



RADIOPROTECTION

Pr. S.M.MEGHELLI

Maitre de conférence A

Biophysique- Médicale

Faculté de médecine de Tlemcen

PLAN

- Définition
- Grandeurs et unités
- Origine de l'exposition aux rayonnements ionisants (RI)
- Les lois de la radioprotection
- Règles de base pour se protéger contre les RI
- Définitions des zones dans un service utilisant les RI
- Classification des travailleurs

Radioprotection

1) Définition de l'ASN (agence de sureté nucléaire) =

Equivalent du COMENA en Algérie

« L'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des RI produits sur les personnes directement ou indirectement, y compris par les atteintes portées à l'environnement »

- **Autre définition**

Ensemble des mesures prises pour protéger

- ▶ les travailleurs
- ▶ la population
- ▶ les écosystèmes

des dangers des rayonnements ionisants *tout en permettant leur utilisation !*

L'unité de mesure en radioprotection est le sievert "Sv"

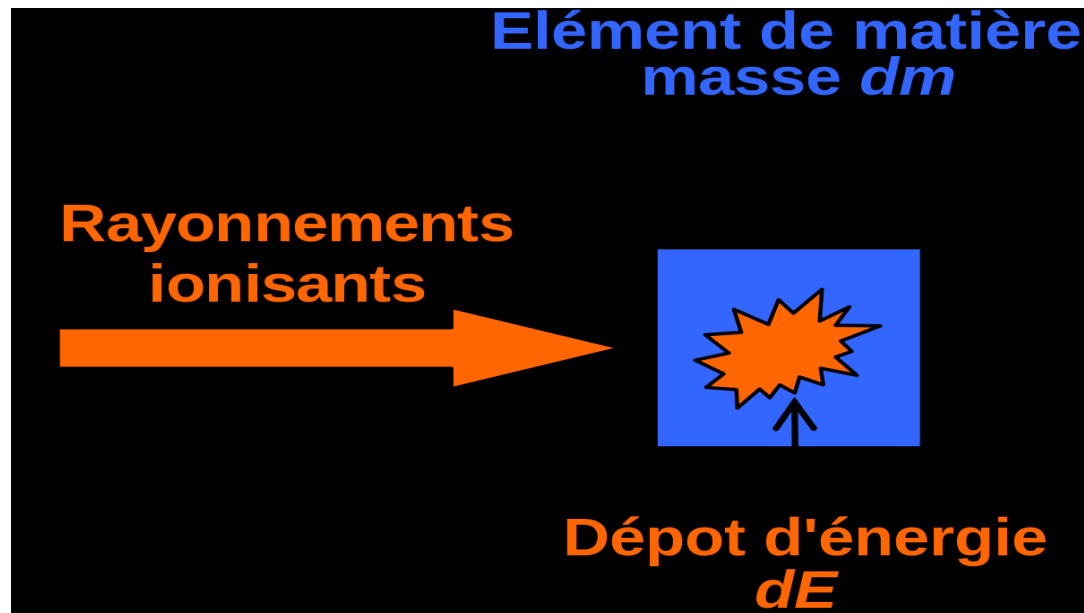
Le Sievert introduit la notion de "risque biologique"

C'est l'unité utilisée pour donner une évaluation de l'impact des rayonnements sur l'homme (tissus biologiques); c'est l'unité pour mesurer la dose équivalente.

2) Grandeurs et Unités

La Dose absorbée (D)

- C'est l'énergie transmise a l'unité de masse:
- S'exprime en Gray ($1 \text{ Gy} = 1 \text{ Joule/kg} = 1 \text{ joule d'énergie absorbé par kg de matériau irradié}$).



- **Gray**: représente l'énergie d'un rayonnement ionisant qui apporte une énergie d'un joule à un milieu homogène d'une masse d'un kg. Cette grandeur est utilisée pour apprécier les effets déterministes de forte irradiation sur l'homme (cours effets biologiques des RI).

NB: Pour passer du Gray (Gy) au Sievert (Sv), on fait intervenir :

- Un facteur de pondération lié à la qualité du rayonnement.
- Un facteur de pondération lié à la nature du tissu irradié

Le Débit de dose absorbée (D)

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt}$$

L'unité de débit de dose absorbée est le **gray par heure (Gy.h⁻¹)**.

La dose équivalente (Ht)

Prend en compte le type de rayonnement. Elle est calculée en multipliant la dose absorbée par un facteur dépendant du type de rayonnement (X, gamma...).

- Etre irradié par 1 Gy de gamma ou 1 Gy de alpha n'est pas la même chose!
- Il faut un facteur de pondération pour le type de rayonnement (W_r)

Dose équivalente (Ht) = D x W_r (s'exprime en Sievert)

Rappels

- α = noyaux d'hélium

très peu pénétrants dans les tissus (dizaine de microns)
: haute densité d'ionisation.

- β = électrons

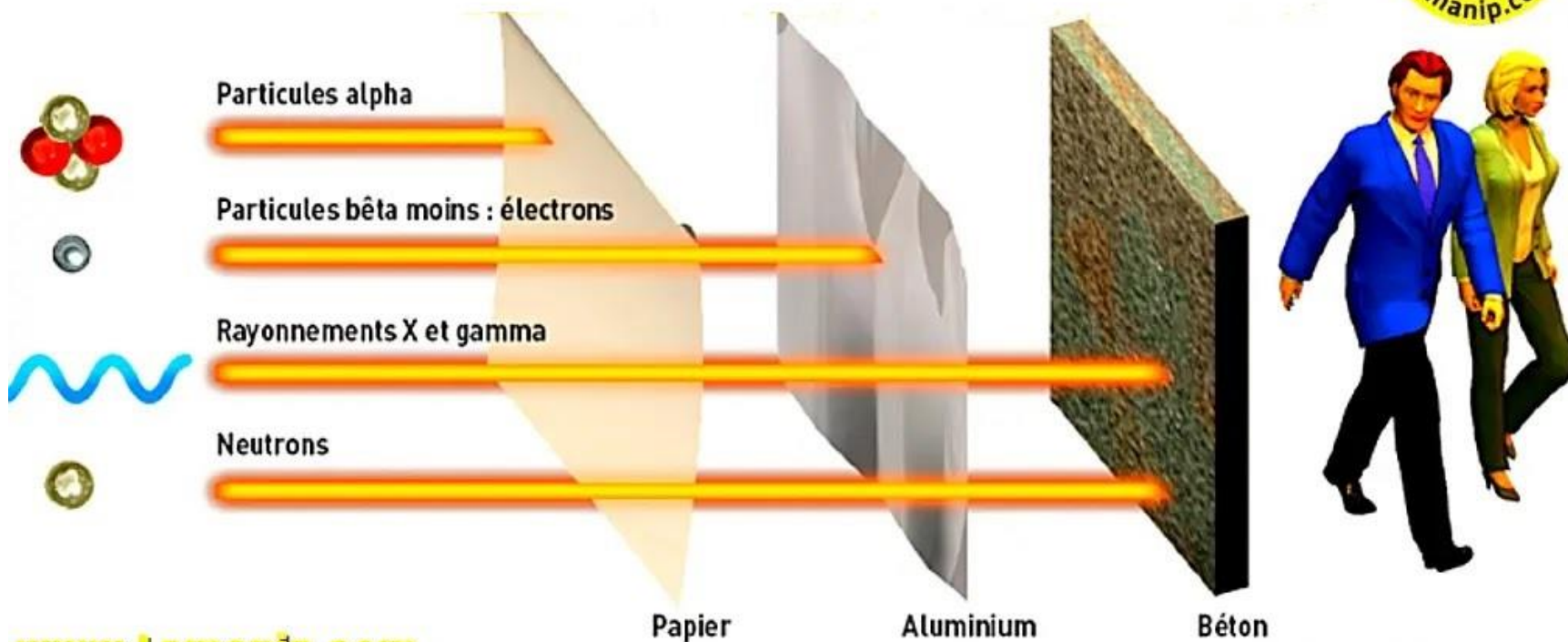
pénétration moyenne (de l'ordre du mm)

densité d'ionisation moins importante que les α (mais
augmente beaucoup en fin de parcours)

- γ et x = rayonnements électromagnétiques

pénétration élevée (dizaine de cm) : faible densité
d'ionisation.

Module
Physique Appliquée Et Technologie
En Imagerie De Projection



Les facteurs de pondération pour les RI

Type et domaine d'énergie	W_R
Photons, toutes énergies	1
Électrons et muons, toutes énergies	1
Neutrons, énergie < 10 keV	5
10 keV à 100 keV	10
> 100 keV à 2 MeV	20
2 MeV à 20 MeV	10
> 20 MeV	5
Protons, autres que les protons de recul, énergie > 2 MeV	5
Particules alpha, fragments de fission, noyaux lourds	20

La dose efficace (E) en Sv = dose corps entier

- L'exposition radiologique des différents organes et tissus du corps entraîne différentes probabilités de dommage et peut avoir différents degrés de gravité.
- Irradier un pied et irradier la moelle n'est pas la même chose!
- Il faut un facteur de pondération tissulaire (Wt) pour les différents tissus irradiés:

$$E = Ht \times Wt \text{ (s'exprime toujours en Sievert)}$$

Les facteurs de pondération tissulaires

Tissu ou organe	W_T
Gonades	0,20
Moelle osseuse (rouge)	0,12
Colon	0,12
Poumons	0,12
Estomac	0,12
Vessie	0,05
Sein	0,05
Foie	0,05
Œsophage	0,05
Thyroïde	0,05
Peau	0,01
Surface des os	0,01
Autres tissus ou organes*	0,05


$$\Sigma = 1$$

Suite

La dose efficace (E):

- Grandeur utilisée en radiobiologie et radioprotection pour quantifier les effets d'une irradiation.
- Utile pour comparer le risque pour des irradiations hétérogènes ou de natures différentes.
- Possibilité d'additionner les E d'examens différents.

Schéma 1 : Effets d'une irradiation aiguë selon l'organe exposé

Dose (en Gy)	1	5	10	20	50
Atteinte de la peau	 ROUGEURS BRULURES NECROSE				
Atteinte des gonades	 TEMPO PROLONGEE IRREVERSIBLE <i>Chez l'homme</i> TEMPORAIRE PROLONGEE <i>Chez la femme</i>				
Atteinte du cristallin	 CATARACTE				

Résumé

Dose absorbée



La dose absorbée est la quantité d'énergie cédée par le rayonnement.

Dose équivalente



La dose équivalente permet de connaître l'impact d'un rayonnement donné.

Dose efficace



La dose efficace prend en compte la « fragilité » d'un tissu ou d'un organe et le type de rayonnement.

3) Origine de l'exposition aux RI

- **1- Population**
- La population est soumise en permanence à une faible exposition aux rayonnements ionisants provenant de la radioactivité naturelle et des radiations créées par l'homme.
- La radioactivité naturelle provient des rayons cosmiques et des éléments radioactifs naturellement présents dans l'environnement.
- Elle varie fortement en fonction des endroits.

Origine des RI

Exposition naturelle
2,4 mSv

Rayonnement
tellurique
13 %

Rayonnement
cosmique
11 %

Ingestion
(alimentation)
5 %

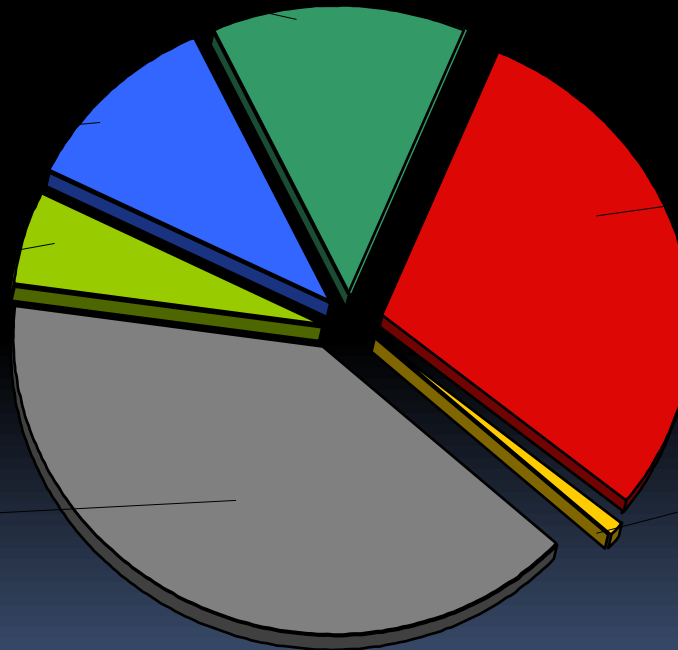
Radon
(habitations)
40 %

Exposition artificielle
1,1 mSv

Rejets des
installations
nucléaires
0,03 %

Irradiation
médicale
30 %

Essais atomiques
+ Tchernobyl
0,8 %

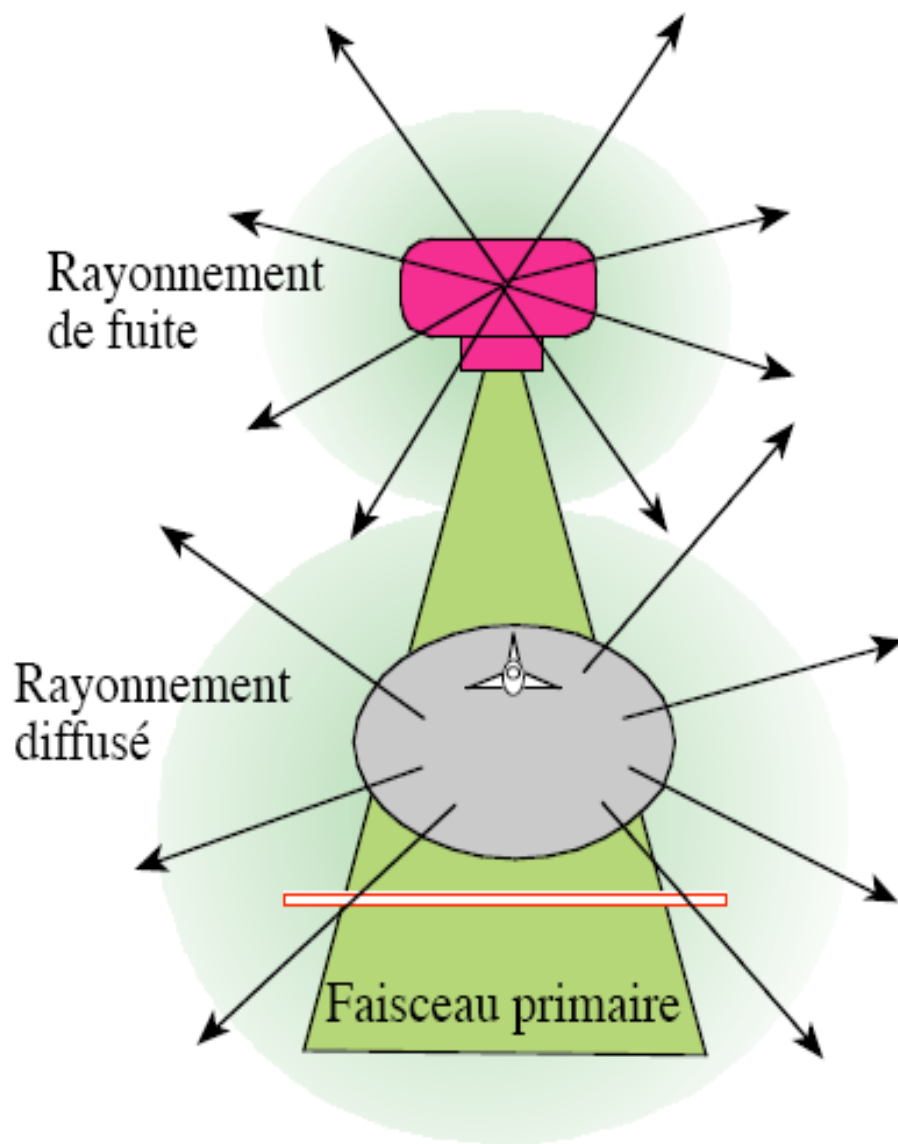


Source UNSCEAR

- L'exposition aux rayonnements ionisants créés par l'homme représente environ 1/3 de l'exposition totale moyenne dans les pays développés.
- La majeure partie de la dose reçue provient de l'exposition aux rayons X et γ pour des **raisons médicales**.
- Une partie de la population, cependant, est exposée à des risques supplémentaires liés à une **activité professionnelle**.
- **Il s'agit du personnel médical** travaillant dans les services de radiologie et de médecine nucléaire, du personnel utilisant des sources radioactives et des appareils générateurs de rayons x à des fins industrielles et du personnel employé dans l'industrie nucléaire.

2- Origine de l'exposition en radiologie

- En radiologie conventionnelle, les risques d'exposition ont 3 origines, ils proviennent du :
- faisceau primaire, du rayonnement de fuite et du rayonnement diffusé (ou secondaire).



Le **rayonnement primaire** est de loin le plus intense : pour un champ de 20 cm x 20 cm, l'irradiation par le faisceau primaire est environ 1000 fois plus grande que celle par le rayonnement diffusé et le rayonnement de fuite. Il est donc très important de se protéger contre le faisceau primaire en s'interdisant l'exposition directe de toute partie du corps, même protégée par du plomb.

Le **rayonnement de fuite** provient du tube radiogène et doit être limité par la gaine de protection.

- Le **rayonnement diffusé provient des** objets irradiés par le faisceau primaire, c'est à dire principalement le patient et accessoirement la table.
- Le rayonnement diffusé une deuxième fois (sur les murs par exemple) est d'intensité négligeable en radiologie.
- Les rayonnements diffusé et de fuite sont d'intensité plus faible que le rayonnement primaire, mais il est plus difficile de s'en protéger, car (à l'inverse du faisceau primaire) il sont présent partout dans la pièce.

Valeurs relatives des doses observées en imagerie médicale

Quelle quantité de rayonnement ?

Voici la dose de rayons X reçue par type d'examen.



IRM* ou Échographie*

= 0 cliché pulmonaire = 0 jour de rayonnement naturel

A. Radiographie d'un membre

= 0,2 cliché pulmonaire = 1,5 jour de rayonnement naturel

B. Panoramique dentaire

= 0,5 cliché pulmonaire = 4 jours de rayonnement naturel

C. Radiographie pulmonaire

= 1 cliché pulmonaire = 7 jours de rayonnement naturel

D. Mammographie

= 3 clichés pulmonaires = 20 jours de rayonnement naturel

E. Scanner du crâne

F. Radiographie de l'abdomen }
= 40 clichés pulmonaires = 300 jours de rayonnement naturel

G. Un an de rayonnement naturel

= 50 clichés pulmonaires = 365 jours de rayonnement naturel

H. Scanner du thorax

= 120 clichés pulmonaires = 900 jours de rayonnement naturel

I. Scanner abdominopelvien

= 200 clichés pulmonaires = 1 500 jours de rayonnement naturel

* L'IRM (imagerie par résonance magnétique) et l'échographie n'utilisent pas les rayons X.

4) Les lois de la radioprotection

- Justification
- Optimisation
- Limitation

Justification

- Toute activité humaine susceptible d'entraîner une exposition aux rayonnements ionisants doit être justifiée par les avantages qu'elle procure pour la société (bénéfices $>$ inconvénients)

Pour chaque exposition le bénéfice doit dépasser le risque

Optimisation

- Lorsque l'exposition aux rayonnements ionisants est justifiée, il faut maintenir les doses aussi faibles que raisonnablement possible: **principe ALARA** (As Low As Reasonably Achievable).
- Comment optimiser?
 - contrôle qualité équipements
 - bonnes pratiques...

Limitation

- les limites de dose qu'ils ne faut pas dépasser sont établies et fixés par la loi,
- Elles sont choisies suffisamment basses pour qu'aucun effet déterministe n'apparaisse et que la probabilité d'effets stochastiques (aléatoires) soit « tolérable ou acceptable ».
- Ces limites changent selon qu'il s'agisse d'un travailleur “exposé” ou du public, cela à l'exception des expositions à des fins médicales (pour le patient).

Limitation des doses

Les personnes sont classées en plusieurs catégories en fonction du taux d'irradiation que chacun est susceptible de recevoir. Les doses limites admissibles (DMA) sont réglementées par décret.

20mSv/an	Personnel catégorie A Suivi mensuel	Manip et médecins de Médecine Nucléaire Manip, médecins et physiciens de curiethérapie, Infirmière,
6 mSv/an	Personnel catégorie B Suivi trimestriel	Agents des services techniques Manip. de radiologie, de mammographie Manip. de radiothérapie
1 mSv/an	PUBLIC pas de surveillance	Les 2/3 du personnel hospitalier

Catégorie de personnel soumis aux rayonnements ionisant

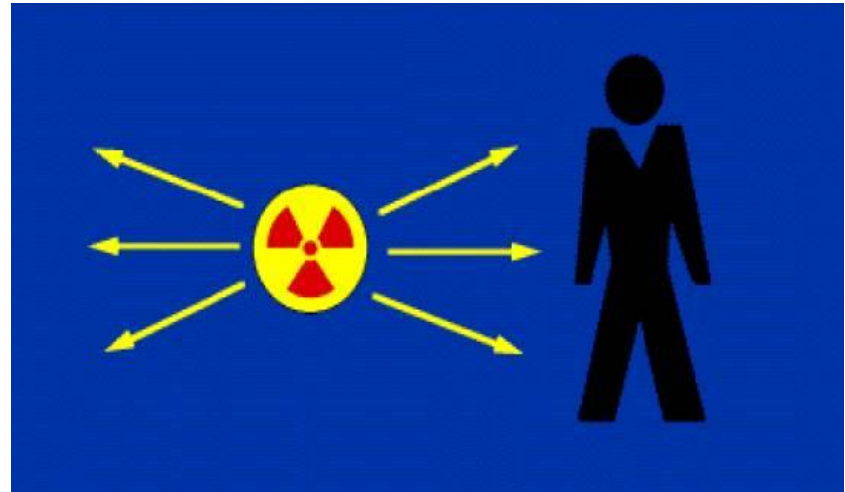
5) Règles de base pour se protéger contre les rayonnements ionisants

3 règles de base:

▶ **Temps**

▶ **Distance**

▶ **Ecran**



Temps

**Debit de dose
= 10mGy/h**



x Temps = Dose Totale



1 heure = 10 mGy



2 heures = 20 mGy

Distance



150 mSv/h

$d=50\text{cm}$



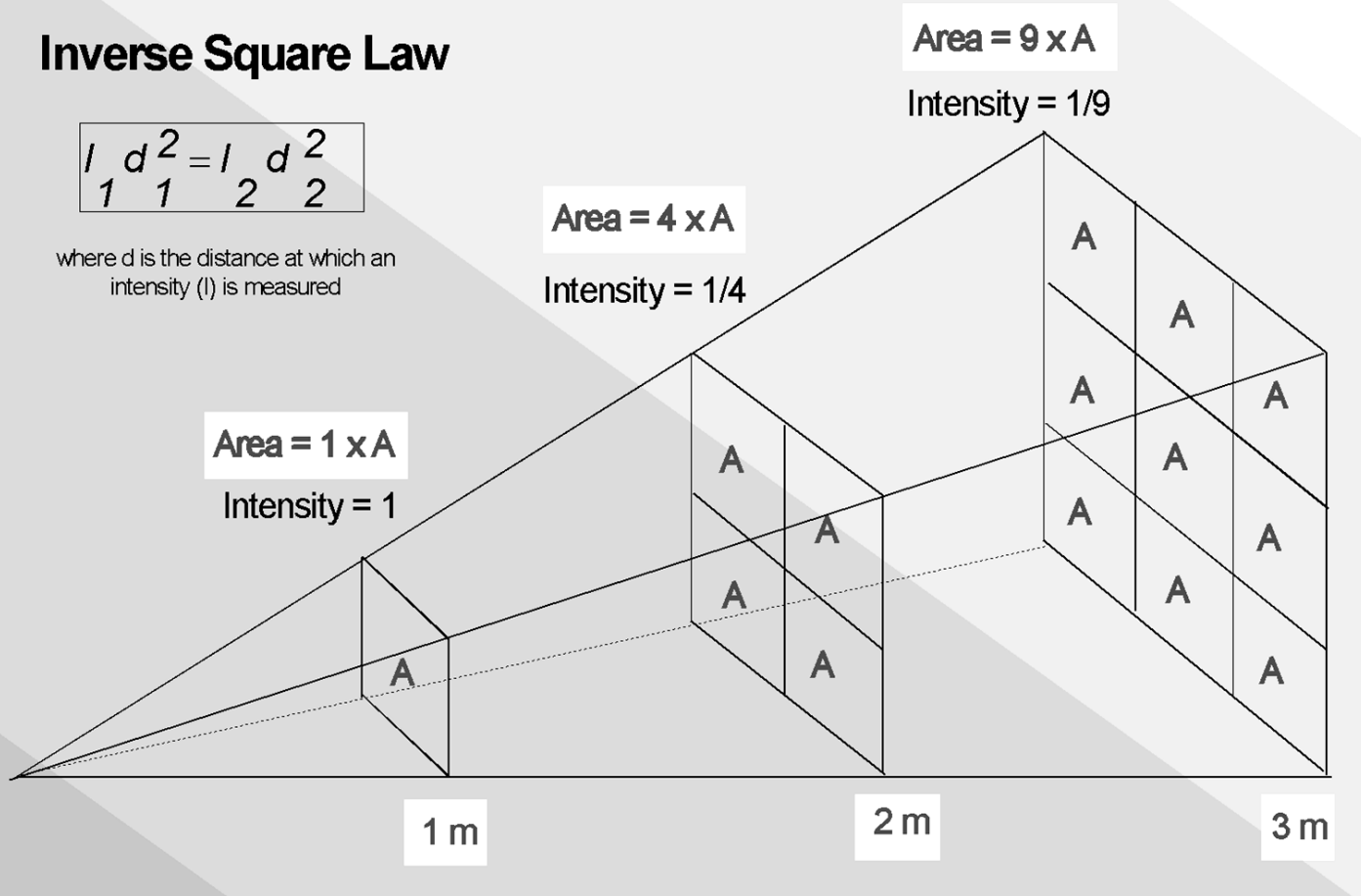
0.06 mSv/h

La loi de l'inverse du carré de la distance $1/d^2$

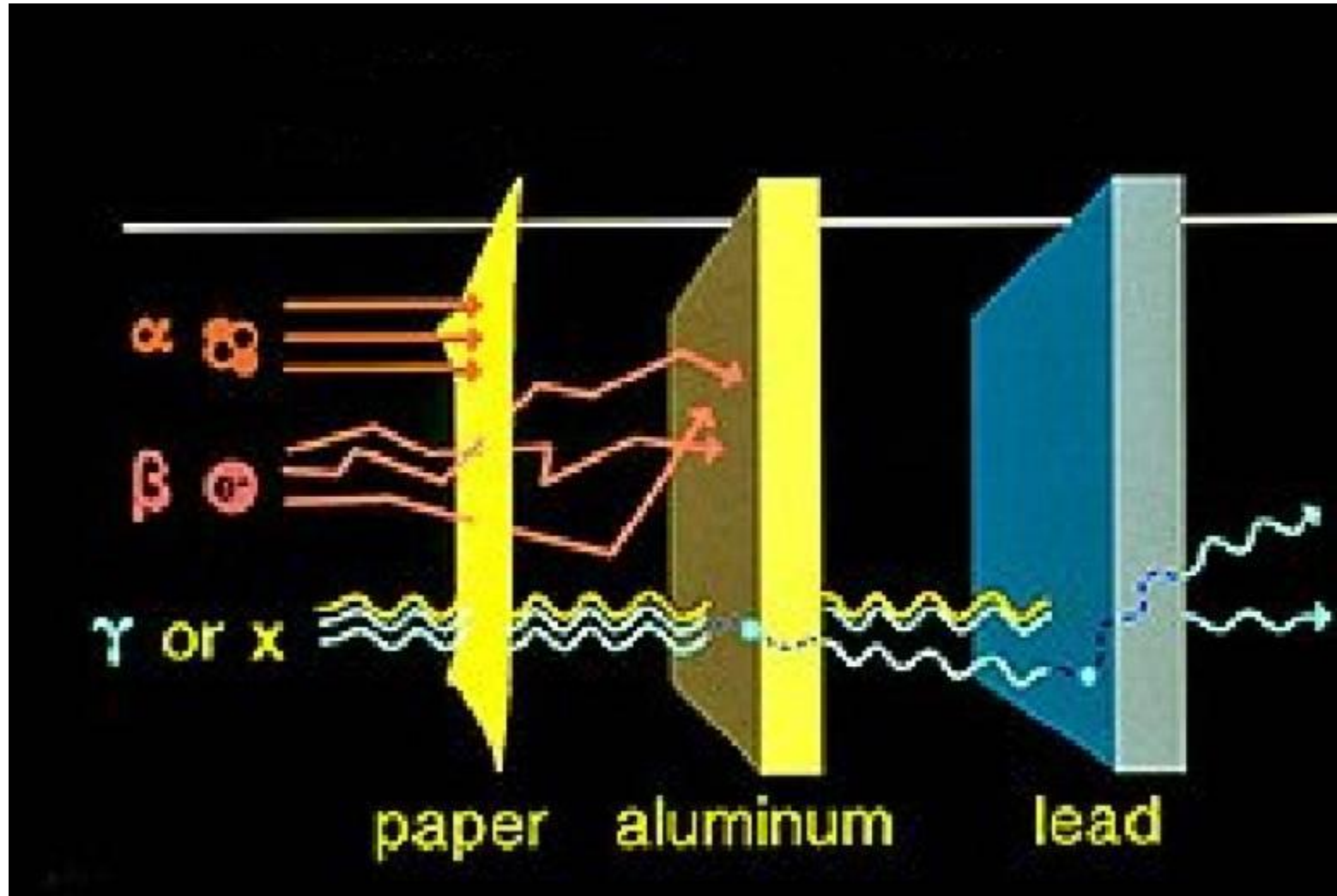
Inverse Square Law

$$\frac{I_1}{d_1^2} = \frac{I_2}{d_2^2}$$

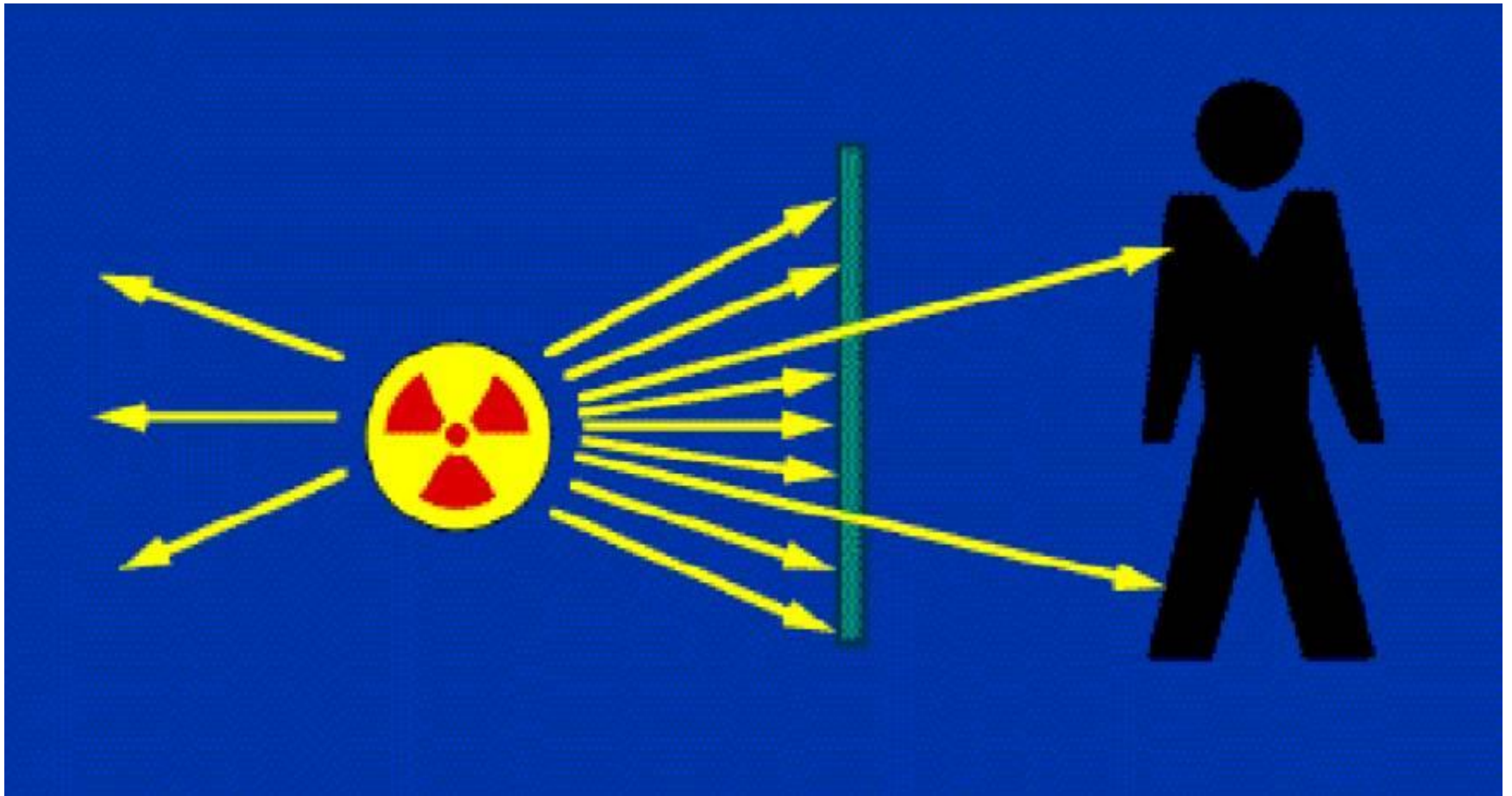
where d is the distance at which an intensity (I) is measured



L'écran



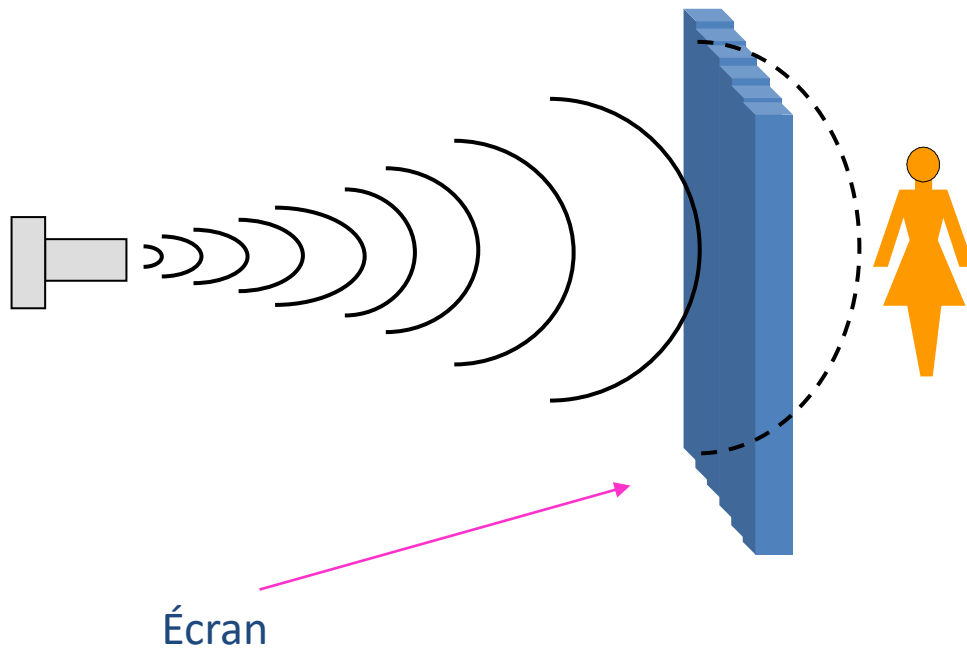
Suite (écran)



Matériaux de protection

Matériaux généralement utilisés dans les blindages:-

plomb
béton
verre plombé



Exemple: Ecran de protection contre une source radioactive



6) Définitions des zones dans un service utilisant les rayonnements



- **Zone surveillée**

dès lorsque les travailleurs sont susceptibles de recevoir, dans les conditions normales de travail, une dose efficace > 1 mSv/an ou bien une dose équivalente $> 1/10$ de l'une des limites de dose annuelle.

- **Zone contrôlée**

dès lorsque les travailleurs sont susceptibles de recevoir, dans les conditions normales de travail, une dose efficace de 6 mSv/an ou bien une dose équivalente $> 3/10$ de l'une des limites de dose annuelle.

Définition des zones



Zone à risque limité

Zone surveillée

Signale les zones de travail où une attention particulière est requise. Ne peut être fréquentée de façon permanente que par du personnel surveillé. Ex : salles de commande



Zone spéciale jaune



Zones à risque

Zone contrôlée

Signale les zones de travail où des habitudes particulières sont requises et où la surveillance du personnel est accentuée. Zone faisant l'objet de contrôles particuliers renforcés. Ex : zone autour d'une table radio pendant son utilisation, salle scanner

Zone spéciale orange








Zone spéciale rouge



Zones interdites

Signale les zones qui ne doivent pas être fréquentées lorsqu'il y a émission de rayonnements. Ex : salle de radiothérapie pendant le traitement

Définition des zones

		Pictogramme de signalisation	Limites de débit d'équivalent de dose (DeD)
Zone surveillée			Zone dans laquelle la dose annuelle reçue par les intervenants est comprise entre 1 et 6 mSv
Zone contrôlée	Verte		$7,5 \mu\text{Sv/h} \leq \text{DeD} < 25 \mu\text{Sv/h}$
	Jaune		$25 \mu\text{Sv/h} \leq \text{DeD} < 2\,000 \mu\text{Sv/h}$
	Orange		$2 \text{ mSv/h} \leq \text{DeD} < 100 \text{ mSv/h}$
	Rouge		$\text{DeD} > 100 \text{ mSv/h}$

7) Classification des travailleurs

-Catégorie A (DATR)

correspond aux travailleurs directement affectés aux travaux sous rayonnements ionisants. Les surveillances médicales spéciales et dosimétriques sont obligatoires.

-Catégorie B (NDATR).

correspond au personnel non directement affectés aux travaux sous rayonnements ionisants. La surveillance dosimétrique est obligatoire.

-Public

Concerne le reste de la population qui ne peut en aucun cas pénétrer en zone contrôlée.

Port de dosimètres



stylo-dosimètre



pour personnes dans zones à risque :
dosimètre – plaque photo

