



La sûreté des sources de rayonnements
ionisants et de gestion des déchets radioactifs
dans le milieu hospitalier

www.ispits.net

NORMES DE RADIOPROTECTION APPLICABLES EN RADIOLOGIE

Mr Ennakhla Mohamed
CNRP Radioprotectioniste

Inspecteur Contrôleur de Radioprotection

Normes de radioprotection applicables en radiologie

➤ **Rayons X en radiologie**

- ✓ Généralités (Terminologie, Historique, Objectifs,...)
- ✓ Tubes et générateurs à rayons X
- ✓ L'image radiologique
- ✓ Vue d'ensemble sur la radiologie

➤ **Risques en radiologie**

➤ **Notions de radioprotection**

➤ **Protection contre les rayonnements ionisants**

Rayons X en radiologie

Généralités

Terminologie

Radiologue



- ❑ Un radiologue est un médecin praticien ayant reçu une formation spécialisée post-universitaire en radiologie diagnostique.
- ❑ Ses qualifications de spécialiste sont en général reconnues par son adhésion à un corps professionnel approprié, p.e. un institut ou une société de radiologie ou de radiologues.
- ❑ Son rôle primaire est d'**interpréter** (lire) les images diagnostiques et de fournir un rapport au médecin traitant.

Rayons X en radiologie

Terminologie (suite)

Manipulateur de radiologie

- ❑ Un manipulateur de radiologie est une personne dont la profession est l'exécution de procédures diagnostiques avec des rayons X, réalisées sur prescription du médecin traitant.
- ❑ Ce sont les manipulateurs qui délivrent la dose de rayonnements aux patients (**et qui peuvent ainsi agir de manière significative sur l'importance de cette dose**), il est essentiel qu'ils suivent un programme de formation en radiologie et en sûreté radiologique approuvé par ⁴ l'organisme de réglementation.

Rayons X en radiologie

Terminologie (suite)

Radiodiagnostic

- ❑ Ensemble des procédés d'exploration du corps humain utilisant les rayons X.
- ❑ Il occupe Actuellement, parmi les techniques d'imagerie médicale, une place prédominante par le nombre d'installation, la fréquence des actes et l'effectif du personnel qu'il emploie.
- ❑ On distingue des installations de différents types (installations fixes, Appareils mobiles et installations mobiles). (Art. 2, décret 2-97-132 du 28 oct. 1997).

Rayons X en radiologie

Objectifs cliniques de la radiologie

- ❑ Tout équipement radiologique comporte une source de rayons X (un **générateur et tube à rayons X**) et un **récepteur d'image** (p.e. un film radiographique /amplificateur de brillance, les récepteurs numériques d'image)

Le but de la radiologie diagnostique est de fournir **des images cliniques des structures du corps humain** à l'aide de l'information obtenue de l'atténuation d'un faisceau de rayons X traversant la région examinée.

- ❑ Les expositions médicales aux rayons X constituent la plus grande source d'exposition humaine aux sources artificielles de rayonnements ionisants. Il est essentiel que des niveaux élevés de sûreté soient maintenus pour réduire au minimum l'exposition inutile de patients aux rayonnements .

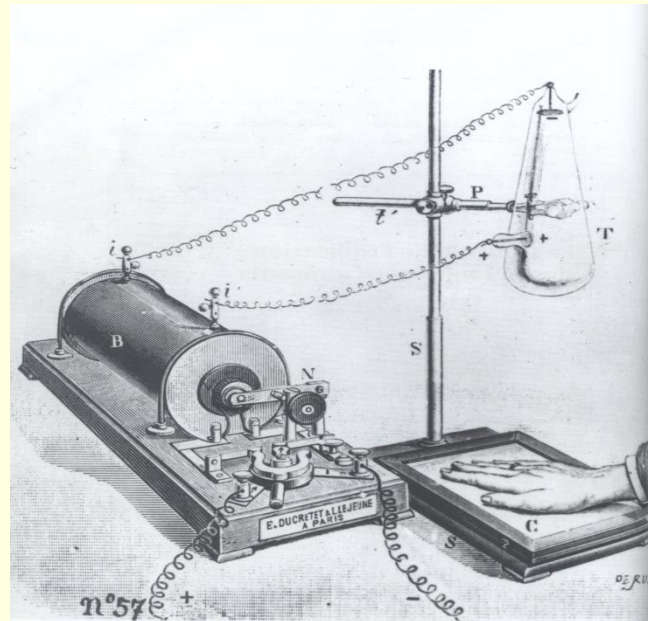
Rayons X en radiologie

Antécédents

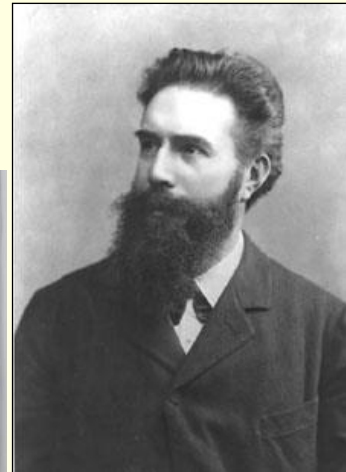
Les rayons X de diagnostic ont été employés en médecine depuis la fin du XIX^{ème} siècle avec des progrès réguliers et continus :

1895: Découverte des rayons X (Roentgen),

Première radiographie humaine,
de la main de Bertha Roentgen



Dispositif de l'expérience de Roentgen sur les rayons X, réalisé par Ducretet.



Rayons X en radiologie

Antécédents (suite)

1896 : Premières images cliniques

1940 : Angiographie

1950 : Amplificateurs d'image radioscopiques /
techniques de cathétérisation

1970 : Tomodensitométrie

1990 : Techniques de radiologie
interventionnelle

Rayons X en radiologie

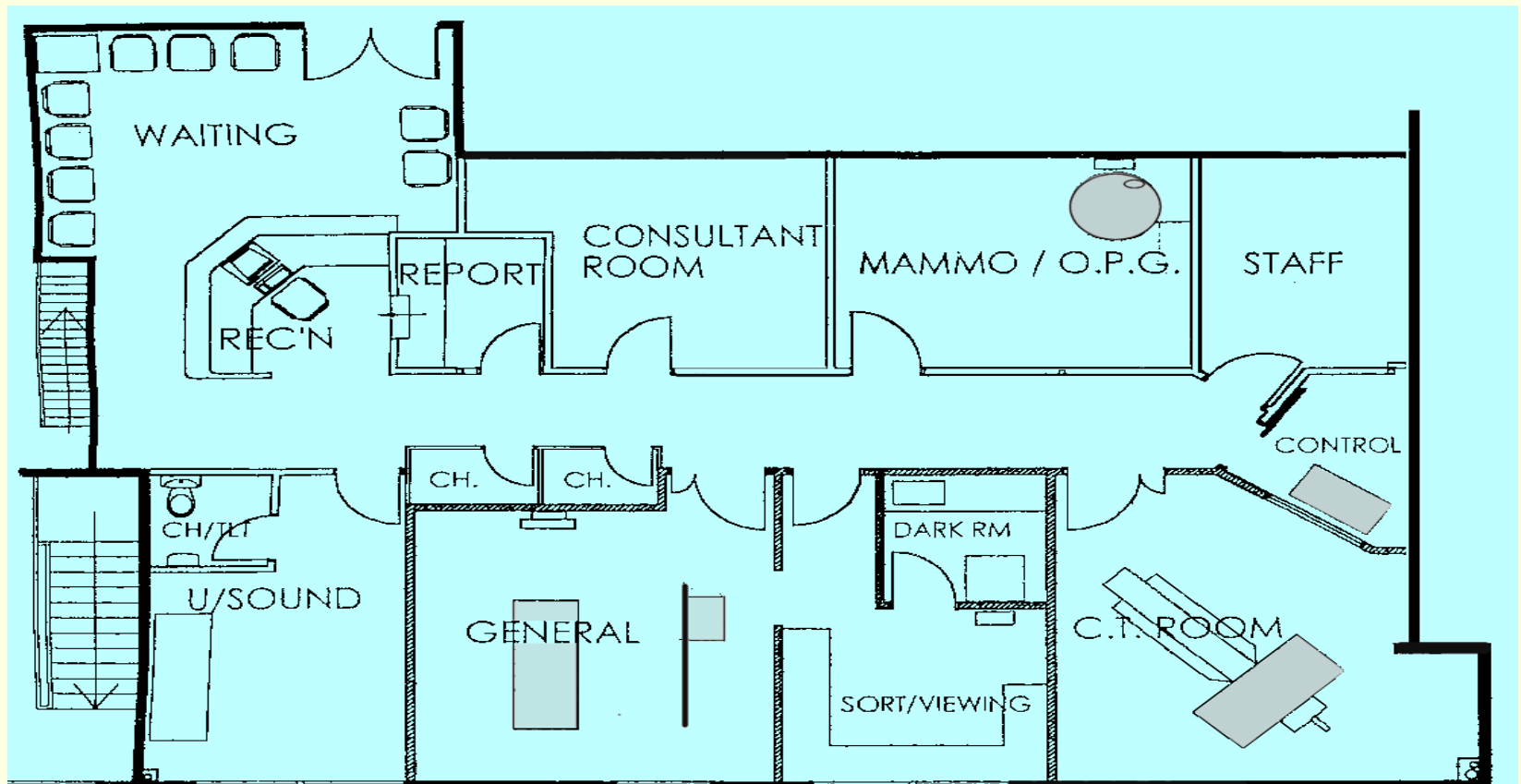
Procédures et équipements en radiologie

L'imagerie médicale peut impliquer une gamme de spécialités selon la partie du corps à examiner et la pathologie étudiée. (p.e. cardiologue, chirurgien vasculaire, gynécologue, urologue, etc.)

- Imagerie thoracique
- Radiologie et thérapie cardiovasculaire (interventionnelle)
- Radiologie pédiatrique
- Radiologie dentaire
- Imagerie du sein (Mammographie).

Rayons X en radiologie

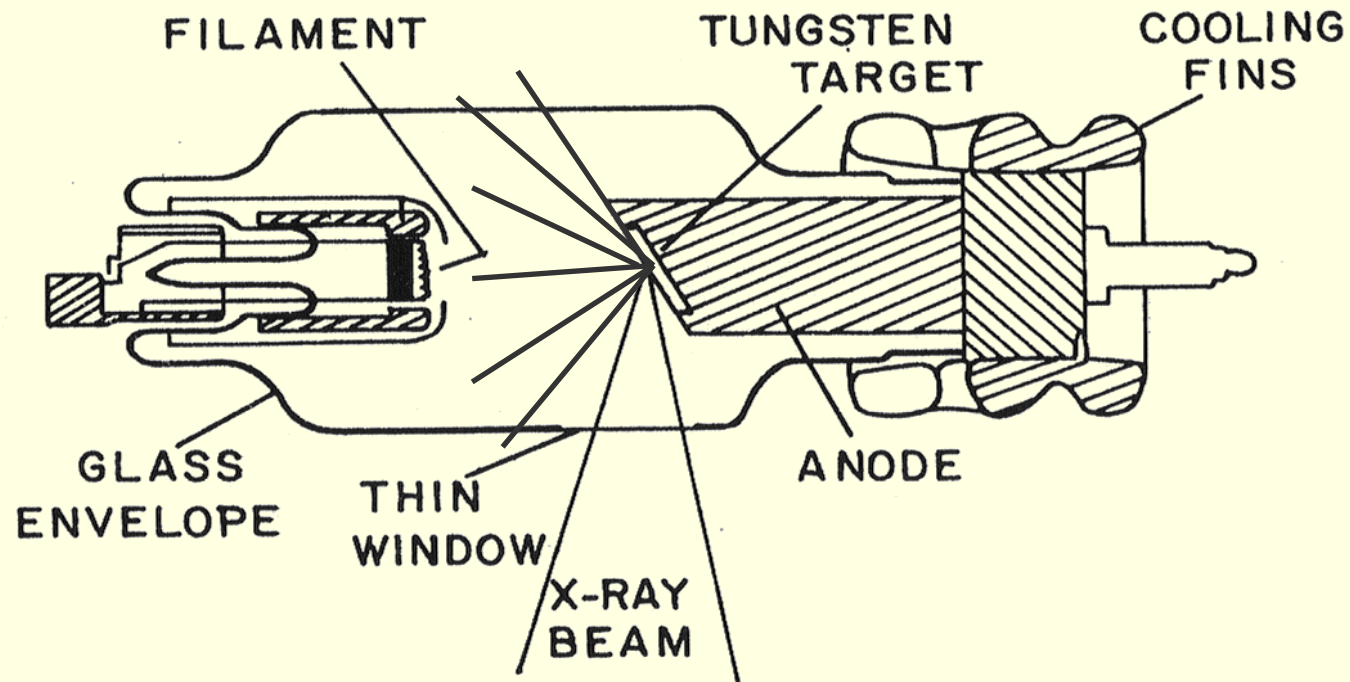
Plan d'un service de base de radiologie



Rayons X en radiologie

Génération des rayons X (suite)

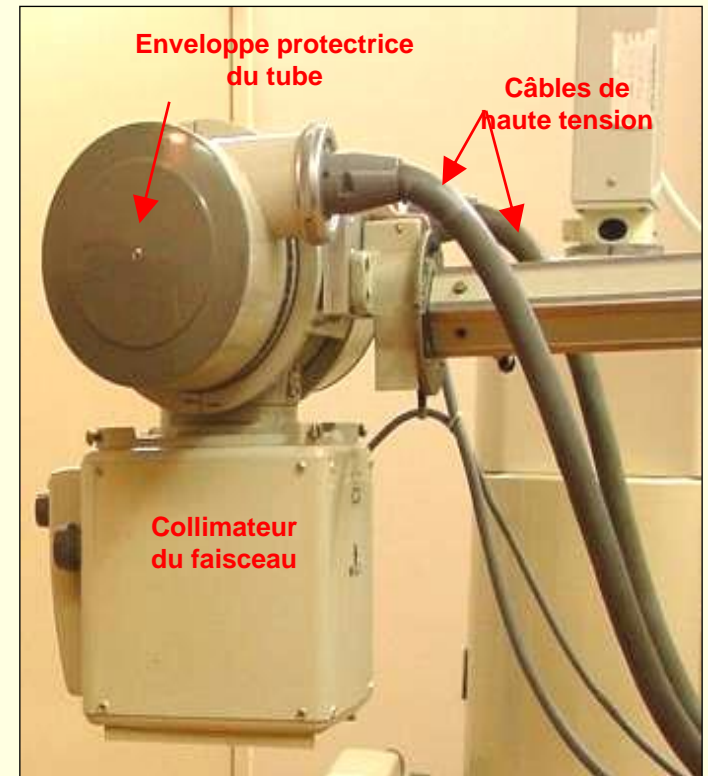
Tube à rayons X à anode stationnaire



Rayons X en radiologie

Génération des rayons X (suite) Générateurs

Les générateurs à rayons X fournissent le courant au filament (la source d'électrons) et la haute tension nécessaire pour accélérer les électrons de la cathode vers l'anode.



Rayons X en radiologie

Génération des rayons X (suite)

Générateurs

Pupitre de commande
pour un équipement à
rayons X



Rayons X en radiologie

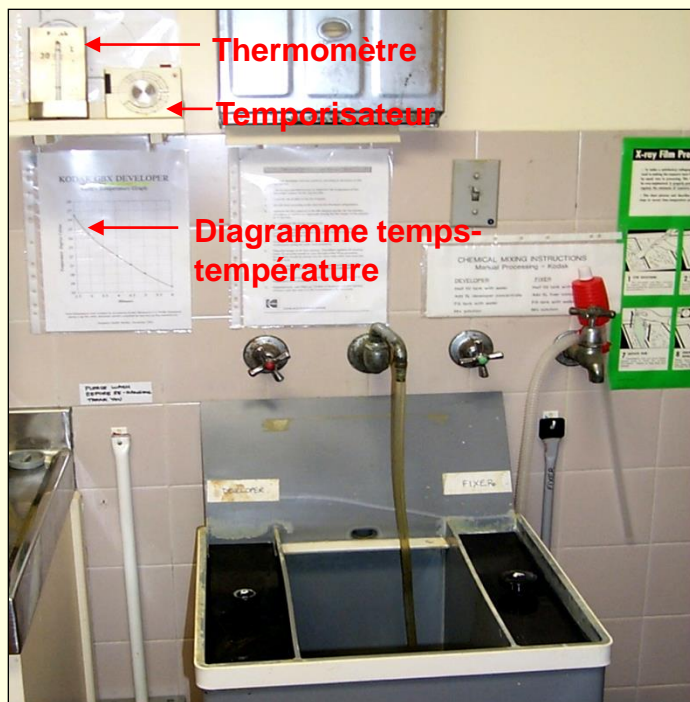
L'image radiologique

Principe

- ❑ Les photons de rayons X transmis par les structures examinées comportent “l'image de rayons X (ou radiologique)”.
- ❑ Les photons sont alors convertis en image visuelle par interaction avec un détecteur approprié (récepteur d'image).

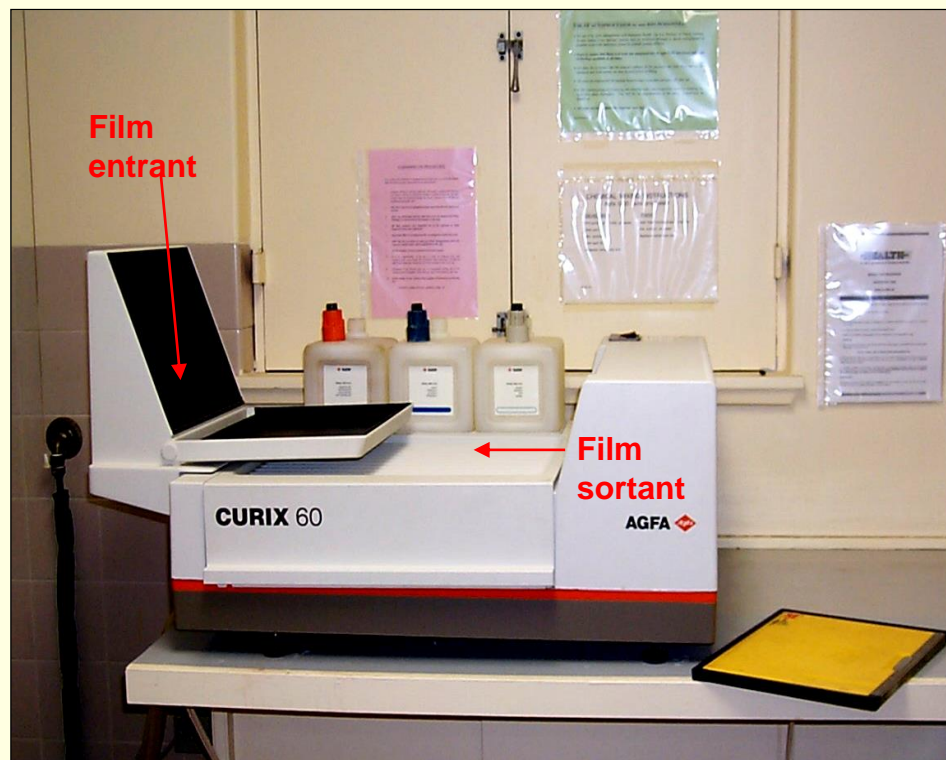
Rayons X en radiologie

Développement du film



Développement manuel

Développeuse automatique simple



Rayons X en radiologie

Récepteur d'image (suite)

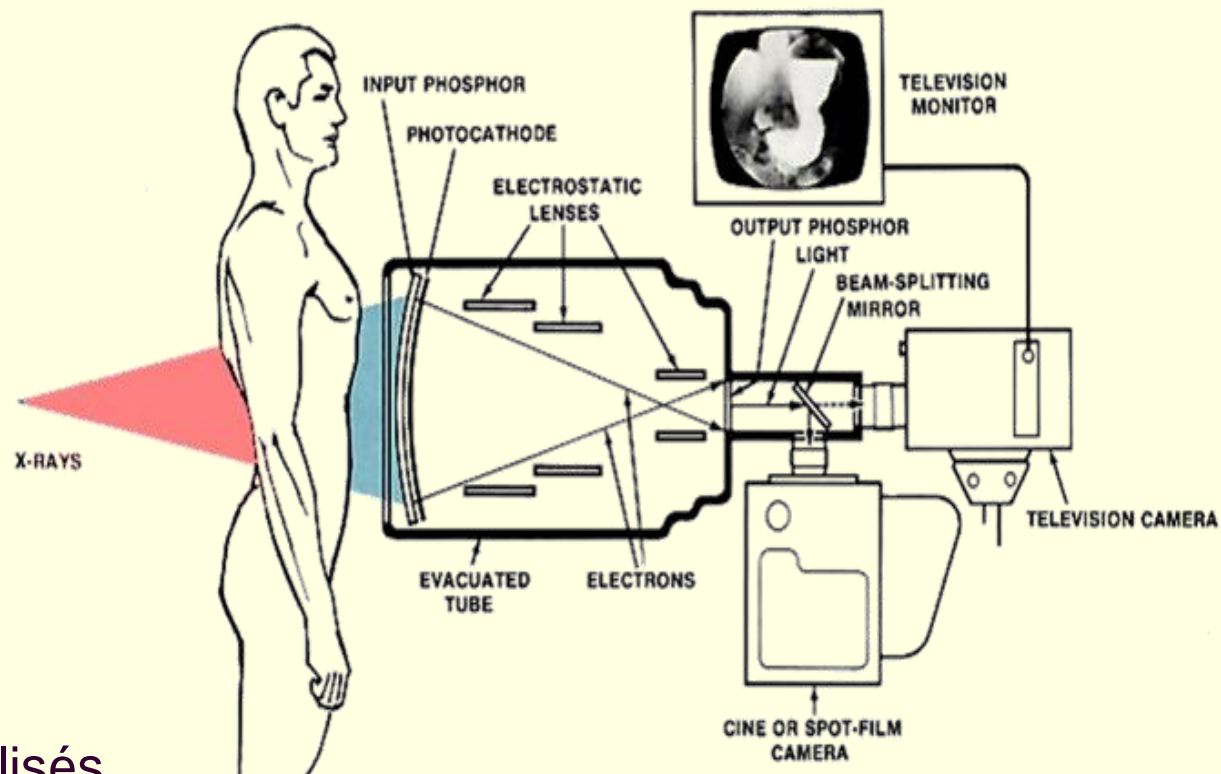
Imagerie dynamique (en temps réel)

- ❑ L'énergie des rayons X est convertie en rayonnement électromagnétique visible ou proche de la gamme visible, à l'aide d'écrans fluorescents (fluoroscopie).

Rayons X en radiologie

Radioscopie: imagerie dynamique (en temps réel)

Les tubes amplificateurs de lumière, en combinaison avec une caméra de télévision sont les systèmes d'amplification d'image les plus utilisés.



Rayons X en radiologie

Vue d'ensemble – appareils à rayons X en radiologie diagnostique et interventionnelle

Objectif

Comprendre les différentes utilisations des appareils à rayons X en radiologie diagnostique et interventionnelle et les risques de surexpositions anormales.

Rayons X en radiologie

Radiologie générale

Systèmes conventionnels de radiologie générale

Equipement de radiographie à but général:

- fournit **des images (radiographiques) statiques** en utilisant des films et des amplificateurs de brillance ou des récepteurs d'image numériques.
- peut être utilisé pour **examiner la majorité des parties du corps** telles que la poitrine, l'abdomen, le bassin, la tête, le rachis, les extrémités, etc.
- est également utilisé pour des **examens de contraste** où des produits de contraste tels que **le sulfate de baryum ou des composés iodés** sont ingérés ou injectés au patient.

Rayons X en radiologie

Systèmes conventionnels de radiologie générale (suite)

Systeme de base

pour des examens de

radiographie générale

par rayons X



Systemes conventionnels de radiologie générale (suite)

Exemple d'un système
mobile de radiographie
générale



Rayons X en radiologie

Prescriptions spécifiques concernant l'équipement

- ❑ Pour la **radiographie générale**, le générateur et le tube à rayons X devraient fonctionner dans une gamme d'énergie de **40-50 kV à 120 - 150 kV** (selon l'application), avec le courant approprié. (p.e. 300 mA à 100 kV de tension maximale).
- ❑ Le collimateur du faisceau lumineux (rectangulaire) réglable, doit être adapté au tube de sorte que l'opérateur puisse limiter la taille et la forme du faisceau de rayons X à la région d'intérêt clinique.
- ❑ Une collimation appropriée peut être le meilleur moyen de réduire au minimum la dose de rayonnements reçue par le patient et par l'opérateur, ainsi que pour améliorer la qualité de l'image.

Rayons X en radiologie

Prescriptions spécifiques concernant l'équipement (suite)

- ❑ Une filtration additionnelle et variable devrait être disponible pour que l'opérateur puisse réduire le rayonnement de basse énergie qui n'atteint pas le récepteur d'image et qui augmente inutilement la dose reçue par le patient.
- ❑ Toutefois, l'opérateur ne doit pouvoir enlever aucune filtration permanente nécessaire pour respecter les prescriptions minimales de filtration.

Rayons X en radiologie

Prescriptions spécifiques concernant l'équipement (suite)

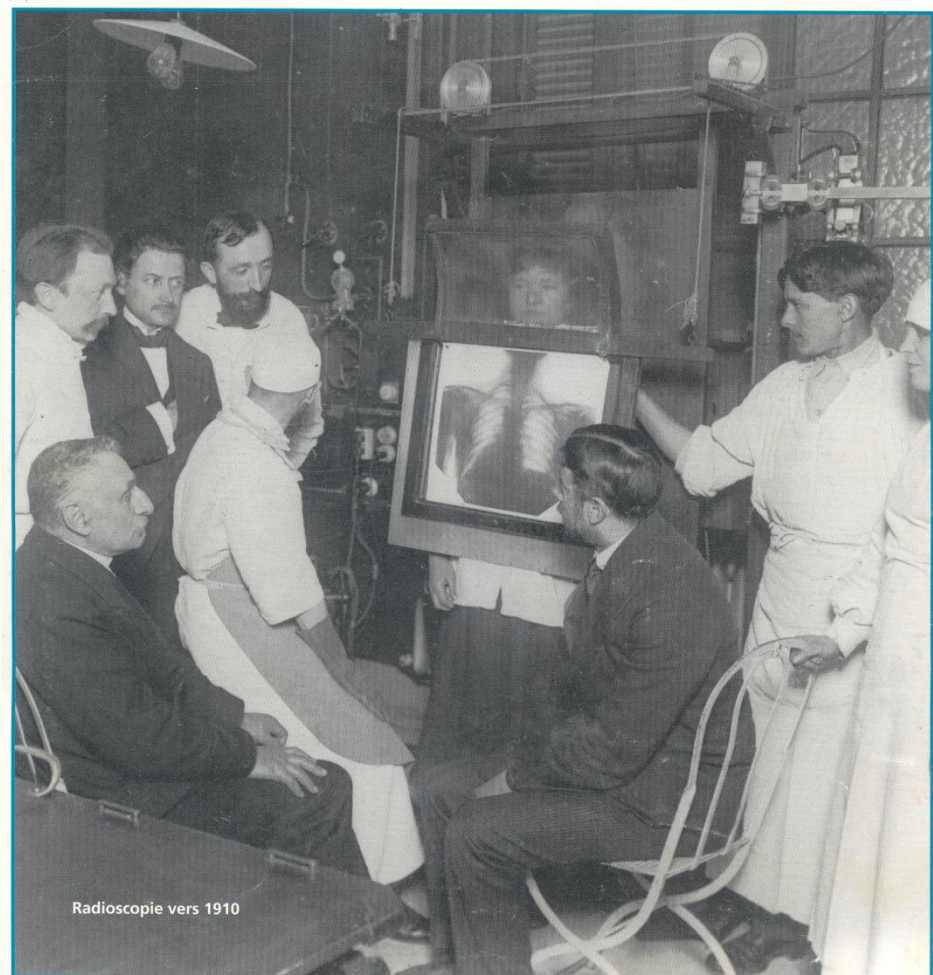
- ❑ Une grille antidiffusante est essentielle pour l'examen de la plupart des régions du corps.
- ❑ Il s'agit d'un dispositif (de préférence démontable) placé derrière le patient, (**mais devant et près du récepteur d'image**) qui sert à réduire la quantité de rayonnements diffusés atteignant le récepteur.
- ❑ Cependant, la grille augmente de 2 à 5 fois la dose d'exposition nécessaire. Les grilles ne devraient être alors utilisées que si elles sont essentielles pour la qualité de l'image.

Rayons X en radiologie

Radioscopie

L'utilisation des appareils de radioscopie classique à des fins de diagnostic est interdite.

(Art. 9, décret 2-97-132 du 28/10/97)



Radioscopie vers 1910

Surexposition potentielle

■ Ce sont les mains d'un médecin praticien qui a pratiqué des examens radioscopiques pendant 15 ans, sans jamais utiliser de dispositifs de protection, c.à.d. ni tabliers plombés, ni protection de thyroïde, ni lunettes, ni gants.



Il a perdu des doigts et il a développé une radio-dermatite grave dans la poitrine et le visage. La dose reçue par ses mains a été estimée comme étant > 50 Gy.

Rayons X en radiologie

Équipement de radioscopie dédié à des procédures de radiologie interventionnelle

- ❑ L'équipement de radioscopie utilise des **amplificateurs électroniques d'image** pour obtenir des images en temps réel (dynamiques);
- ❑ La radioscopie est utilisée pour le guidage pendant des procédures chirurgicales courantes,
- ❑ La radioscopie est utilisée pendant des procédures de **radiologie interventionnelle**.

Rayons X en radiologie

Equipement de radioscopie (suite)

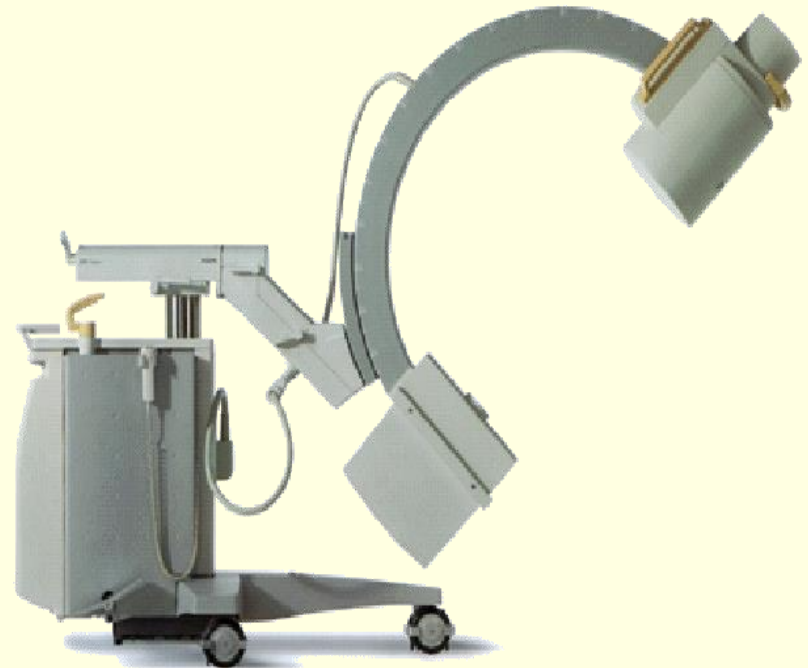
Unité de radioscopie générale



Rayons X en radiologie

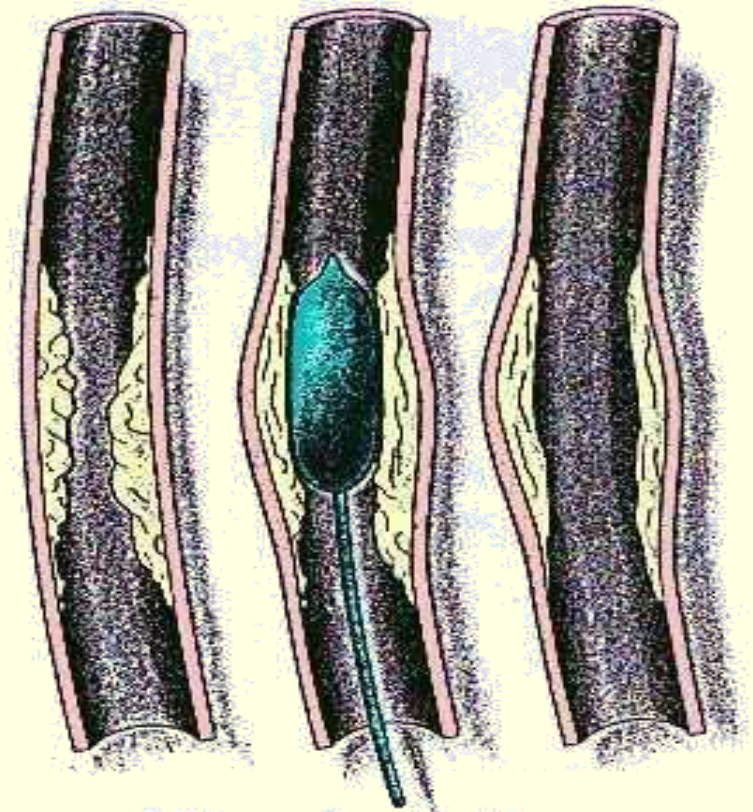
Equipement de radioscopie (suite)

Systeme mobile de radioscopie utilisé pour des procédures courantes en chirurgie



Radiologie interventionnelle

- En radiologie interventionnelle les images par rayons X sont utilisées pour guider le placement des cathéters dans des vaisseaux sanguins et des organes afin de corriger ou de traiter une situation particulière (p.e. dilatation d'une sténose artérielle).



Balloon Angioplasty

Rayons X en radiologie

Radiologie interventionnelle (suite)



Un système de radioscopie, utilisé pour angiographie et radiologie interventionnelle. 31

Rayons X en radiologie

Radiologie interventionnelle (suite)

- ❑ Englobe des procédures guidées fluoroscopiquement ayant principalement un but thérapeutique. L'accès à l'organe ou au vaisseau visé est habituellement percutané et est réalisé en général sous anesthésie locale.
- ❑ Les utilisateurs d'un tel équipement (radiologues, cardiologues, urologues, etc.) **doivent avoir une formation spécifique en protection radiologique** pour l'utilisation sûre de l'équipement de radiologie interventionnelle.

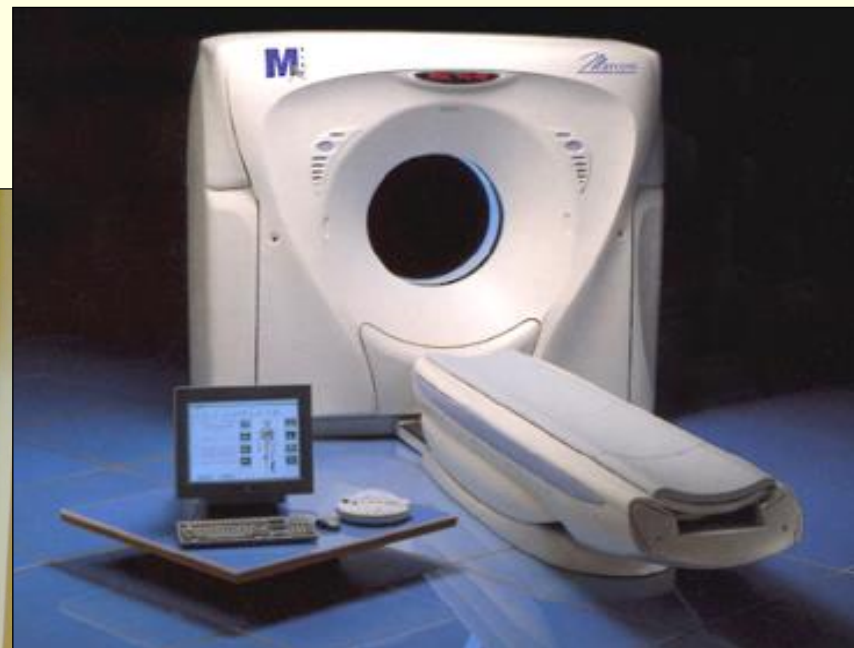
Rayons X en radiologie

Tomodensitométrie (scanographie)

- ❑ La scanographie utilise un ou plusieurs faisceaux étroits de rayons X, qui tournent autour du patient afin de produire une série d'images minces et transversales de celui-ci.
- ❑ Le faisceau de rayons X, atténué par le patient, atteint une rangée de détecteurs se composant de plusieurs centaines de détecteurs individuels qui enregistrent l'intensité du faisceau de rayons X à chaque point.

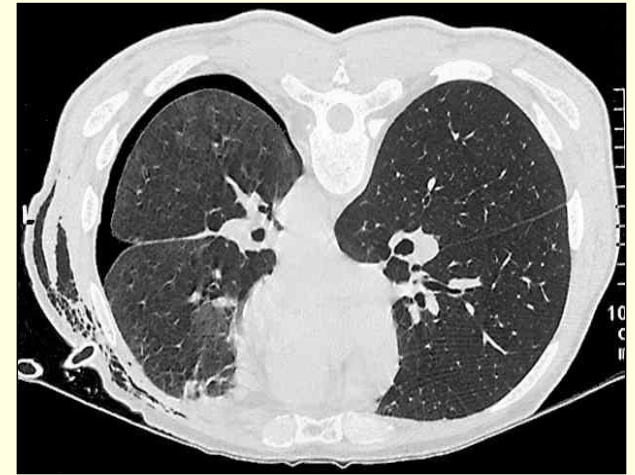
Rayons X en radiologie

Scanner multicoupe



(anode tournante, 90 à 140 KV)

Rayons X en radiologie



L'image scanographique est reconstruite mathématiquement à partir des données mesurées

Rayons X en radiologie

Scanographie (suite)

- ❑ Les scanner fonctionnent avec des tensions maximales de tube (à anode tournante) dans la gamme de 90-140 kV.
- ❑ Son avenir dépend de ses progrès et de la concurrence de l'IRM mais reste efficace pour le squelette et le thorax.
- ❑ Afin de réduire au minimum l'exposition radiologique inutile, une justification clinique avant tout examen TDM devrait être demandée. Les protocoles d'acquisition doivent être optimisés pour fournir l'information clinique nécessaire tout en assurant une dose minimale délivrée au patient.

Rayons X en radiologie

Mammographie

La mammographie est actuellement la **méthode la plus fiable** pour détecter des lésions dans le sein. Elle:

- ❑ exige des niveaux élevés de qualité d'image et de performance de l'équipement car le contraste entre les zones normales et pathologiques dans le sein est extrêmement bas; (faible différence de densité des tissus).
- ❑ est pratiquée aussi bien sur des femmes symptomatiques (référées par un médecin) que sur des femmes asymptomatiques qui satisfont des critères de choix pour des programmes approuvés de dépistage du cancer.

Rayons X en radiologie

Equipement de mammographie

Equipement de
mammographie
à rayons X



Rayons X en radiologie

Prescriptions spécifiques

La mammographie doit être pratiquée avec un équipement à rayons X dédié, à but spécial, avec:

- des générateurs à tension maximale de tube relativement basse: p.e. **25 - 30 kVp**
- Dispositif radio transparent de compression du sein - Une compression ferme du sein pendant la mammographie fournit une immobilisation, réduit l'épaisseur du tissu, assure une plus grande uniformité dans l'épaisseur et contribue à une meilleure qualité de l'image.

Rayons X en radiologie

Radiologie pédiatrique

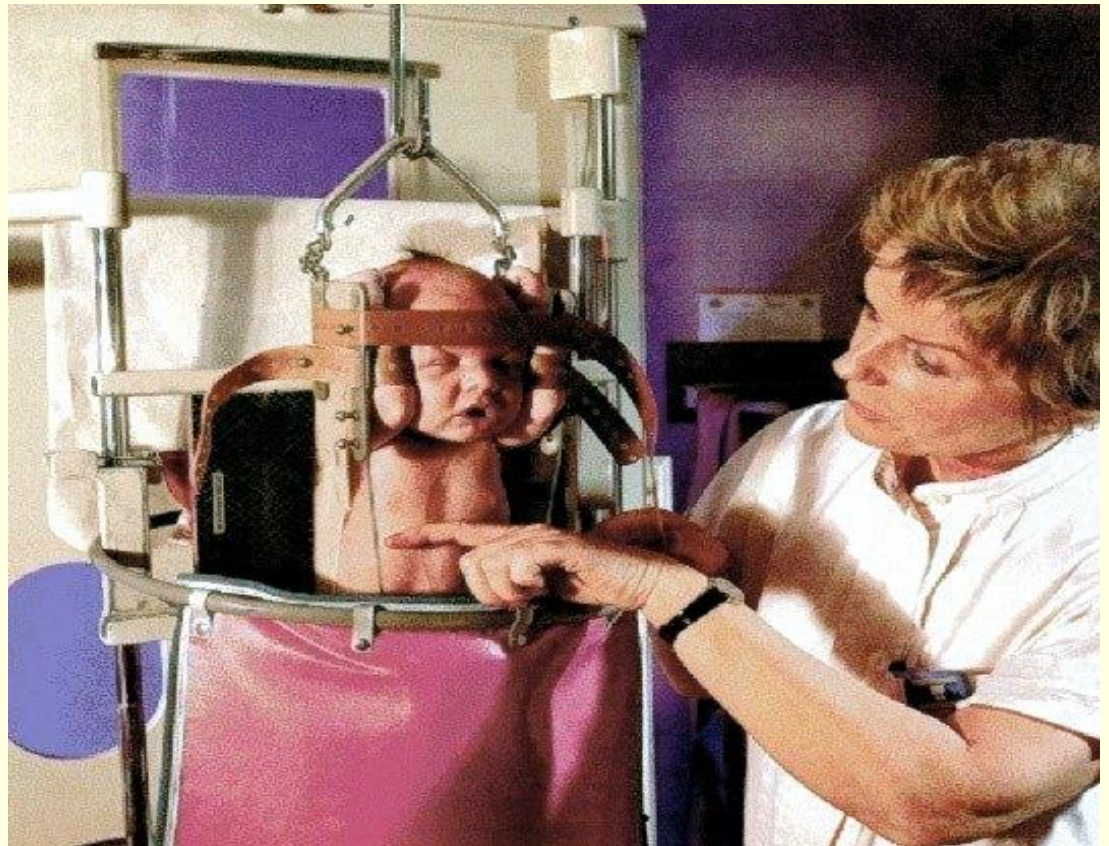
Equipement pédiatrique

- ❑ En raison de leur plus longue espérance de vie et de leur sensibilité plus importante aux rayonnements, le risque d'effets tardifs est plus grand chez les enfants que chez les adultes.
- ❑ En raison de ce risque radiologique augmenté par leur plus jeune âge, l'examen radiologique des enfants (0-15 ans) mérite une considération spéciale et des prescriptions spécifiques pour l'équipement et les procédures pédiatriques.
- ❑ La radiologie pédiatrique étant reconnue comme une sous-specialité de la radiologie diagnostique, un enseignement et une formation spécifiques doivent être obligatoires pour les praticiens l'exerçant.

Rayons X en radiologie

Équipement pédiatrique (suite)

Équipement
spécial pour
des
examens
pédiatriques



Rayons X en radiologie

Équipement pédiatrique (suite)

- ❑ Les critères de base pour l'équipement à rayons X utilisé en radiologie pédiatrique sont les mêmes que pour l'équipement à but général.
- ❑ Cependant, des performances et des critères de conception additionnels sont nécessaires en raison de la petite taille des patients et des conditions spéciales exigées pour certains examens (qui ont à faire avec le mouvement de l'enfant). Ceux-ci incluent:
 - ❑ des temps d'exposition très courts, précis et reproductibles;
 - ❑ des collimateurs réglables à des dimensions plus petites que celles possibles avec les équipements à but général.

Rayons X en radiologie

Equipement pédiatrique (suite)

- Un foyer de taille nominale entre 0.6 mm et 1.3 mm est souhaitable;
- Le faisceau de rayons X doit être soigneusement limité à la région d'intérêt clinique par l'utilisation d'une collimation exacte du faisceau lumineux;
- Des dispositifs de protection additionnels doivent être adaptés aux enfants et être disponibles dans une gamme de différentes tailles;
- Le positionnement et l'immobilisation appropriés du patient sont essentiels: les dispositifs d'immobilisation doivent être faciles à utiliser sans soumettre le patient au stress.

Rayons X en radiologie

Radiologie dentaire

Équipement dentaire à rayons X

- ❑ Bien que les doses individuelles de rayonnements et le risque radiologique soient bas, beaucoup d'examens courants sont effectués au sein de la population.
- ❑ Différents types d'équipement sont employés selon le type d'image voulue. p.e.
 - ✓ L'équipement à rayons X de radiographie intraorale utilisant de petits films radiographiques.
 - ✓ L'équipement de radiographie panoramique emploie un faisceau de rayons X qui tourne autour de différents axes de la tête du patient pour fournir une vue d'ensemble de l'arc dentaire.

Rayons X en radiologie

Equipement dentaire à rayons X (suite)



Examen intraoral
par rayon X

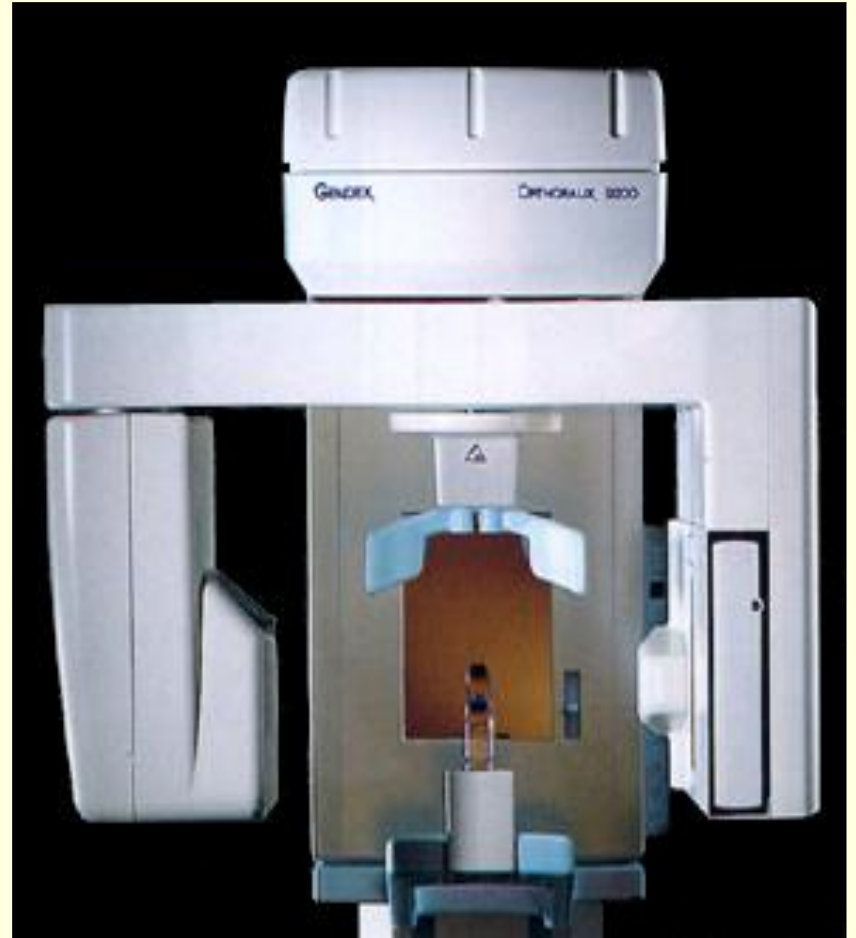


Rayons X en radiologie

Equipement dentaire à rayons X (suite)



Equipement panoramique à rayons X



Rayons X en radiologie

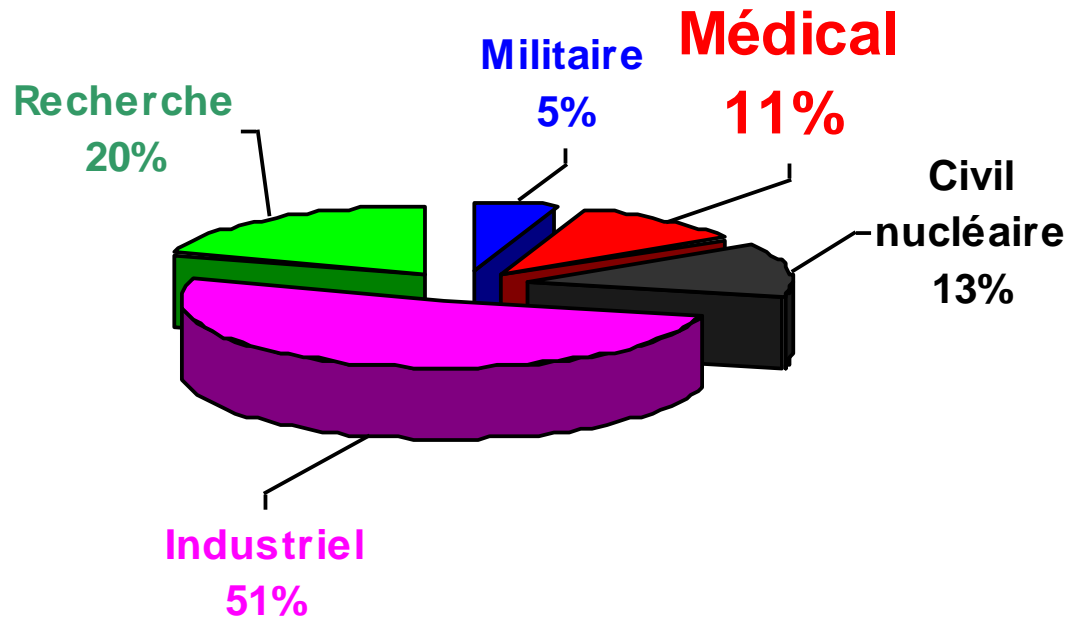
Equipement dentaire à rayons X (suite)

Pour une analyse d'orthodontie (diagnostic et traitement des désordres dentaires), deux techniques sont normalement utilisées:

- céphalométrie, produit des images reproductibles du crâne, de la dentition et du profil facial comprenant le tissu mou;
- examens de scanographie (scanners dentaires dédiés).



Les accidents graves d'irradiation dans le monde 1945 - 2000



Source: J-c.Nénot, Radioprotection -Vol. 36 - N° 4 (2001).

Accidents en radiodiagnostic

Problèmes qui peuvent affecter la protection radiologique

Film-écran renforçateur

- ❑ Stockage insatisfaisant du film (produisant des films voilés); des cassettes ou des écrans renforçateurs endommagés.
- ❑ Sources de lumière à l'intérieur, ou de la lumière pénétrant vers l'intérieur de la chambre noire.
- ❑ Passe-cassette incorrectement protégé.
- ❑ Chimie de la développeuse inappropriée (p.e. mauvais type, dilution et/ou remplissage non appropriés, mauvaise température).

Systèmes de radioscopie

- ❑ radioscopie avec amplificateur d'image (efficacité basse, résolution et contraste de la chaîne de TV faibles).
- Collimation
- Filtration
- Grille antidiffisante

Cas de la radiologie interventionnelle

- Ces techniques dites « **mini-invasives** » utilisant les rayons X sont actuellement pratiqués par des médecins de différents spécialité (chirurgiens, cardiologues, urologues).
- La dose reçue par le personnel est **quasi proportionnelle** à celle reçue par le patient.
- La plupart des cliniciens et des techniciens ne sont pas au courant des risques potentiels dus aux rayonnements malgré qu'ils sont exposés à de fortes doses (**mains, cristallin, thyroïde**).

Cas de la radiologie interventionnelle



Peau abîmée 18-21 mois après un examen diagnostique. Ce patient de 40 ans a eu 2 **angiogrammes coronaires** et une **angioplastie coronaire** en un jour.

Dose estimée à la peau > 20 Gy.

Source: Radiation Induced Skin Injuries from Fluoroscopy
Thomas B Shope 1995
USFDA Center for Devices and Radiological Health

Cas de la radiologie interventionnelle

Causes

- Mauvais choix des paramètres (Temps de scopie, haute tension)
- Fréquence des images de scopie trop grande (pas forcément nécessaire)
- Absence des Moyens de protection
- Orientation et position de l'amplificateur de brillance
- Mauvais fonctionnement de l'appareil
- Absence de rotation du personnel

Cas de la radiologie interventionnelle

Une **formation du personnel** et un **contrôle régulier des appareils** permet d'éviter les expositions accidentelles en radiologie interventionnelle

Conséquences générales des accidents

Effets déterministes (mort, perte de membres, érythèmes,...)

- Il y a une **dose seuil** au-dessous de laquelle on n'observe aucun effet à court terme.
- Au-dessus de ce seuil la **sévérité de l'effet augmente avec la dose**.
P.e. brûlures, nausée.

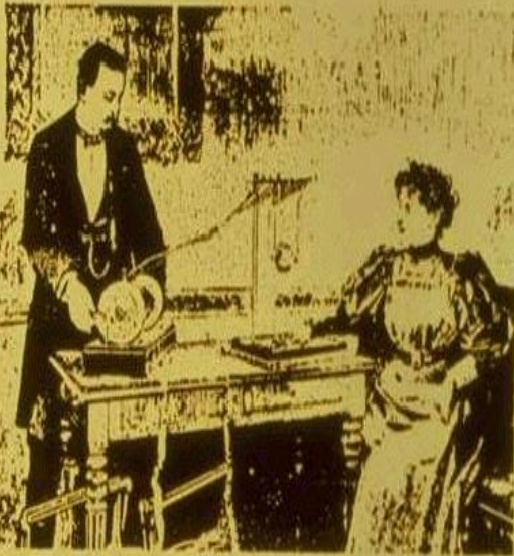
Effets stochastiques

- Apparaissent **sans niveau de dose seuil**.
- **La probabilité d'un effet à long terme augmente avec la dose**.
P.e. l'induction du cancer.

- Contamination de l'environnement.
- Impact social
- Impact économique

Evolution de la Radioprotection

WONDERFUL NEW RAY
SEES THROUGH HAND!



X-Ray Studio...

110 East Twenty-Sixty Street,

....New York City.

Une saine et douce chaleur,
radio-active...

Une laine souple, élastique, résistante, épaisse et confortable, qu'un traitement physico-chimique a doté d'un remarquable pouvoir : la radio-activité. C'est ainsi que les extraordinaires effets de stimulation organique, d'excitation cellulaire, transmis par le radium. Une laine ainsi traitée offre aux avantages propres du textile une indéfectible valeur hygiénique. Pour recouvrir la layette de Bébé, les foulards des enfants, vos sous-vêtements et vos pull-over, utilisez la

LAINES ORADIUM

Source précieuse de chaleur et d'énergie vitale, indéchiffrable, inaltérable. C'est un Produit de la LAINE MÉDICALE, 20, rue St Georges, PARIS - Tind. 07.28

Les LAINES ORADIUM ont toutes leurs propriétés en un poids de 50 à 100 grammes et d'un volume de 25 grammes.

ORADIUM est entièrement à base de laine pure. Et cette laine pure "radio" est plus douce, plus résistante et plus élastique que la laine ordinaire. Elle est donc idéale pour les vêtements de bébé, les foulards, les sous-vêtements et les pull-over.

ZOË
le soda atomique

donne une énergie infinie
comme la pile atomique

CRÈME **THO-RADIA** POUDRE

THO-RADIA

EMBELLISSANTES PARCE QUE CURATIVES
à base de thorium et de radium selon la formule du

CRÈME
150 grammes
Le Flacon

DOCTEUR ALFRED CURIE
EXCLUSIVEMENT CHEZ LES PHARMACIENS

POUDRE
100 grammes
Le Flacon

BROCHURE GRATUITE SUR DEMANDE A: THO-RADIA, 20 RUE DES CAPUCINES, PARIS

Radioprotection, un peu d'histoire...

- **1895** : date de la **découverte des Rayons X** par RÖNTGEN.
- **1896** : **découverte de la radioactivité** par BECQUEREL : dès cette année seront également décrites les premières pathologies (radiolésions). Premières recommandations publiées par le Western Electrician : « *s'exposer le moins longtemps possible, pas trop près et s'enduire de vaseline* »
- **1904**: date des **premiers décès attribués aux rayons X**.
- **1925** : Publication des **premières limites d'expositions** au 1er Congrès international de la Radiologie.
- **1928** : création de la Commission internationale de Protection contre les Radiations (CIPR) au 2è ICR de STOCKHOLM. Au début la **CIPR** n'établira que des **recommandations de principes pour réduire le temps de travail et augmenter la durée des congés de récupération**.

Radioprotection, un peu d'histoire...

- **1934** : la recommandation de dose quotidienne maximale autorisée est abaissée à **360 mSv/an**.
- **1950** : reconnaissance des effets cancérogènes et, par conséquent, abaissement des doses limites à **150 mSv/an**.
- **1958** : nouvelle approche pour prendre en compte les effets génétiques et aléatoires mis en évidence par le suivi des survivants de Nagasaki et Hiroshima, avec pour conséquence un nouvel abaissement des limites à **50 mSv/an**.
- **1990**: Nouvelle recommandation de la CIPR (publication 60) conduisant à une limite annuelle de **20 mSv/an**.

Radioprotection - Définition

- Ensemble des mesures prises pour protéger
 - les travailleurs
 - la population
 - les écosystèmesdes dangers des rayonnements ionisants
..... *tout en permettant leur utilisation* .

Principes généraux de la radioprotection

- **Initialement**, établis par des radiologues et des chercheurs afin de se protéger eux-mêmes des effets nocifs des rayonnements apparus au début du 20^{ème} siècle.
- **Avec le temps**, ces principes ont dus intégrer la nécessité de protéger les patients, les travailleurs et finalement le public.
- **Aujourd'hui**, les principes de protection radiologique sont étendus de façon à protéger l'environnement.

Systeme de radioprotection basé sur trois principes...

- Justification des pratiques
- Optimisation des doses délivrées
 - Limitation des doses reçues

Principe de justification des pratiques (principe de responsabilité)

- ✓ Réduction des utilisations inutiles,
- ✓ Obligation de l'utilisateur à effectuer des demandes d'autorisations de manipulation.

« Toute exposition ou pratique doit être justifiée par les avantages qu'elle procure, après avoir pris en compte les avantages et inconvénients, y compris dans le domaine de la santé »



Principe d'Optimisation de la protection (principe de précaution face à l'incertitude)

- ✓ réduction de l'intensité des sources, utilisation d'écrans, éloignement maximum des sources, temps d'exposition minimum,...
- ✓ Démarche d'anticipation (préparation des interventions)
- ✓ Politique de formation, entraînement, responsabilisation des intervenants

« Toutes les expositions doivent être maintenues à un niveau aussi bas qu'il est raisonnablement possible de le faire, compte tenu des facteurs économiques et sociaux (ALARA) »



Principe de limitation des doses (Souci de l'égalité)

Respect des limites individuelles d'exposition réglementaires

2 catégories de personnes:

- Personnes professionnellement exposées
- Public

Pas applicables aux examens médicaux, aux volontaires (recherche), personnes apportant réconfort aux patients.

« la somme des doses reçues et engagées du fait des expositions ne doit dépasser les limites de dose fixées pour les différentes catégories de personnes »



Protection contre les rayonnements ionisants

☞ Risques d'exposition externe (**effets déterministes et stochastiques**)



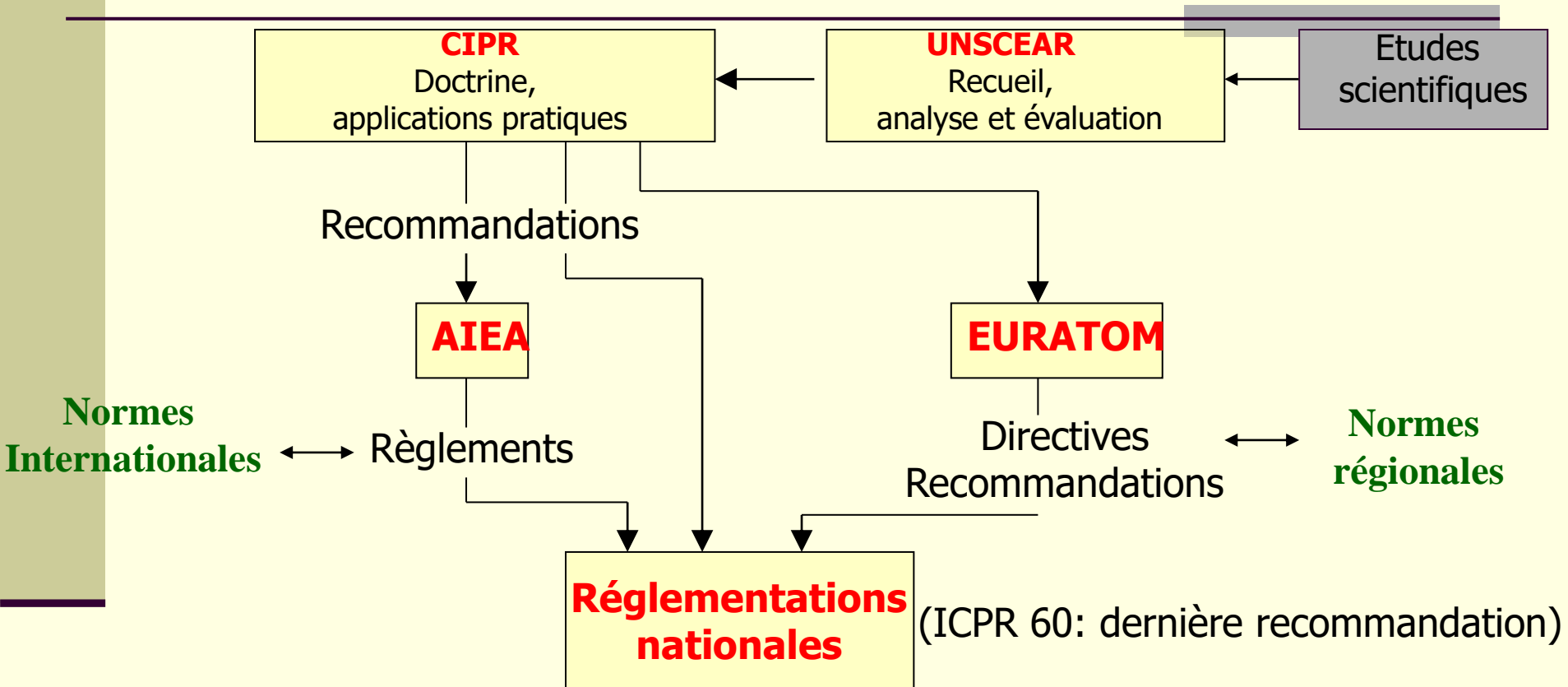
☞ **La prévention !**

- ❑ **Distance**: Loi de l'inverse carrée de la distance ($D_1/d^2_2 = D_2/d^2_1$)
- ❑ **Temps** : pour un débit de dose constant, La dose absorbée par l'organisme est directement proportionnelle au temps d'exposition.
- ❑ **Ecrans** (RX): Plomb, béton.

☞ **La protection collective et individuelle !**

- ❑ Normes de construction et d'installation
- ❑ Cadre réglementaire adéquat
- ❑ Homologation des appareils
- ❑ Pratique des contrôles réglementaire et culture de sûreté.

Elaboration de la Doctrine en Radioprotection



UNSCEAR: Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des radiations
AIEA: Agence internationale de l'énergie atomique
EURATOM: Communauté européenne de l'énergie atomique
CIPR: Commission Internationale de Protection Radiologique

Protection contre les rayonnements ionisants

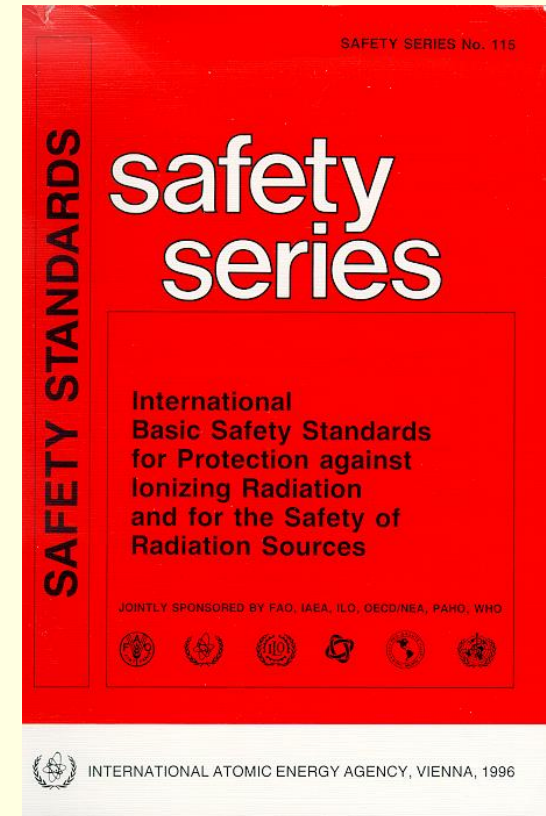
ARTICLE PREMIER

décret n° 2-97-132 du 28 oct. 1997

- Afin de garantir la population contre les dangers des rayonnements ionisants, l'utilisation des dits rayonnements à des fins médicales ou dentaires ne peut être effectuée que par un personnel qualifié dans des locaux spécialement aménagés et équipés à cet effet conformément aux normes de protection.

Protection contre les rayonnements ionisants

- *Les Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements (NFI)* marquent le point culminant des efforts engagés au cours des dernières décennies pour harmoniser au niveau international les normes de sûreté et de protection radiologique.



Protection contre les rayonnements ionisants

Programme de Protection Radiologique

Le Programme de Protection Radiologique (PPR):-

Reflète l'engagement de la Direction, concernant la protection et la sûreté radiologique, par une structure de gestion, des politiques, des procédures et des dispositions organisationnelles adaptées à la nature et à l'ampleur du risque.

Protection contre les rayonnements ionisants

Programme de Protection Radiologique (suite)

Dans l'organisation d'un programme de protection radiologique, on devrait considérer les points suivants:

- Les responsabilités des titulaires d'enregistrement ou de licence, en ce qui concerne la radioprotection du patient, du personnel et du public.

Titulaire de licence:

Détenteur d'une licence délivrée pour une pratique ou une source, et à qui sont reconnus des droits et des devoirs liés à cette pratique ou à cette source, notamment en ce qui concerne la protection et la sûreté (NFI)

Protection contre les rayonnements ionisants

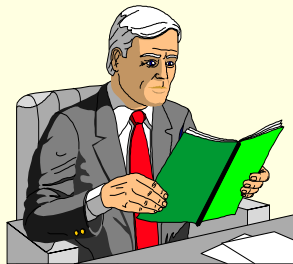
Programme de Protection Radiologique (suite)

- La désignation des zones contrôlées et surveillées
- Le contrôle radiologique du personnel et des lieux de travail
- Le programme d'enseignement et de formation en protection et en sûreté radiologique.
- Surveillance de la santé (contrôle sanitaire).

Protection contre les rayonnements ionisants

Comité de Radioprotection

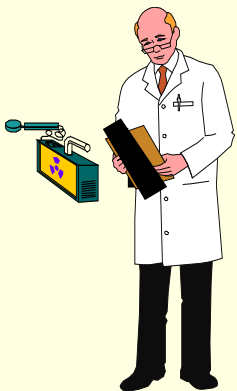
Individus responsables de la mise en place du PPR



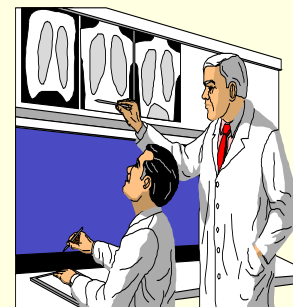
Gestion
(Titulaire
d'enreg. ou
de licence)



Directeur du
département
de radiologie



Responsable de
Protection
Radiologique

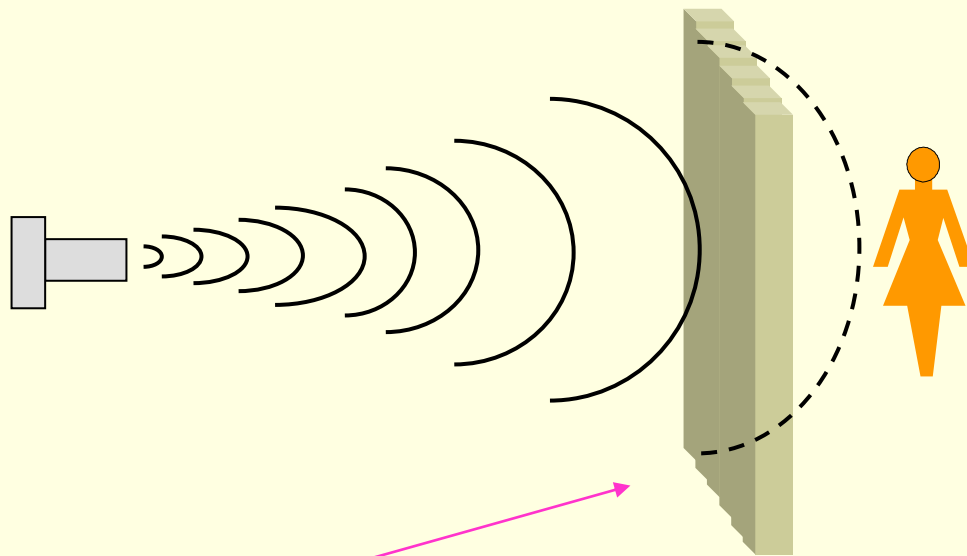


Personnel
et autres

Protection contre les rayonnements ionisants

Matériaux de protection

Matériaux généralement utilisés dans les blindages:-



Écran

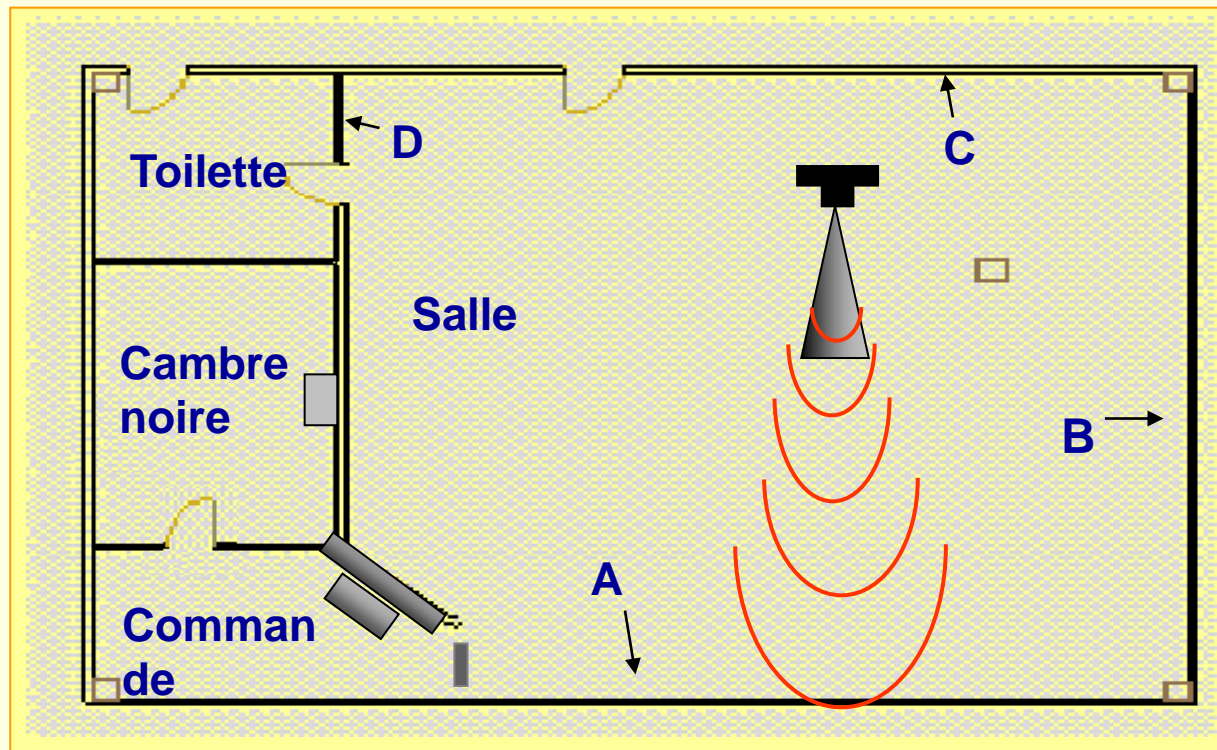
- plomb
- béton
- verre plombé

Protection contre les rayonnements ionisants

Écran de protection primaire

Il s'agit d'une surface structurale sur laquelle le faisceau utile de rayons X peut être dirigé.

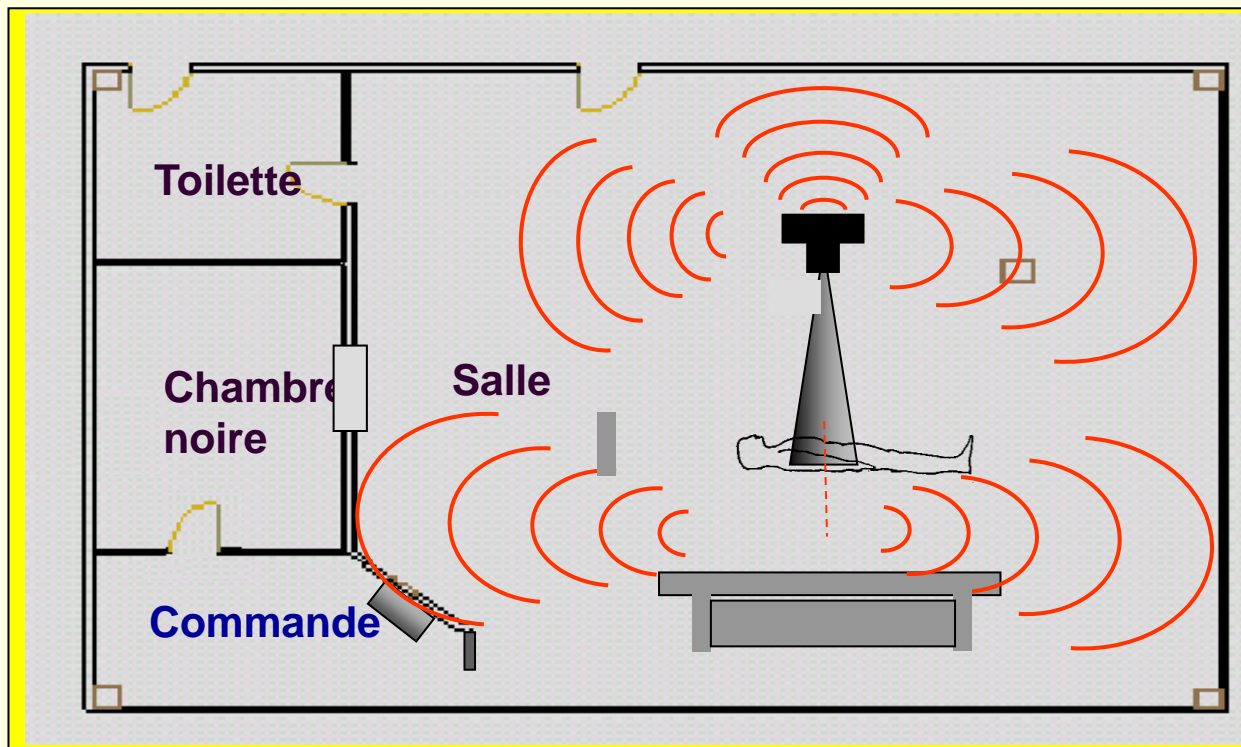
Le mur A dans le diagramme est un écran primaire



Protection contre les rayonnements ionisants

Écran de protection secondaire

Rayonnement secondaire – rayonnement diffusé et de fuite



Protection contre les rayonnements ionisants

V. Objectifs de la Protection

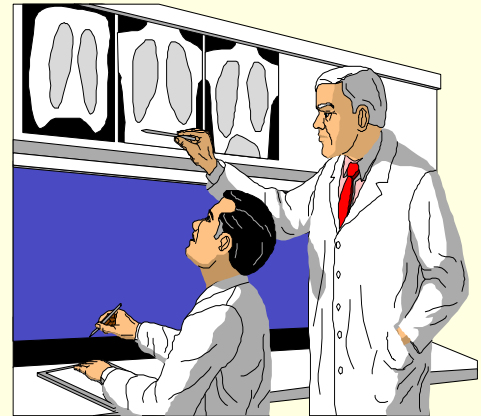
Objectifs principaux

La protection et la sûreté radiologique en radiologie ont pour objectif principal d'assurer :

- ❑ Que les **personnes utilisant l'équipement à rayons X** exercent dans un environnement de travail sûr et qu'ils ne reçoivent pas de doses au dessus de la contrainte prescrite, c.à.d. 100 mSv en moyenne sur 5 ans ou **20 mSv par an** (Art. 14, décret 2-97-30 du 28/10/97).
- ❑ Que les **membres du public** qui travaillent dans ou près d'un service ne reçoivent pas de doses au-dessus de la contrainte prescrite, c.à.d. **1 mSv par an** (Art. 21, décret 2-97-30 du 28/10/97).

Protection contre les rayonnements ionisants

Protection des travailleurs



Objectif

- Stimuler une **culture de sûreté** qui soit encouragée par la **direction** et soutenue par le **personnel**, et qui comprenne l'évaluation des zones contrôlées et des zones surveillées, la mise en place et l'utilisation de dispositifs protecteurs appropriés et d'un contrôle radiologique individuel.

Protection contre les rayonnements ionisants

Limites de doses annuelles

Organe ou tissu	Travailleurs exposés
Corps entier	20 mSv
Cristallin	150 mSv
Peau	500 mSv
Mains, extrémités	500 mSv

Protection contre les rayonnements ionisants

Classification des travailleurs

Catégorie A



Personnes dont les conditions habituelles de travail sont susceptibles d'entraîner le dépassement des 3/10 des limites annuelles d'exposition.

Catégorie B

Personnes dont les conditions habituelles de travail sont telles qu'elles ne peuvent normalement pas entraîner le dépassement des 3/10 des limites annuelles d'exposition


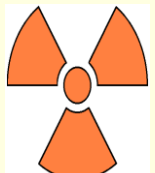
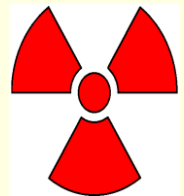
Protection contre les rayonnements ionisants

Zones de travail et signalisations associées

Dose efficace mSv/an		1	<p>ZONE SURVEILLEE</p> 	6	<p>ZONE CONTROLEE</p> 	20
Type de zone	Zone public		Zone surveillée		Zone contrôlée	
Travailleurs autorisés			<p>B Personnel NDATR Dosimètre réglementaire obligatoire</p>		<p>A Personnel DATR Dosimètre réglementaire recommandé</p>	

Protection contre les rayonnements ionisants

Zones de travail et signalisations associées

<p>Dose efficace mSv/an</p>	<p>> 20</p>	<p>ACCES REGLEMENTE</p>  <p>DANGER D'IRRADIATION ET DE CONTAMINATION</p>	<p>ACCES REGLEMENTE</p>  <p>DANGER D'IRRADIATION ET DE CONTAMINATION</p>	<p>ACCES INTERDIT</p>  <p>DANGER D'IRRADIATION ET DE CONTAMINATION</p>
<p>Type de zone</p>		<p>Zone Contrôlée (spécialement réglementée)</p>	<p>Zone Contrôlée (spécialement réglementée)</p>	<p>Zone Contrôlée (spécialement réglementée)</p>
<p>Travailleurs autorisés</p>		<p>A DATR</p>	<p>A DATR</p>	<p>A DATR</p>

Protection contre les rayonnements ionisants

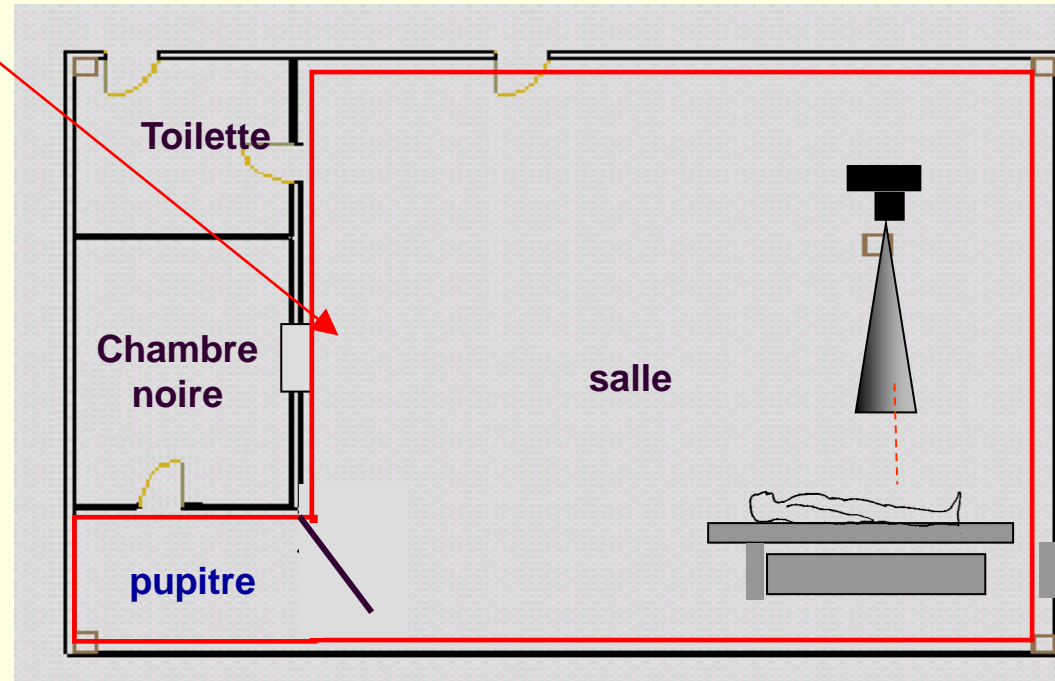
Classification des lieux de travail

(Art.32, décret 2-97-30 du 28/10/97)

Zone contrôlée

Toute zone dans laquelle des mesures de protection ou des dispositions de sûreté particulières sont ou pourraient être requises pour:

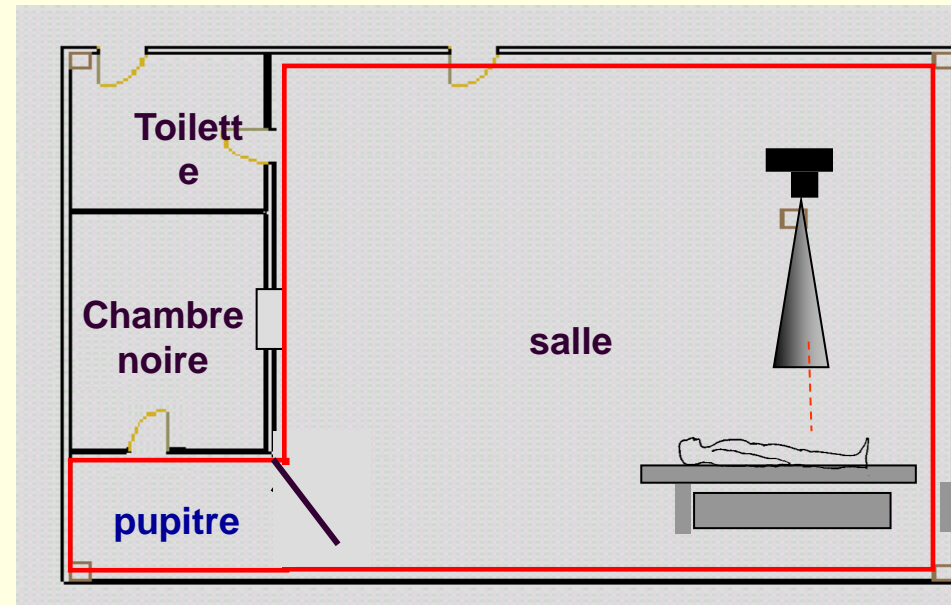
- maîtriser les expositions normales dans des conditions normales de travail; et
- éviter ou limiter les expositions potentielles.



Protection contre les rayonnements ionisants

Zone surveillée

Toute zone non désignée comme **zone contrôlée** pour laquelle **les conditions d'exposition professionnelle font l'objet d'une surveillance**, même si aucune mesure protectrice ou disposition de sûreté n'est normalement nécessaire.



Protection contre les rayonnements ionisants

Surveillance des lieux de travail

Une évaluation du lieu de travail sera effectuée:

- avant de démarrer une nouvelle installation;
- suite à un entretien technique ou à une réparation de l'équipement à rayons X, qui puisse affecter le rendement du tube et augmenter les niveaux de rayonnements.



Protection contre les rayonnements ionisants

L'exploitant de l'établissement

- ❑ L'exploitant de l'établissement est tenu d'assurer la protection contre les rayonnements ionisants des travailleurs (Art. 26, décret 2-97-30 du 28/10/97) et d'établir un règlement intérieur de radioprotection (Art. 29, décret 2-97-30 du 28/10/97).
- ❑ Le titulaire de licence s'assurera que toutes les personnes concernées ayant des activités qui comportent une exposition professionnelle au rayonnements, soient pourvues de:
 - ✓ un dispositif de surveillance radiologique individuel, provenant d'un fournisseur autorisé (Art. 40, décret 2-97-30 du 28/10/97),
 - ✓ vêtements de protection appropriés (Art. 4, décret 2-97-132 du 28/10/97).



Protection contre les rayonnements ionisants

L'exploitant de l'établissement (suite)

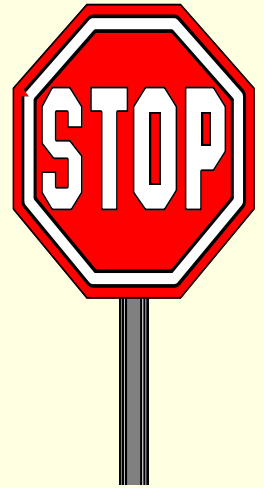
- ❑ L'exploitant est tenu d'assurer la **surveillance médicale des travailleurs exposés** (à l'embauche, périodiquement et à la fin de l'embauche) (Art. 34 et 37, décret 2-97-30 du 28 oct. 1997).
- ❑ Aucun travailleur **ne peut être exposé aux rayonnements ionisants sans l'avis d'un médecin qualifié en médecine de travail** attestant que le travailleur ne présente pas d'inaptitude à une telle exposition (Art. 35, décret 2-97-30 du 28 oct. 1997).
- ❑ Tout **travailleur** susceptible d'être exposé aux rayonnements ionisants **doit recevoir une formation adapté à la nature du risque** (Art. 28, décret 2-97-30 du 28 oct. 1997).

Protection contre les rayonnements ionisants

Limitations d'âge

- ❑ Aucune personne âgée de moins de **18 ans** ne sera autorisée à travailler dans une zone contrôlée à moins qu'elle soit surveillée, et ceci uniquement dans le cadre d'une formation.

(Art.13, décret 2-97-30 du 28/10/97)



Protection contre les rayonnements ionisants

Vêtements de protection et dispositifs liés

Les vêtements et les dispositifs de protection pouvant être utilisés dans un service de radiologie comprennent:

(Art. 4, décret 2-97-132 du 28/10/97)

- tabliers équivalents en plomb
- gants équivalents en plomb
- protecteurs de la thyroïde
- lunettes de protection
- Protecteurs des gonades



Protection contre les rayonnements ionisants

Tabliers équivalents en plomb

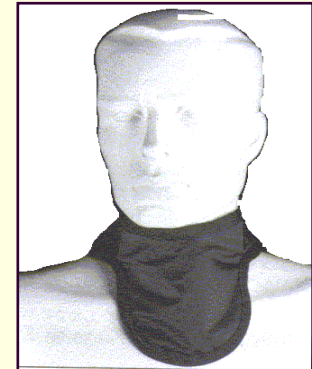
- Doivent être **stockés sur des cintres** et ne doivent pas être pliés.
- Doivent être identifiés par un code et **examinés à des intervalles réguliers** (p.e. 12-18 mois) afin de vérifier l'intégrité du blindage.
- Ceux suspectés d'être endommagés doivent être immédiatement mis hors service jusqu'à leur examen et la certification de leur conformité.



Protection contre les rayonnements ionisants

Protecteurs de la thyroïde

- Dû aux doses et aux débits de dose potentiellement élevés en radiologie interventionnelle, les médecins praticiens spécialistes c.à.d. le radiologue, le cardiologue, le neuro-radiologue, etc., doivent utiliser une protection de la thyroïde.
- Néanmoins, l'utilisation appropriée d'un écran suspendu, entre le patient et l'interventionniste, peut réduire le besoin d'une protection séparée de la thyroïde.



Protection contre les rayonnements ionisants

Lunettes de protection

- Dans certaines procédures de **radiologie interventionnelle**, le cristallin des yeux des médecins peuvent recevoir des doses annuelles très importantes de rayonnements.
- Des lunettes équivalentes en plomb ou des protections du visage, avec une protection latérale, devraient être utilisées dans ces cas-là.
- Néanmoins, l'utilisation appropriée d'un écran suspendu, entre le patient et l'interventionniste, peut réduire le besoin d'une protection des yeux.



Protection contre les rayonnements ionisants

Gants équivalents plomb

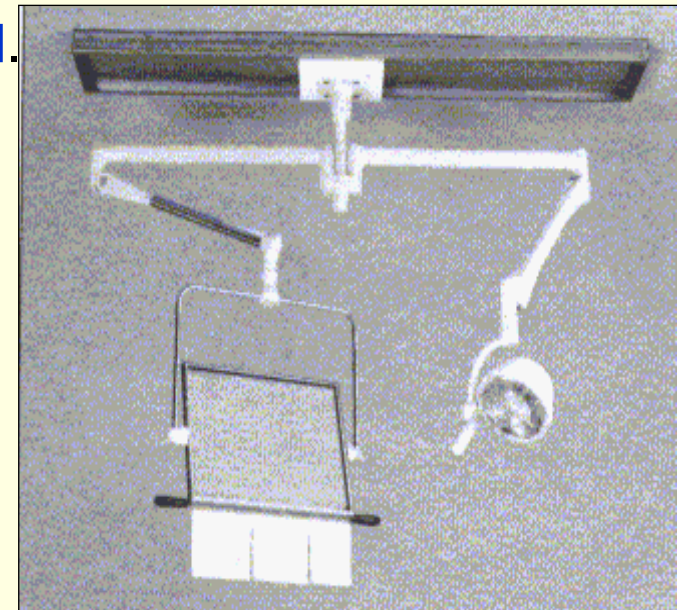
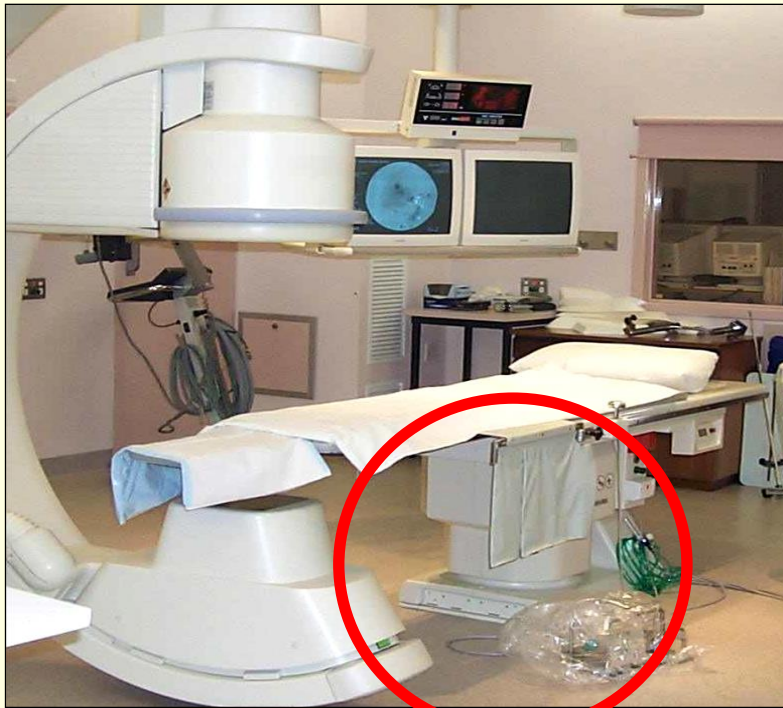
- Des gants avec une épaisseur allant de 0.25 à 0.5 mm équivalent en plomb, offrent une bonne protection là où les mains sont nécessairement proches du bord du faisceau utile de rayons X. Cependant, ils ont une flexibilité limitée et ne sont pas appropriés lors de procédures nécessitant un contrôle plus précis .
- Des **gants légers équivalent en plomb**, similaires aux gants chirurgicaux, peuvent être utilisés dans certains cas en **radiologie interventionnelle**.



Protection contre les rayonnements ionisants

D'autres dispositifs de protection

Des écrans protecteurs suspendus au plafond.



Des rideaux plombés
montés sur
la table du patient

Protection contre les rayonnements ionisants

Fenêtres de surveillance

- Des fenêtres en verre équivalentes en plomb, permettent l'observation du patient pendant la procédure radiologique. Elles devraient être **identifiées par leur équivalent en plomb.**



- Ces écrans sont prévus **pour protéger l'opérateur contre le rayonnement diffusé.**
- **Le faisceau de rayons X ne doit pas être dirigé dans sa direction.**

Protection contre les rayonnements ionisants

Surveillance radiologique individuelle

Un dispositif de contrôle radiologique individuel sera fourni à chaque membre du personnel qui pourrait normalement être exposé au rayonnements dans les zones contrôlées (Art 40, décret 2-97-30 du 28/10/97). Ceci inclut:

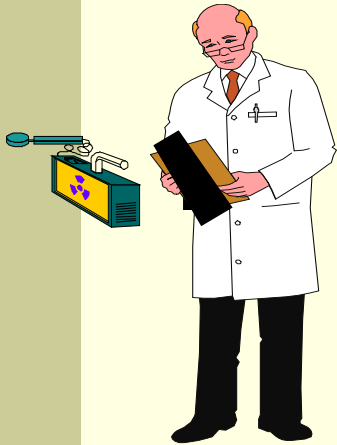
- Les radiologues;
- Les manipulateurs;
- Le personnel chargé de l'entretien technique de l'équipement à rayons X;
- Le Responsable de la Protection Radiologique;
- Les infirmières et autre personnel selon que ce soit approprié ou non;
- Les médecins praticiens spécialistes (p.e. cardiologues, chirurgiens, etc.).

Protection contre les rayonnements ionisants

Dispositifs de contrôle radiologique individuel (suite)

La personne compétente en radioprotection doit:

- identifier le personnel qui a besoin d'une surveillance individuelle;
- maintenir les registres de doses individuelles;
- déterminer la procédure pour traiter la perte de dosimètres



Là où le personnel travaille dans plus d'un service, des **dosimètres séparés sont habituellement fournis** de sorte que les lieux d'exposition inhabituelle puissent être identifiés. (Art. 40, décret 2-97-30 du 28 oct. 1997).

Protection contre les rayonnements ionisants

Dispositifs de contrôle radiologique individuel (suite)

Chaque dosimètre sera utilisé uniquement par la personne à qui il est assigné.



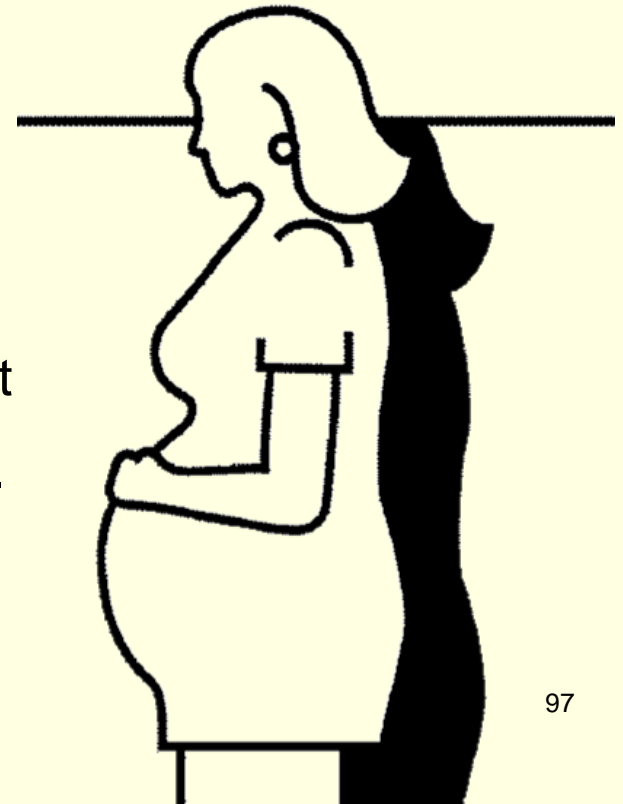
Le personnel portera toujours les dosimètres pendant son Travail dans les zones contrôlées. **Le dosimètre du corps entier doit être au niveau du tronc, sur la poitrine.**

Protection contre les rayonnements ionisants

Personnel féminin et grossesse

Les femmes professionnellement exposées doivent notifier leur grossesse au RPR / titulaire de licence aussitôt que possible.

- ❑ La notification de la grossesse ne doit pas être une raison pour exclure une travailleuse de ses fonctions normales.
- ❑ Toute femme reconnue enceinte ne peut travailler dans les conditions de travail A.
(Art. 15, décret 2-97-30 du 28/10/97).



Protection contre les rayonnements ionisants

Protection des patients

Objectif

- ❑ Fournir les connaissances et les qualifications nécessaires à l'application des principes de base de l'**optimisation** et de la **justification** en radiologie diagnostique et interventionnelle, en ce qui concerne les doses délivrées aux patients.

Protection contre les rayonnements ionisants

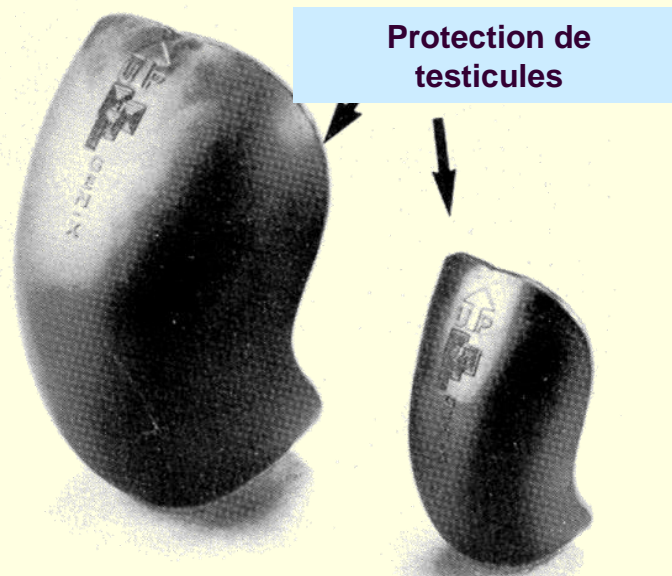
Objectif (suite)

- ❑ L'objectif de la protection du patient en radiologie diagnostique est de **maximiser la marge du bénéfice sur le risque potentiel**, compte tenu des circonstances sociales et économiques
- ❑ L'optimisation et la protection ne signifient pas nécessairement une réduction de la dose reçue par les patients. La priorité doit être **l'acquisition d'une information diagnostique fiable**.

Protection contre les rayonnements ionisants

Dispositifs de protection pour les patients

- ❑ Des dispositifs plastiques de protection avec 0.5 mm d'équivalent plomb doivent être utilisés pour protéger les testicules des hommes et la région pelvienne des femmes pré-ménopausiques pendant les examens radiologiques de l'abdomen, du bassin ou du rachis inférieur, etc.,



Protection contre les rayonnements ionisants

Dispositifs de protection pour les patients (suite)



Protection contre les rayonnements ionisants

Identification des patientes enceintes

Il faut prendre des mesures afin de protéger toutes les femmes en capacité reproductrice:

- On doit demander à toutes les femmes qui vont subir un examen de l'abdomen, du bassin, du rachis, etc., si elles sont enceintes ou s'il y a une possibilité qu'elles soient enceintes.
- Si oui, le médecin référant doit déterminer si l'examen peut être reporté sans risque.
- Si non, des mesures protectrices standard doivent être appliquées.



Protection contre les rayonnements ionisants

Identification des patientes enceintes (suite)

Le médecin référant a la responsabilité primaire d'identifier les patientes à risque. Néanmoins, le personnel du service de radiologie doit assurer un "filtre" secondaire.



Protection contre les rayonnements ionisants

Justification

- ❑ Toutes les procédures de radiologie diagnostique et interventionnelle doivent être **justifiées** par une comparaison des avantages qu'elles procurent sur le plan diagnostique et du détriment radiologique qu'elles pourraient entraîner, compte tenu des avantages et des risques des autres techniques disponibles qui ne comportent pas d'exposition médicale.

Protection contre les rayonnements ionisants

Optimisation

L'exploitant de l'établissement ou le titulaire de licence veille à ce que les praticiens qui effectuent des examens radiologiques diagnostiques ou d'intervention:

- s'assurent que **le matériel approprié** pour chaque examen soit utilisé;
- suivent des **procédures qui assurent l'exposition minimale nécessaire** (pour atteindre l'objectif diagnostique) des patients,
- tiennent compte de **l'information pertinente des examens précédents** pour éviter des examens additionnels inutiles.

Protection contre les rayonnements ionisants

Traitement des films

- ❑ Le film radiographique doit être traité selon les instructions du fabricant. Des procédures correctes de développement **manuel** des films **optimisent la qualité de l'image** et **minimisent les doses de rayonnements reçues par les patients**.
- ❑ Le développement **automatique** des films implique des **procédures standards** et **peu d'interférences de l'opérateur** dans les processus.

Protection contre les rayonnements ionisants

Réduction de la dose délivrée au patient

Des mesures importantes pour lesquelles les doses de rayonnements reçues par les patients (et les opérateurs) peuvent être minimisées comprennent:

- ❑ **réduction de la taille** du faisceau (par collimation) au minimum nécessaire, en fonction des besoins cliniques de l'examen; et
- ❑ **centrage précis** du faisceau et positionnement approprié du patient.

Protection contre les rayonnements ionisants

Réduction de la dose délivrée au patient (suite)

- ❑ Les patients doivent recevoir des **instructions claires** sur la coopération nécessaire dans une procédure particulière. P.e. retenir la respiration ou éviter les mouvements pendant l'exposition. **L'immobilisation passive** des patients pourrait être aussi utilisée, si cela est approprié.
- ❑ Dans la mesure du possible, **aucune exposition ne devrait être répétée**, à moins que la valeur diagnostique de l'examen ne soit compromise, selon l'évaluation qu'en ferait le médecin.

Protection contre les rayonnements ionisants

Réduction de la dose délivrée au patient (suite)

- Les examens de tomodensitométrie doivent être justifiés individuellement.
- En mammographie, la compression du sein maximise la qualité de l'image et réduit la dose glandulaire moyenne.
- Des systèmes à rayons X, à but spécial pour des examens pédiatriques seront utilisés pour les bébés et les petits enfants. De ce fait, es manipulateurs doivent suivre une formation spécifique et l'utilisation des dispositifs d'immobilisation des enfants.
- un programme rigoureux d'assurance de qualité et que des protocoles de procédures doivent être suivis pour éviter des doses inutilement élevées chez le patient.

Protection contre les rayonnements ionisants

Assurance de la Qualité (AQ):

Objectif:

C'est un instrument d'administration. Le premier but d'un programme d'assurance qualité radiologique est d'améliorer le soin des patients. Ceci inclut la revue périodique des modes de référence, les protocoles cliniques, les contrôles de qualité de l'équipement et les procédures de l'administration.

Protection contre les rayonnements ionisants

Fréquences suggérées pour le contrôle de la performance
de l'équipement (CQ)

Type d'équipement	Fréquence suggérée (mois)
De mammographie	6 – 12
De tomodensitométrie	12 – 24
Fluoroscopique	12 – 24
Radiographique	24 – 36
Dentaire	36 – 60

Protection contre les rayonnements ionisants

Exposition du public

L'exposition du public englobe toutes les expositions autres que l'exposition professionnelle et l'exposition médicale.

(CIPR 60)



Protection contre les rayonnements ionisants

Limites de doses annuelles

Organe ou tissu	Public
Corps entier	1 mSv
Cristallin	15 mSv
Peau	50 mSv
Mains, extrémités	50 mSv

Protection contre les rayonnements ionisants

Le public comme visiteur

Le titulaire de la licence:

- ❑ s'assurera que les visiteurs soient **accompagnés** dans toute zone contrôlée, d'une personne bien informée des mesures de protection et de sûreté concernant cette zone;
- ❑ fournira aux visiteurs les **informations et les instructions adéquates** avant qu'ils n'entrent dans une zone contrôlée, afin d'assurer leur protection;
- ❑ maintiendra le contrôle de l'entrée des visiteurs aux zones surveillées par **des panneaux et signaux d'avertissement**.

Protection contre les rayonnements ionisants

Le public comme visiteur (suite)

- ❑ En principe, **aucune personne** autre que le patient et les personnes nécessairement présentes pour la conduite de l'examen, ne devrait être présente pendant les expositions; et
- ❑ **L'intimité** des patients doit être respectée.

Comportements devant le risque radiologique

Le peureux « maladif ».....



Le « je-m'en-foutiste » arrogant.....



L'informé..... Vous.....



Références bibliographiques

1. IAEA Basic Safety Standards-BSS 115 (1996).
2. IAEA TECDOC (Draft)- Practice Specific Model Regulations Radiation Safety in Diagnostic and Interventional radiology. September 2001.
3. IAEA Safety guide (Draft)- Radiological Protection for Medical Exposure to Ionizing Radiation, 2001.
4. IAEA TECDOC- 1191- Categorization of radiation sources, december 2000.
5. IAEA TECDOC- 1113- Safety Assessment plans for Autorisation and Inspection of Radiation sources, september 1999.
6. IAEA TEC DOC- 1167- Organisation and Implementation of a national Regulatory Infrastructure governing Protection against Ionizing Radiation and the Safety of Radiation sources, february 1999.
7. Recommendations of International Commission of radiological Protection, Publication 60, 1990.
8. Manuel Pratique de Radioprotection, D. J. Gambini et R. Granier, Thechnique et Documentation, 1997.

E-mail: saady58@hotmail.com