opératoire

Utiliser la scopie pulsée



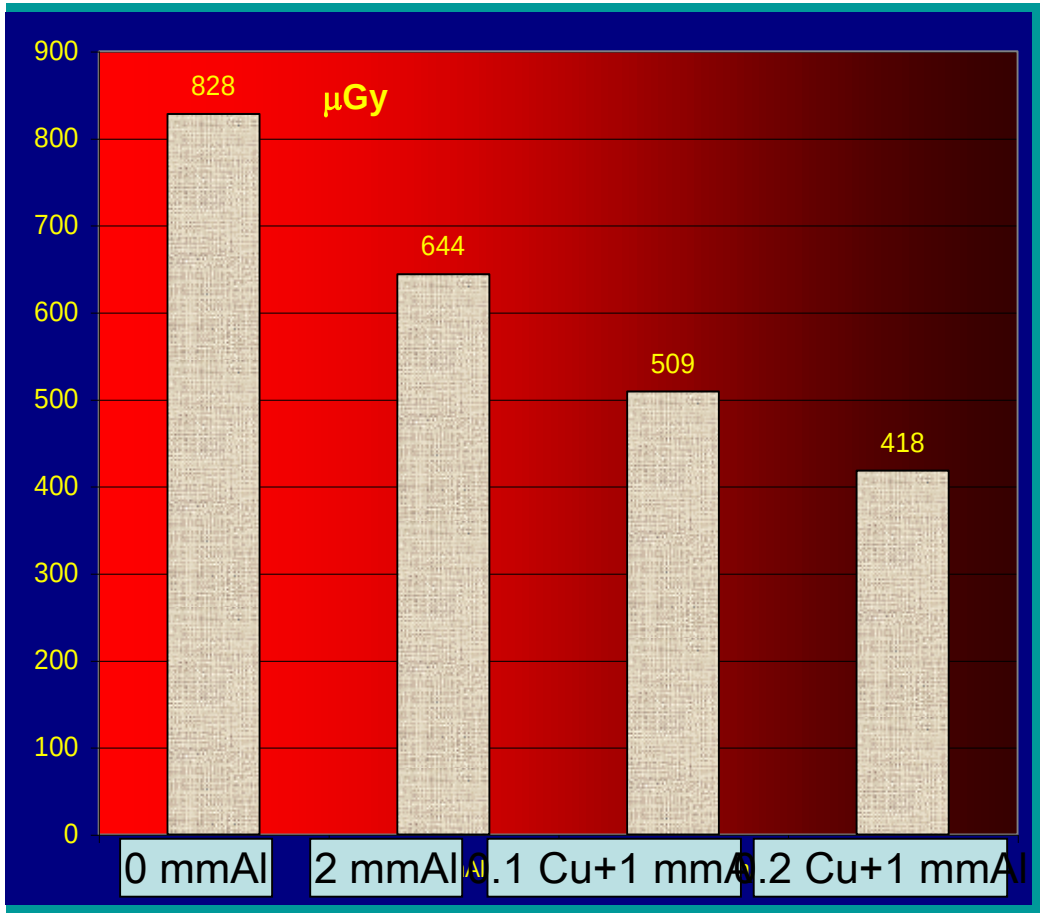
Au bloc opératoire

Utiliser le gel de l’image



Le faisceau incident : les filtres

Éliminent les rayons X de faible énergie qui n'atteignent pas le détecteur et qui irradient inutilement

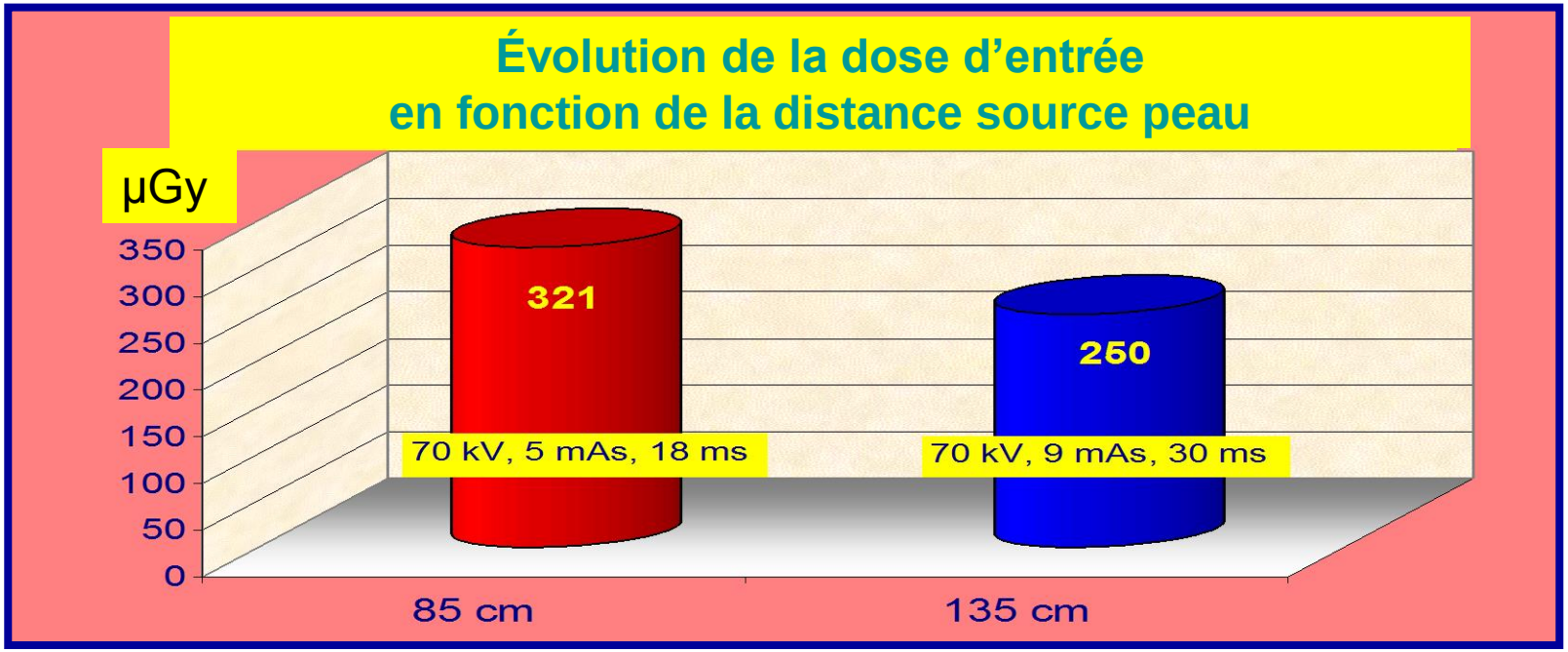


Au bloc opératoire

Rapprocher le détecteur du patient

Réalisation des clichés : effet distance

- Distance tube peau



Réalisation des clichés : effet distance

DISTANCE FOYER-RÉCEPTEUR

9,94 mGy	8,06 mGy	6,69 mGy
	↓ 18,9%	↓ 32,7%

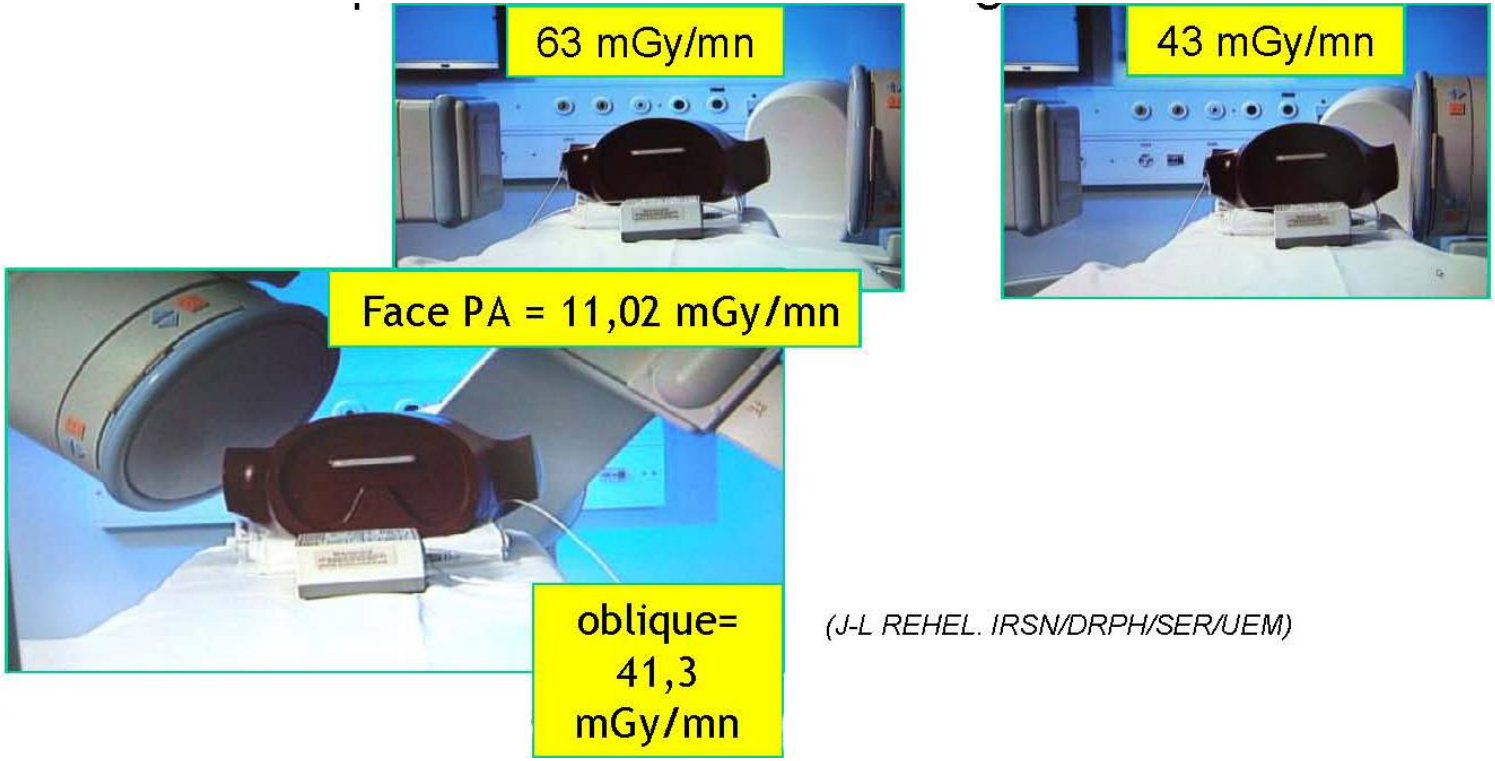
Mode opératoire

- Les mAs le plus bas possible.
- Les kV le plus haut possible.
- Le tube le plus loin possible du patient.
- L'ampli de brillance le plus près possible du patient.
- Limiter l'utilisation du zoom (zoom x 2 = dose x 4).
- Retirer la grille anti-diffusante :
  - pour les patients les moins corpulents,
  - quand l'ampli de brillance ne peut être près du patient.
- Procédures longues: réduire la dose à la peau en changeant les incidences.

Facteurs d'exposition

Liés au patient et à sa pathologie

- Sa morphologie (augmentation de l'intensité pour un même débit de dose en entrée d'amplificateur)
- Position par rapport au tube radiogène



(J-L REHEL. IRSN/DRPH/SER/UEM)

Facteurs d’exposition

Liés aux éléments techniques

- Grande disparité des équipements (certains très performants, d’autres obsolètes)
- Les PSRPM n ’interviennent qu’exceptionnellement dans ces secteurs d ’activité
- CQ des installations non réalisé, rapports de maintenance des équipements sommaires.
- Les constructeurs intègrent de plus en plus la prestation de CQI dans la maintenance

Les éléments liés à la pratique

- Expérience des opérateurs
- Qualification des utilisateurs
- Sensibilisation des équipes
- Utilisation d’options disponibles sur les équipements
- Formation à la radioprotection des patients

Protection du patient

- Seules les gonades doivent être protégées chaque fois qu’elles se trouvent àl’intérieur ou à proximité(moins de 5cm) du faisceau de rayonnement primaire à condition que cela ne compromette pas l’information diagnostique.

- La mise en place de protections plombées sur le patient dans le champ secondaire n'apparaît pas utile. En effet, le rayonnement diffuséaux organes vient essentiellement du patient lui-même.

Réalisation du cliché : protection du patient

- Protège gonades

Au bloc opératoire

Utiliser des moyens de protection plombé pour le patient

Réalisation du cliché : femme en age de procréer

- Informer : Souvent inquiétude disproportionnée au risque et conduite inadaptée
- Risques objectifs pour l'enfant à naître : très faibles

- **Une règle générale** : toujours interroger sur un éventuel état de grossesse à toutes les étapes de prise en charge (prise de RV, accueil, réalisation de l'acte)

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

Conduite à tenir femme enceinte

1. Reconnaître la grossesse : interrogatoire +++
2. Limiter l'examen aux incidences strictement indispensables
3. Adapter la technique (constantes, diaphragmes, compression, …)
4. Protection plombée

CIPR 84 : absence de risque tératogène < 100 mGy

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)

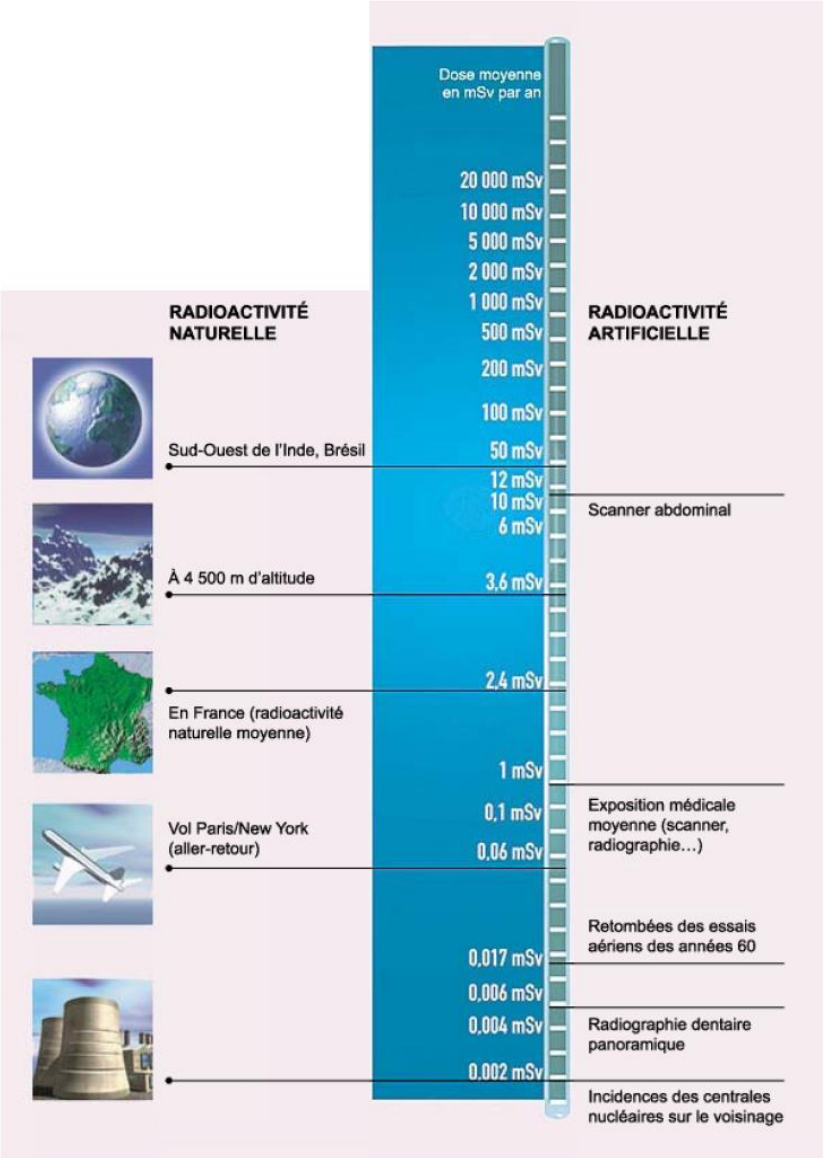
Effets des faibles doses ???

Résister à la pression de la famille et du demandeur

Les contrôles de qualité

- Contrôle qualité des équipements radiologiques (géométrie du faisceau, homogénéité, chaîne de scopie, …)
- Contrôle de qualité des équipements de développement des films

Comparaison des doses



Irradiation médicale

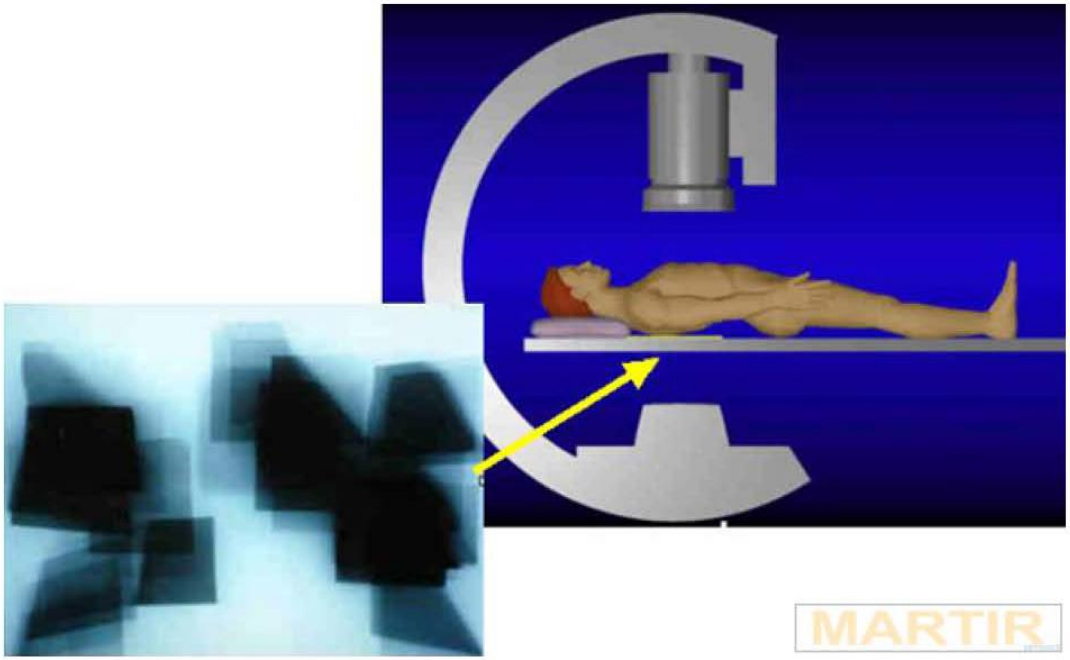
	dose efficace moyenne (mSv)	Nbre eq de clichés thoraciques	Durée eq exposition naturelle
Membres	Inf 0.01	Inf 0.5	Inf 1.5 jour
thorax	0.02	1	3 jours
lombaire	1.3	65	7 mois
hanche	0.3	15	7 semaines
bassin	0.7	35	4 mois
abdomen	1	50	6 mois
urographie	2.5	125	14 mois
Lavement baryté	7	350	3.2 ans
Scanner crâne	2.3	115	1 an
Scanner thorax	8	400	3.6 ans
Scanner abdo - pelvien	10	500	4.5 ans

Quelle dose au patient ?

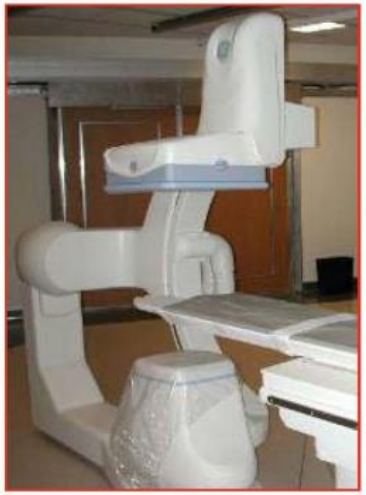
Le système « Diamentor » comporte une chambre d'ionisation placée à la sortie du tube et associée à une unité d'édition, qui indique pour chaque cliché la dose en PDS en mGy.cm² et le temps d'exposition.

Maîtrise de la dose

La dose au patient à considérer est la dose absorbée par la zone cutanée qui reçoit la dose maximum lors d'une procédure interventionnelle.



Radiologie interventionnelle



Incidence

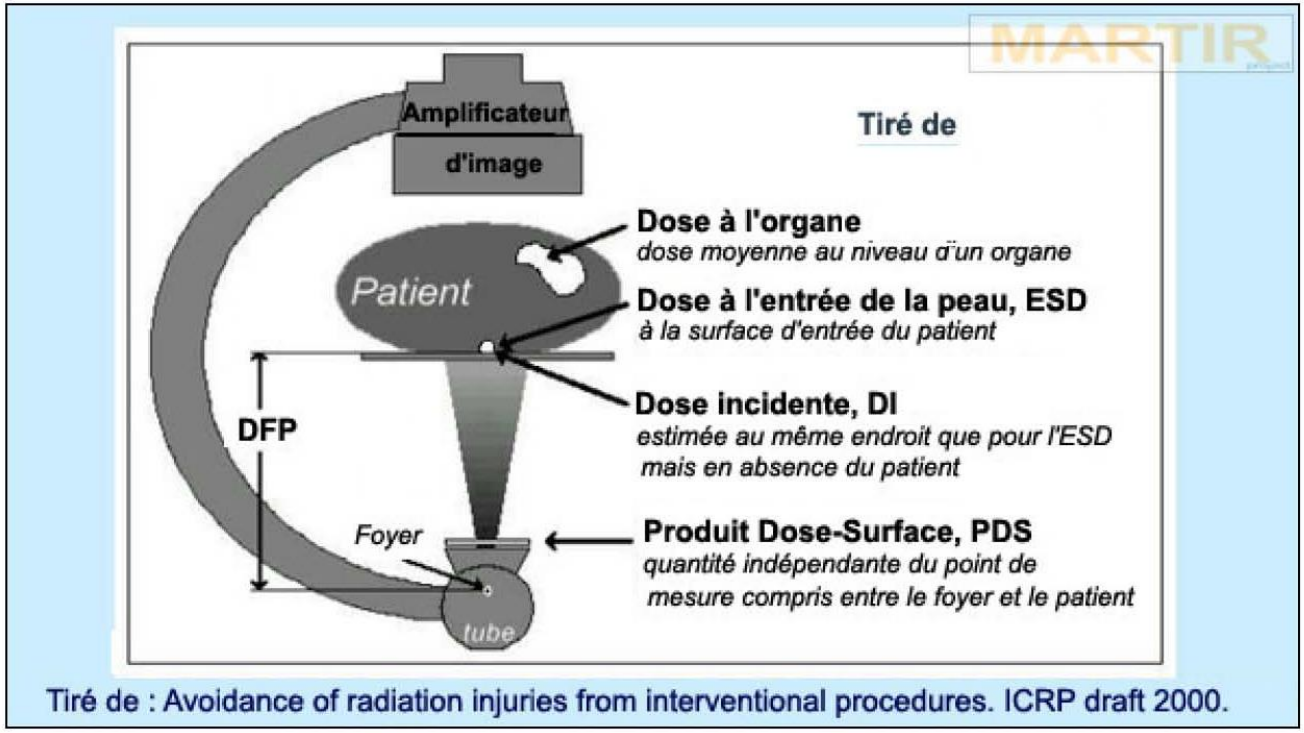
Institut Gustave Roussy, Villejuif

radionécrose après acte long à incidence constante
(coronarographies + angioplasties)

Au bloc opératoire

- Réduire les temps de scopie
- Penser à changer l'amplificateur de position pour répartir la dose peau

Grandeurs dosimétriques servant à décrire l'exposition du patient



Tiré de : Avoidance of radiation injuries from interventional procedures. ICRP draft 2000.

Difficulté de mesurer la dose

La mesure instantanée de l'ESD pourrait être une voie d'amélioration intéressante

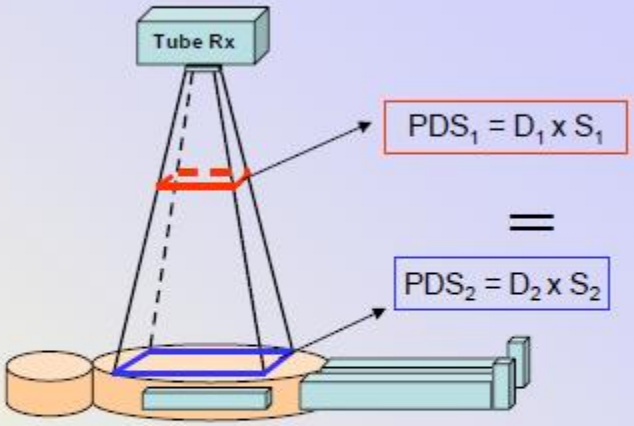
Estimation de la dose : le PDS

- PDS indépendant de l'endroit où l'on se trouve dans le faisceau.

- Au niveau du tube:
  - Chambre ionisation mesure la dose.
  - Surface connue grâce à la taille du champs d'irradiation.

→ **Calcul et affichage du PDS** en sortie du tube pour les paramètres (kV, et mAs) choisis.

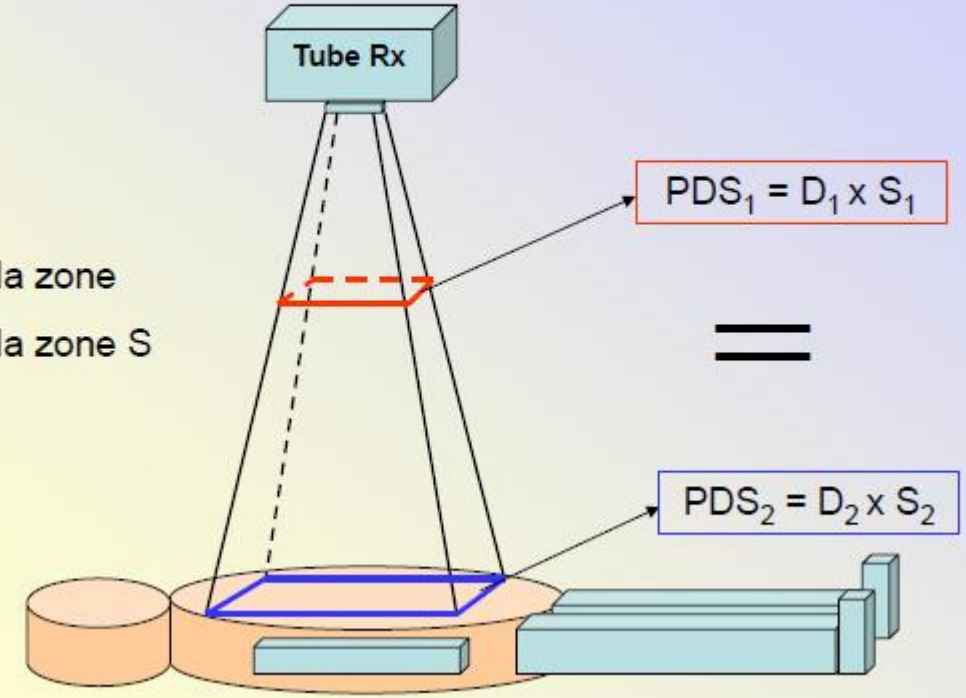
→ Déduction de la **dose efficace (=effective) moyenne** grâce aux tables.



Estimation de la dose : le PDS

- Intérêt:

- S: Surface de la zone
- D: Dose dans la zone S



Information dosimétriques et suivi du patient

- Arrêté du 22/09/06
- Décret 2004-547 => obligation de dispositifs d'évaluation de la dose sur les équipements

Report des PDS ou PDL (scanner) sur le compte-rendu de l'acte.

Assez bien appliqué en radiologie et cardiologie (cardioreport par exemple), rarement au bloc opératoire

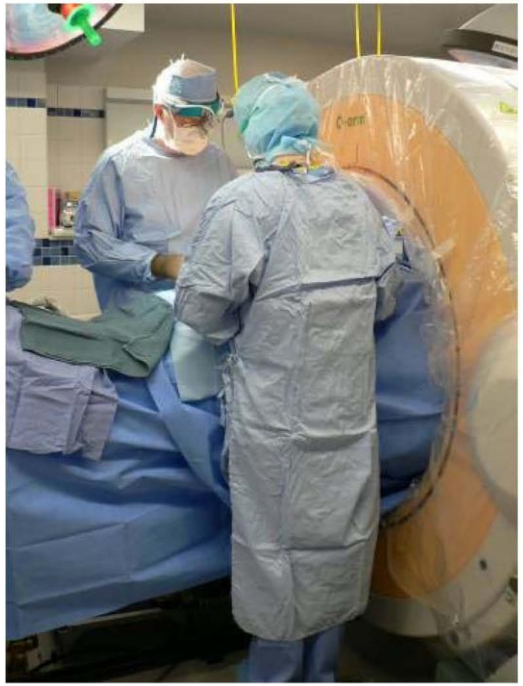
Niveaux de référence diagnostiques

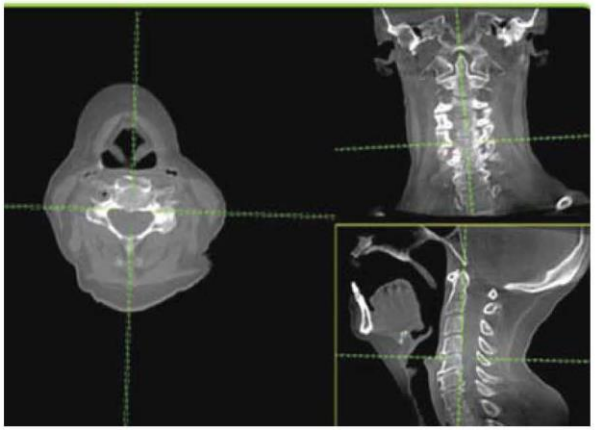
Ne sont pas applicables aux actes de radiologie interventionnelle

- Doses efficaces moyennes pour les actes interventionnels vont de 4,9 mSv (GB) à 21 mSv (Allemagne)
- Un travail est mené en cardiologie pour déterminer des NRD

EXAMEN	EU (2003) Gy*cm²	AIEA(2008)Gy*cm²
Coronarographie	57	50
Angioplasties coronaires	94	125

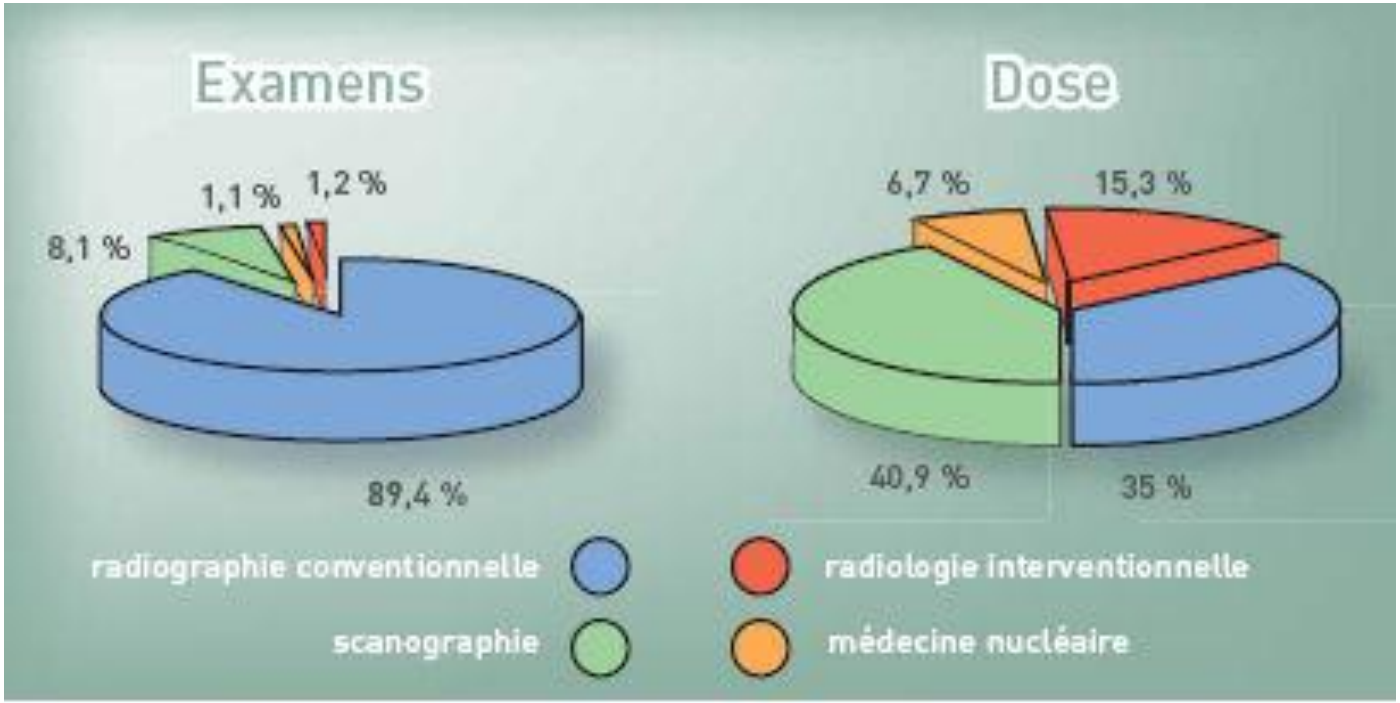
Scanner dédié au bloc opératoire pour guider un acte chirurgical



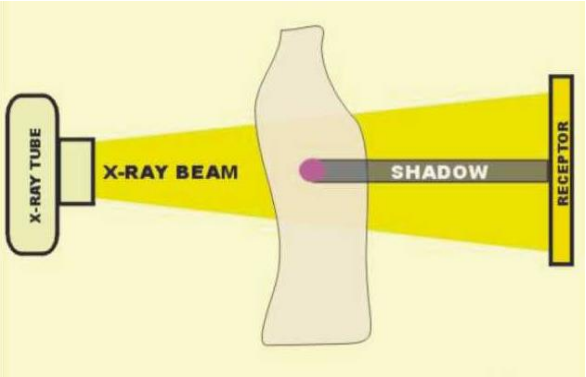


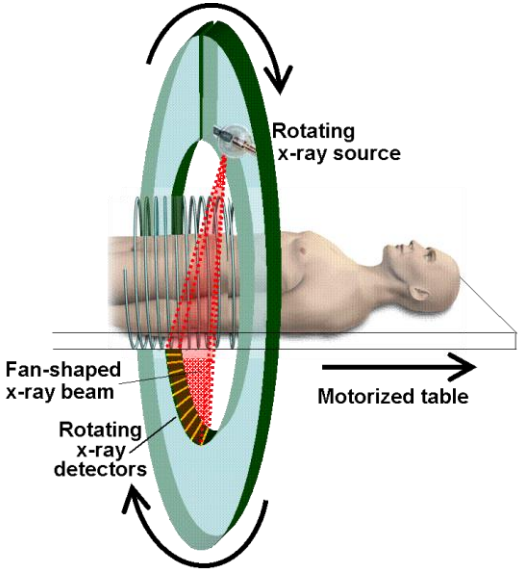
Au scanner

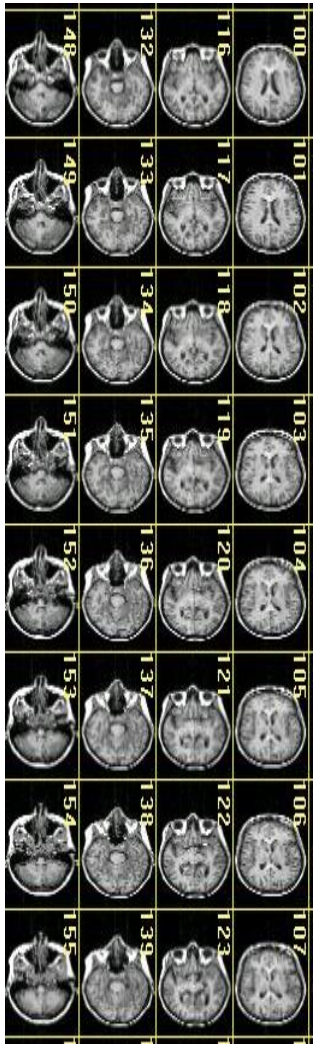
- Examen irradiant
- Facile à réaliser
- Rapide
- Attention aux doses !



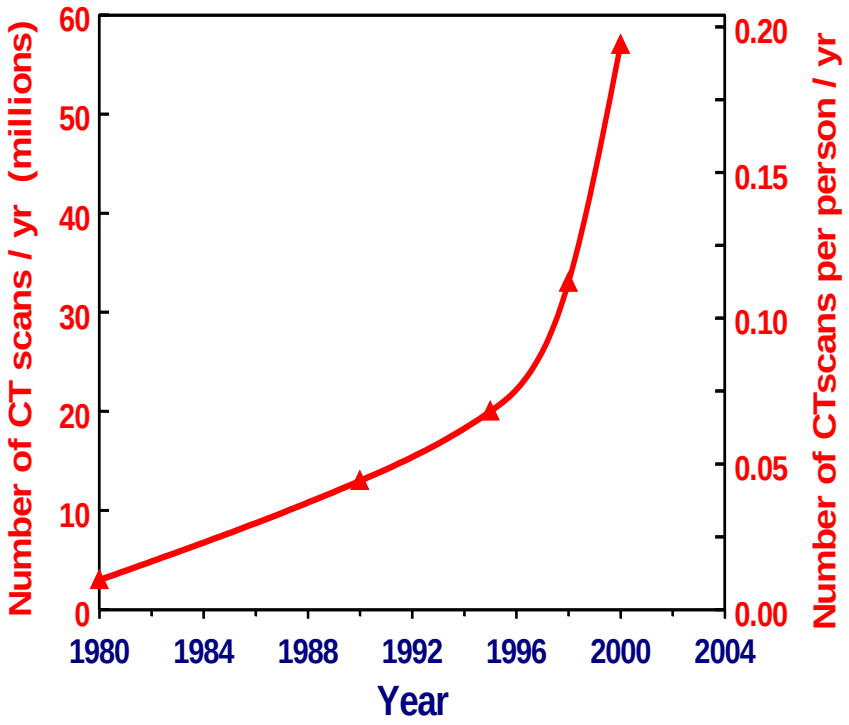
Irradiation scanner

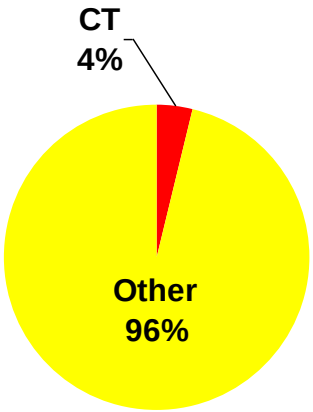






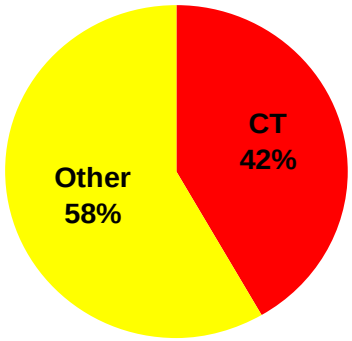
Irradiation scanner





1980

Irradiation dose collective



2000

USA : exposition médicale 3 mSv/an

Irradiation scanner

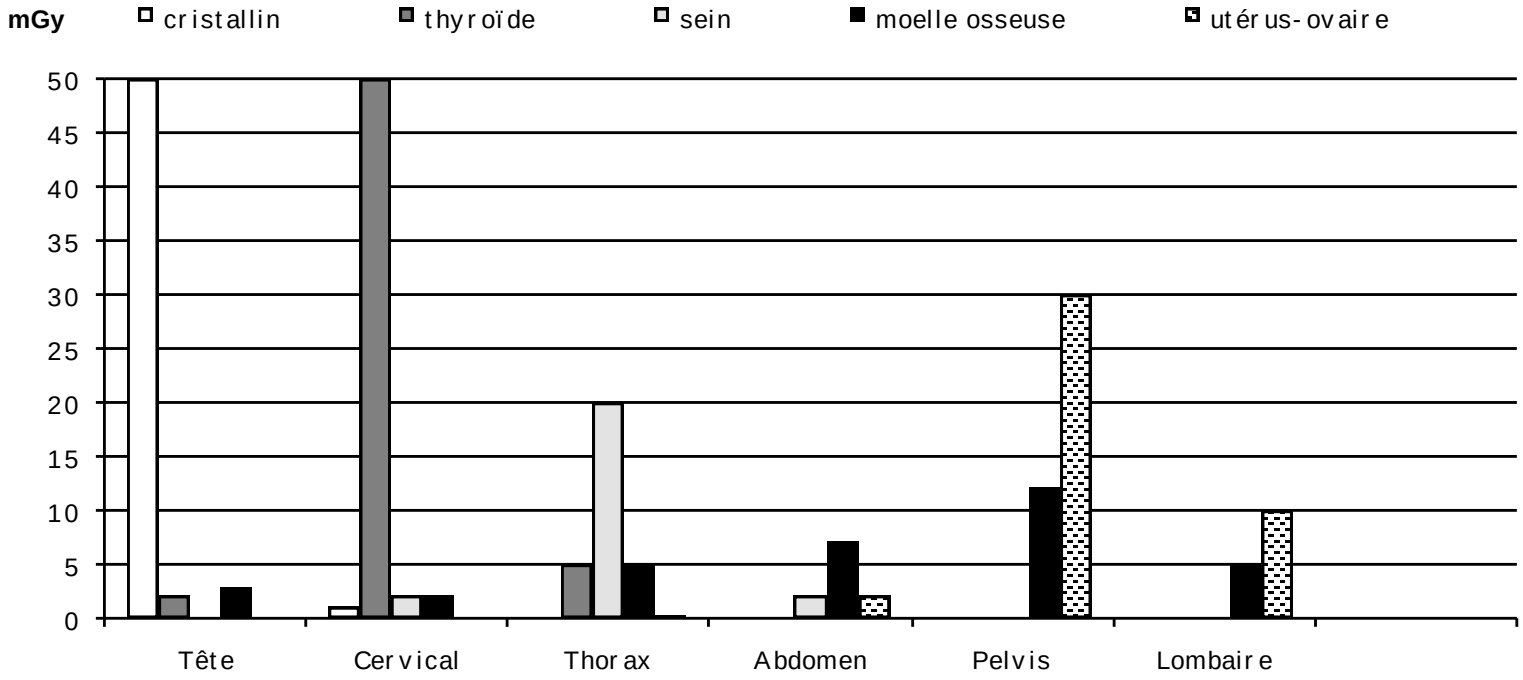
Examination	Relevant organ	Relevant organ dose (mGy)
Dental x ray	Brain	0.005
PA Chest x ray	Lung	0.01
Lateral chest x ray	Lung	0.15
Screening mammogram	Breast	3
Adult abdominal CT*	Stomach	11
Adult head CT*	Brain	13
Neonate abdominal CT*	Stomach	25
Neonate head CT*	Brain	65

Irradiation scanner

ordre de grandeur des doses délivrées aux organes "critiques" par les examens tomodensitométriques (en mSv).

Examen TOMODENSITOMÉTRIE	cristallin	thyroïde	sein	moelle osseuse	utérus-ovaire
Tête	50	2		3	<0,005
Cervical	1	50	2	2	0,05
Thorax		5	20	5	0,2
Abdomen			2	7	2
Pelvis				12	30
Lombaire				5	10
Pelvimétrie	dose fœtale (topogrammes et coupe axiale) : 3				

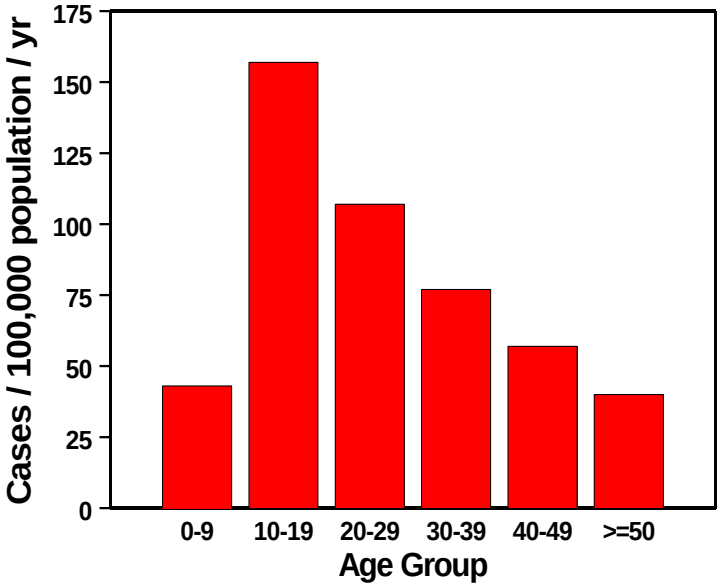
Irradiation scanner



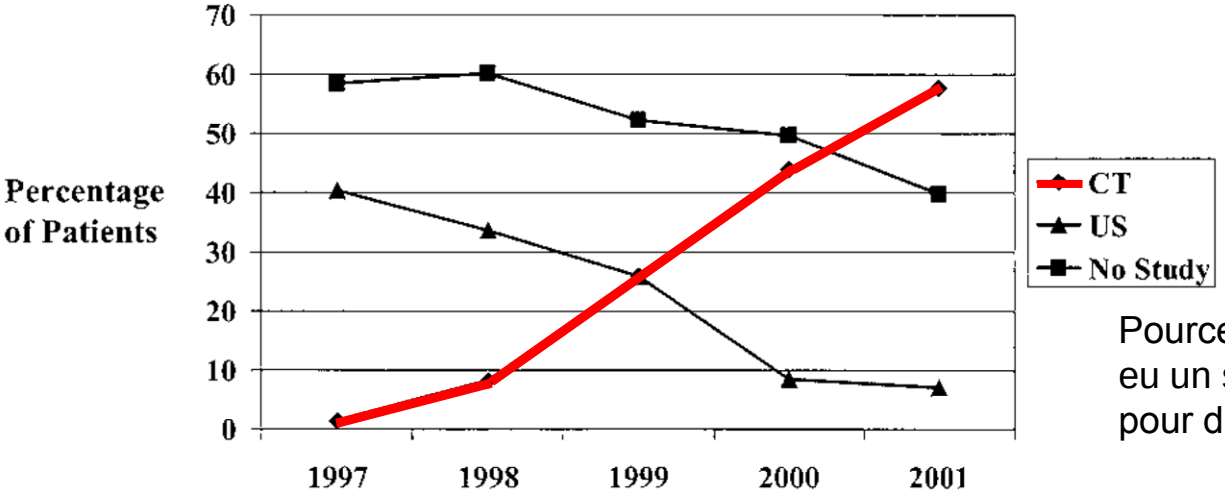
Principal organe exposé lors d'examens tomodensitométriques courants et ordre de grandeur des doses reçues (en mGy)

Chaque examen tomodensitométrique a son "organe cible". Notez la dose reçue par la thyroïde lors d'un examen tomodensitométrique cervical et celle reçue par le sein lors d'un examen tomodensitométrique thoracique (5 à 6 fois supérieure à celle délivrée par la mammographie).

Irradiation au scanner : pédiatrie

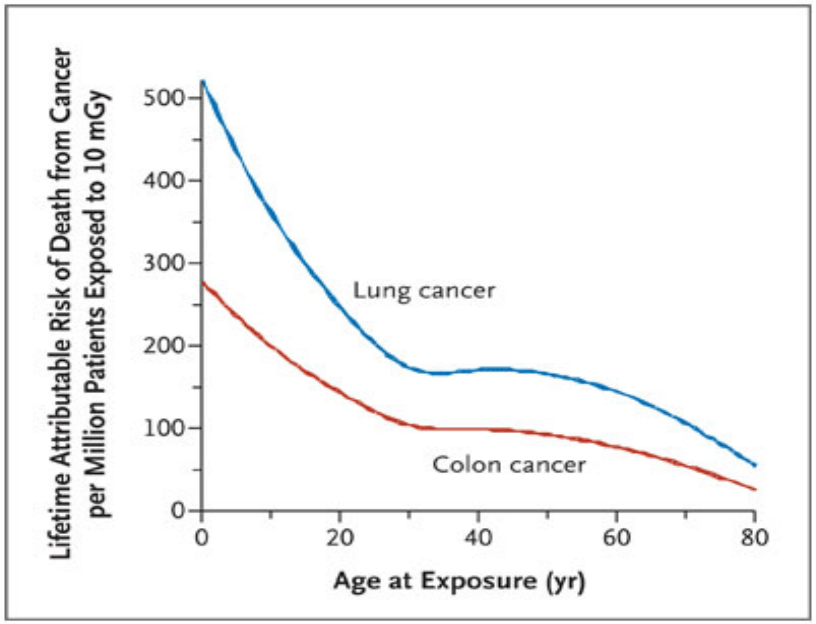


Data for Ontario 1991-98 (Al-Omran, 2003



Pourcentage d'enfants qui ont eu un scanner préopératoire pour diagnostic d'appendicite

Irradiation au scanner : pédiatrie



Les enfants exposés aux RI ont 3 à 4 fois plus de risques de cancer que les adultes

Brenner et Hall -2007

Irradiation des patients – BEIR VII

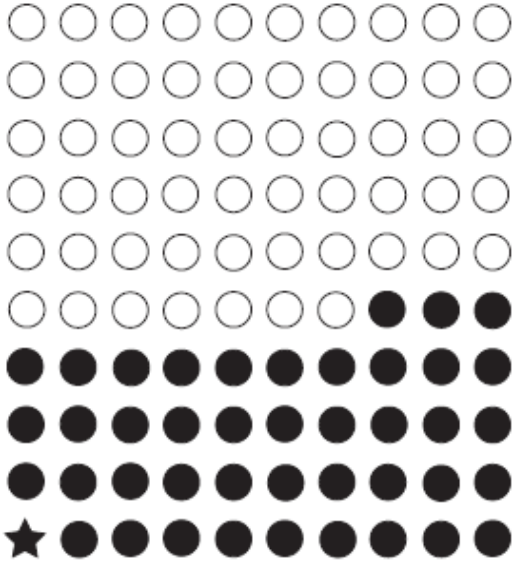
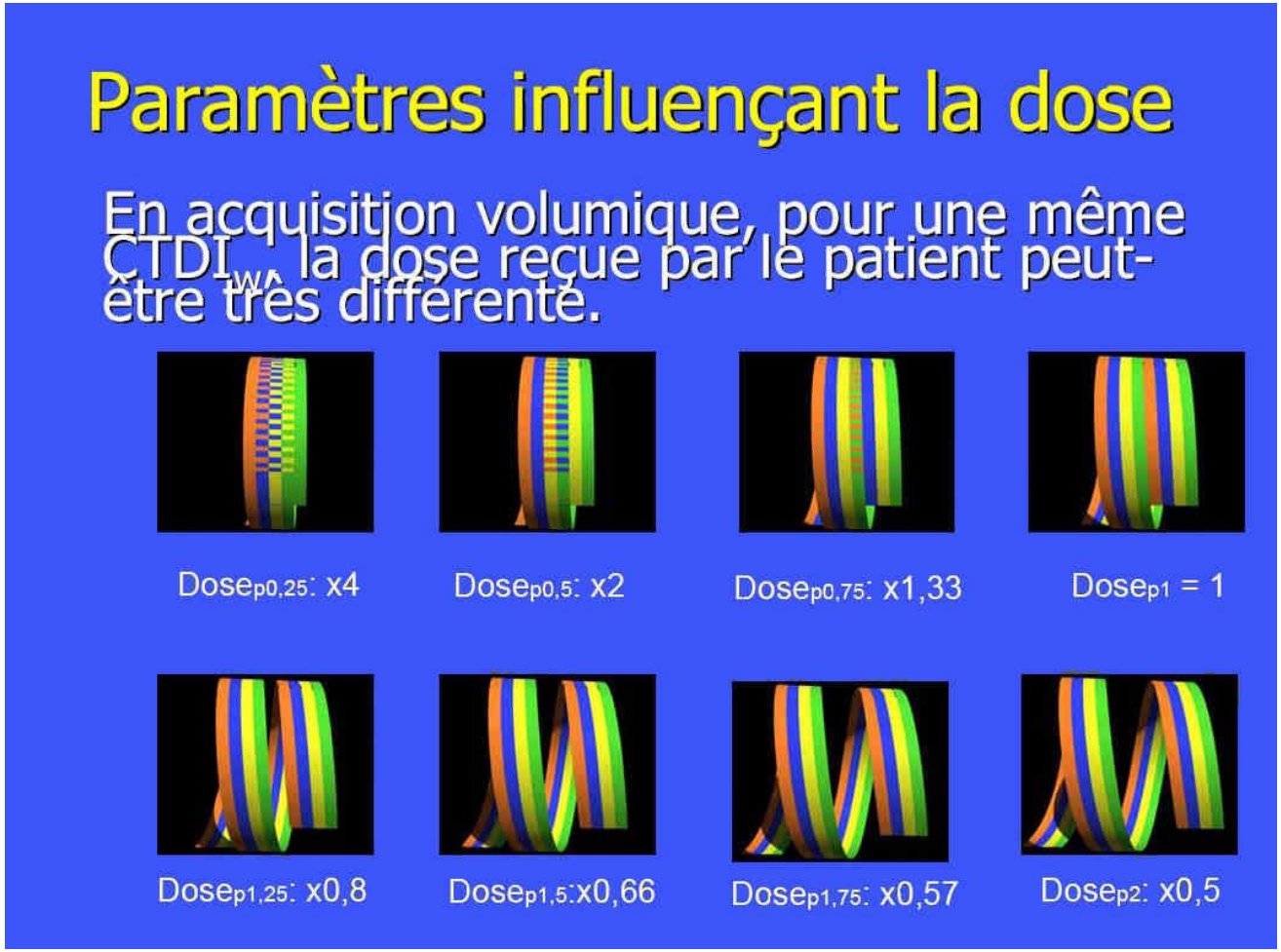


Figure 2. In a lifetime, approximately 42 (solid circles) of 100 people will be diagnosed with cancer[2] from causes unrelated to radiation. The calculations in this report suggest approximately one cancer (star) in 100 people could result from a single exposure 100 mSv of low-LET radiation.

Au scanner

Le pitch



Au scanner

Les kV

Paramètres influençant la dose

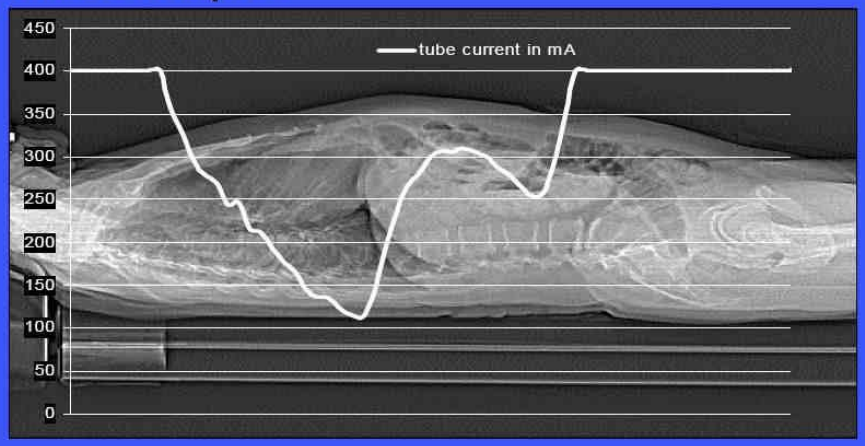
mAs eff. 100 CARE Dose4D ☐ kV 80 CTDIvol 2.60 mGy		Dose / 3 soit -66 %
mAs eff. 100 CARE Dose4D ☐ kV 100 CTDIvol 5.00 mGy		Dose / 1,56 soit -36 %
mAs eff. 100 CARE Dose4D ☐ kV 120 CTDIvol 7.80 mGy		Dose x 1 soit +0 %
mAs eff. 100 CARE Dose4D ☐ kV 140 CTDIvol 11.30 mGy		Dose x 1,45 soit + 45%

Au scanner

Care dose

Dispositifs de réduction de dose

- mAs adaptés au patient et à la région anatomique



Dispositifs bismuthés

Figure 1 AttenuRad eye shield in place.

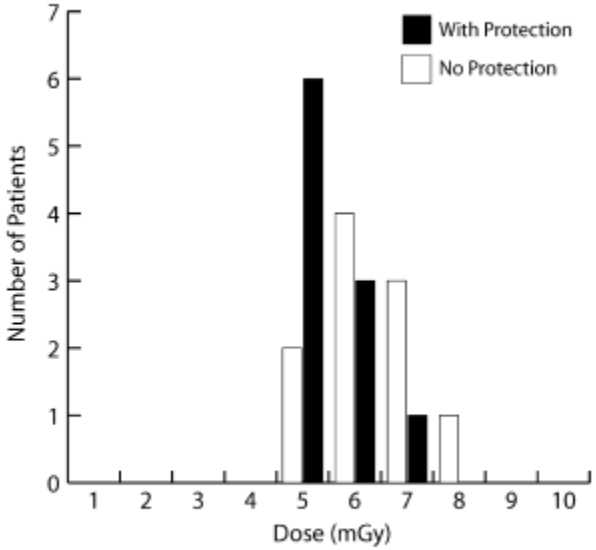


Figure 5 Distribution of radiation dose to the lens of the eye for CT scan of the brain.

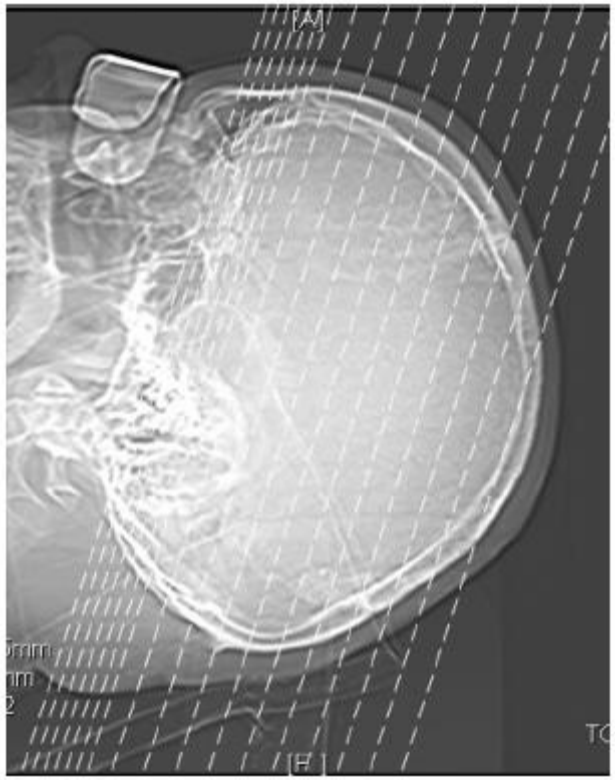


Figure 2 Scanogram showing scan lines avoiding the orbits.

Dispositifs bismuthés

Figure 3 AttenuRad thyroid shield in position.

Figure 6 Chest scan with shield showing small degree of artifact.

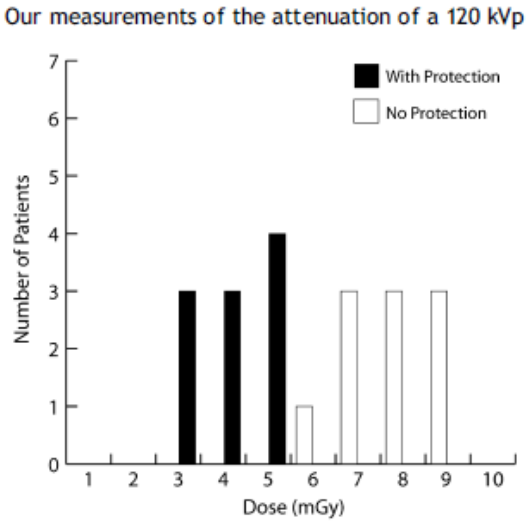


Figure 4 Distribution of radiation dose to the thyroid for CT scan of the chest.

Au scanner

- Longueur des spires
- Nombre de spires

Protection du patient

- Beaucoup de gestes effectués pour protéger le patient sont utiles également pour protéger le personnel.
- La majeure partie de ces gestes incombent directement à la personne qui utilise l’appareil radiologique.