

# RADIOPROTECTION

Sensibilisation triennale des  
agents exposés aux  
rayonnements ionisants

Utiliser des sources de rayonnements  
ionisants

Travailler dans une zone à risque  
radiologique

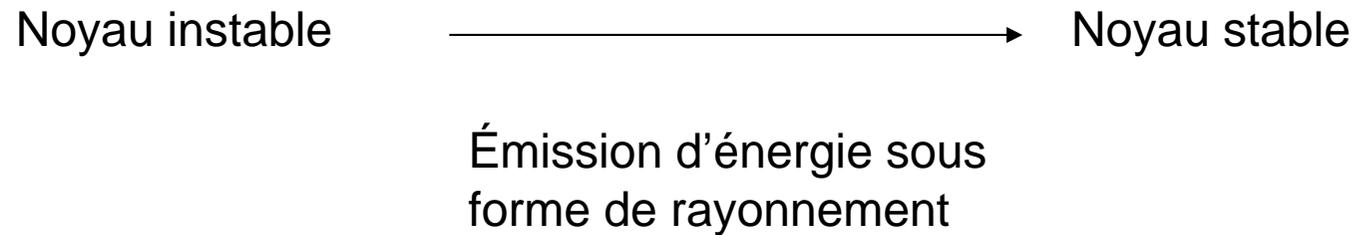
En limitant au maximum les doses  
susceptibles d'être reçues

**A l'issue de cette formation, vous serez capable:**

- D'avoir des notions sur les doses de rayonnements susceptibles d'être reçues
- D'identifier les risques liés aux différents types de rayonnements
- D'utiliser et de mettre en place les moyens pour limiter les doses reçues
- De respecter les consignes de radioprotection

- 1. Base de radioactivité
- 2. Grandeurs et unités
- 3. Irradiation et contamination
- 4. Effets biologiques
- 5. Origines des expositions
- 6. Réglementation
- 7. Protections
- 8. Classements des travailleurs
- 9. Zonage de radioprotection
- 10. Surveillance dosimétrique
- 11. Suivi médical
- 12. Autorisation de travail en zone à risque radiologique
- 13. Consignes de radioprotection au CIMAP

➤ Définition:



➤ Les différents types de rayonnement:

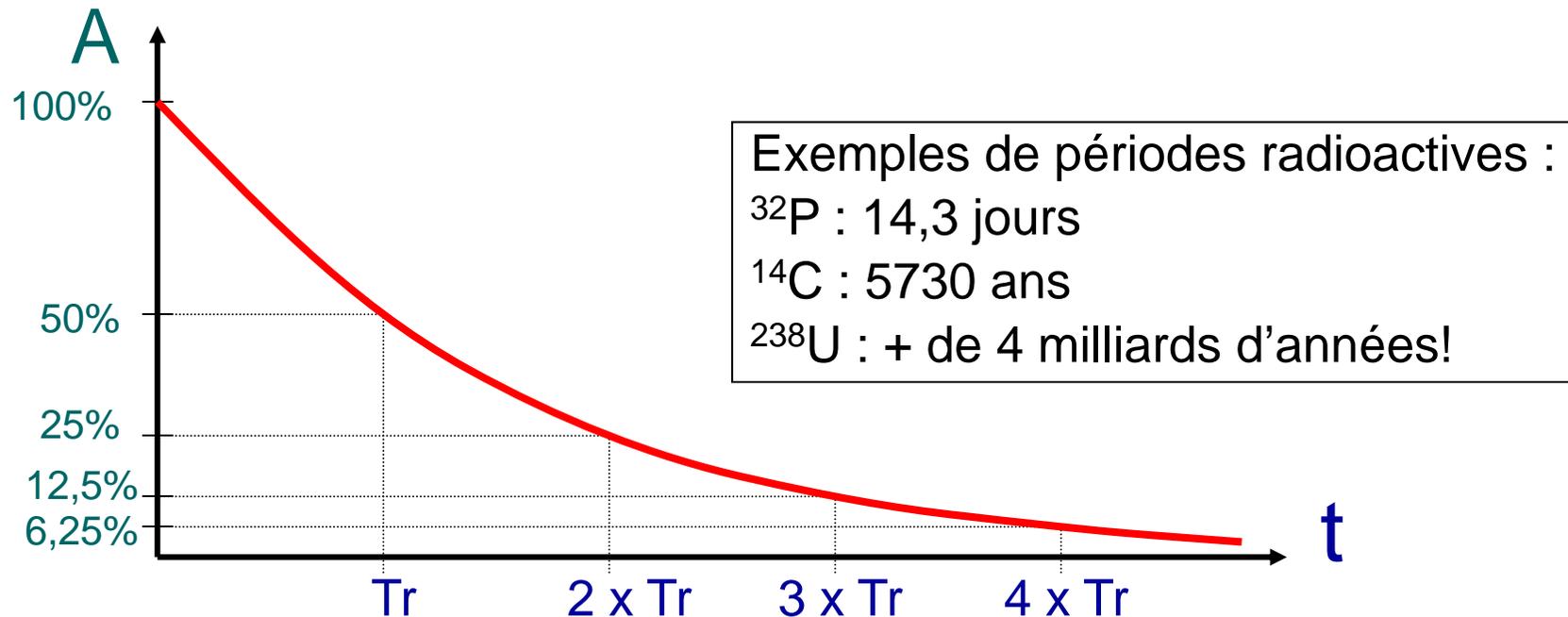
## 4. Dose de radiocativité

	<b>Nature</b>	<b>Energie</b>	<b>Parcours dans l'air</b>	<b>Parcours dans la matière</b>	<b>Moyen de protection</b>
<b>Alpha</b>	Particule	4 à 10 MeV	Qq cm	Qq micromètre	Blouse et gant
<b>Beta -</b>	Particule	10 keV à 3 MeV	Qq m	Qq cm	Plexiglas (pas de Pb car X)
<b>Gamma</b>	Onde électromagnétique	10 keV à 3 MeV	Qq 100aine de m	Traversant	Pb, béton
<b>X</b>	Onde électromagnétique	Qq keV à qq centaine de keV	Qq 10aine à qq 100aine de m	Traversant	Pb, béton
<b>Neutron</b>	Particule	Qq keV à qq MeV	Qq km	traversant	Matériaux légers polystyrène, eau) puis matériaux neutrophage (Bore, Cadmium)

- L'activité A: Nombre de désintégration par seconde en Bq

Décroissance :  $A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$  avec :

- »  $A_0$  = activité initiale
- »  $\lambda$  = cte radioactive =  $\ln 2 / T_r = 0,693 / T_r$
- »  **$T_r$  = période radioactive**
- »  $t$  = temps recherché



➤ La dose absorbée D:

**Quantité d'énergie transférée à la matière (par unité de masse) en Gy**

Débit de dose = D en Gy / h ou rad/h

Dose absorbée = grandeur physique

➤ La dose équivalente H:

Tient compte des différents types de rayonnements (ils ne produisent pas le même effet biologique pour une même dose absorbée).

$$H = D * W_r \text{ en Sv}$$

Avec  $W_r$  un facteur de pondération radiologique

Equivalent de dose = grandeur biologique

➤ La dose efficace E:

Tient compte de la sensibilité des différents tissus et organes du corps

$$E = \text{somme}(H * Wt) \text{ en Sv}$$

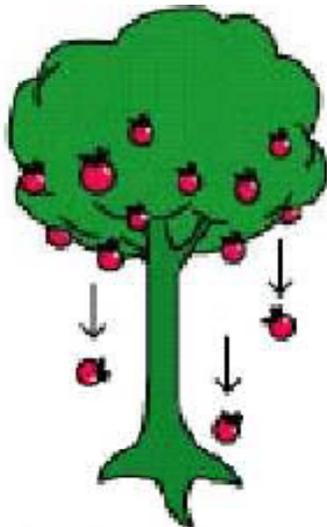
Avec Wt facteur de pondération du tissu

Dose efficace = grandeur biologique et administrative

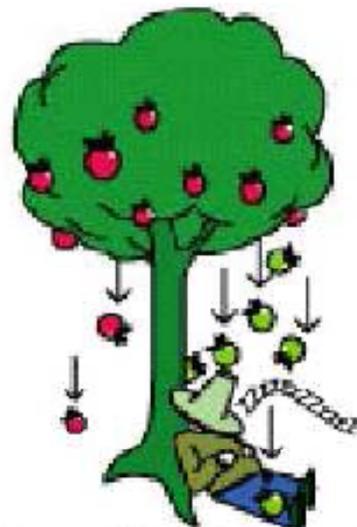
Types de rayonnements et énergies		$\omega_r$
X, $\gamma$ (toutes énergies)		1
$\beta^-$ , $\beta^+$ et électrons		1
Neutrons	< 10 keV	5
	10 à 100 keV	10
	100 keV à 2 MeV	20
	2 MeV à 20 MeV	10
	> 20 MeV	5
Protons > 2 MeV		5
$\alpha$ , fragments fission, noyaux lourds		20

Tissu ou organe	$\omega_t$
Gonades	0,2
Moelle osseuse	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	0,05

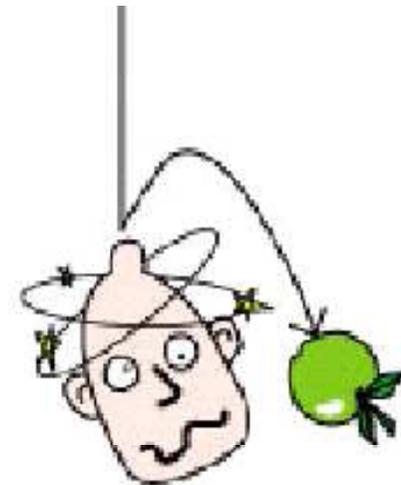
Tout comprendre en une, non trois images



Le nombre de pommes qui tombent peut se comparer au **Becquerel** (nombre de désintégrations par seconde)

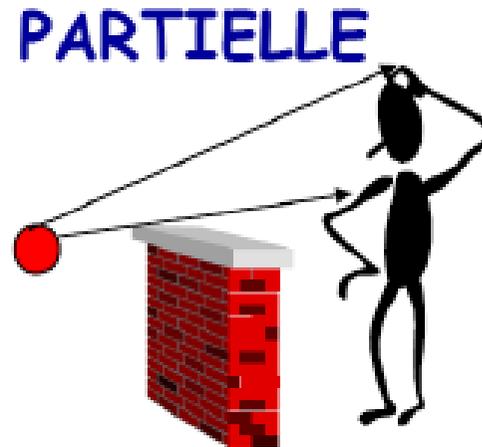
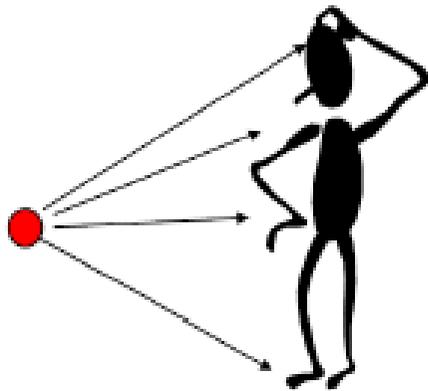


Le nombre de pommes reçues par le dormeur peut se comparer au **Gray** (dose absorbée)



L'effet laissé sur son corps selon le poids ou la taille des pommes peut se comparer au **Sievert** (effet produit)

- **Irradiation** : exposition de l'organisme à des rayonnements ionisants



- **Contamination** : présence indésirable de substance radioactive à la surface ou à l'intérieur de l'organisme (interne ou externe)



Inhalation



Ingestion



cutanée

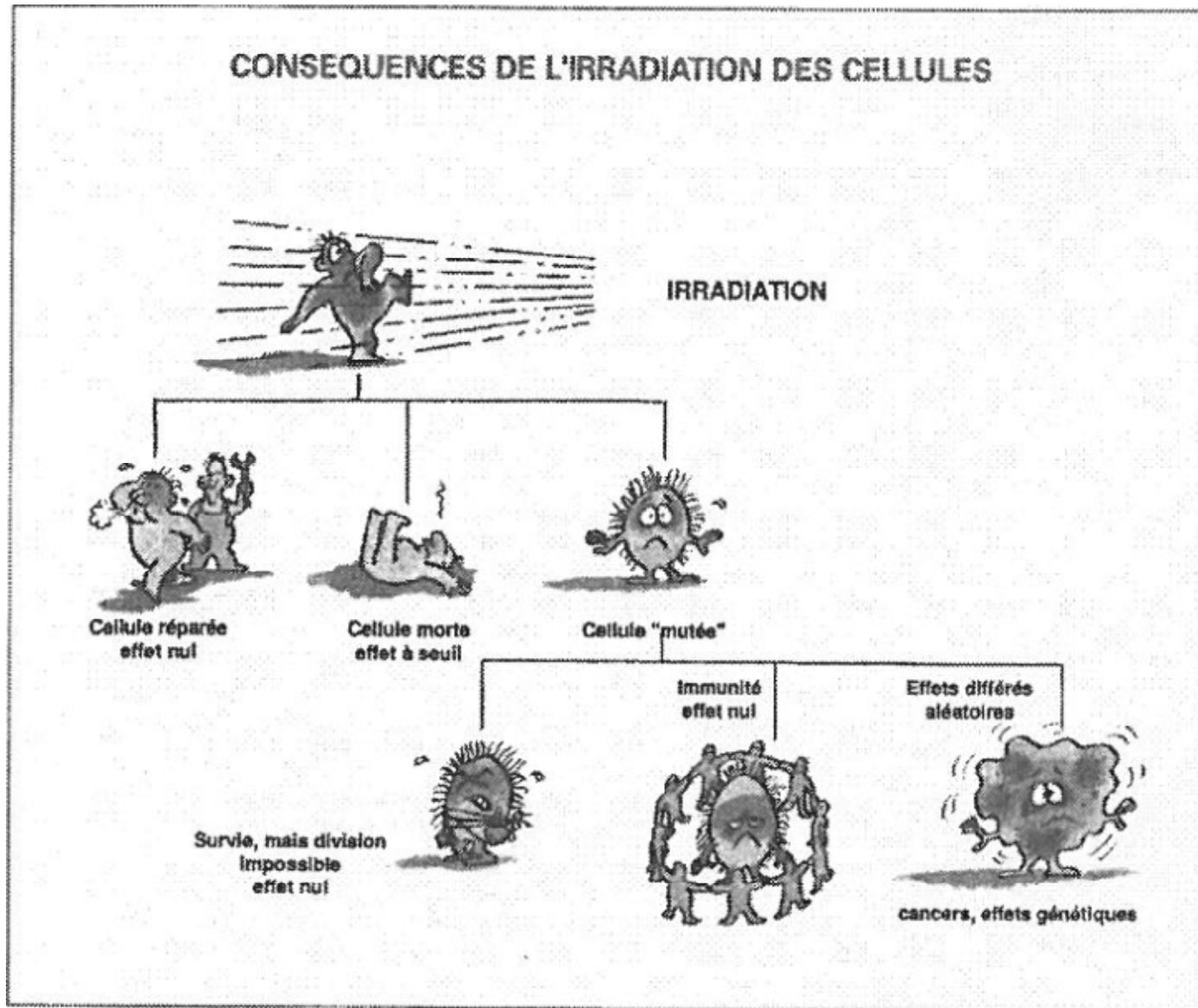


Blessure

*Irradiation peut entraîner la mort de la cellule (à forte dose) ou une mutation de la cellule pouvant alors engendrer des cancers et des effets génétiques.*

- **Effets déterministes** : ils sont liés à une forte dose et n'apparaissent qu'à partir d'une dose seuil (0,2 Gy). La gravité de l'effet augmente proportionnellement à la dose
- **Effets stochastiques** : ils sont liés au hasard (à la fois les faibles et les fortes doses peuvent en être la cause) Seule la probabilité d'apparition est proportionnelle à la dose. Ce sont les cancers et les maladies héréditaires.

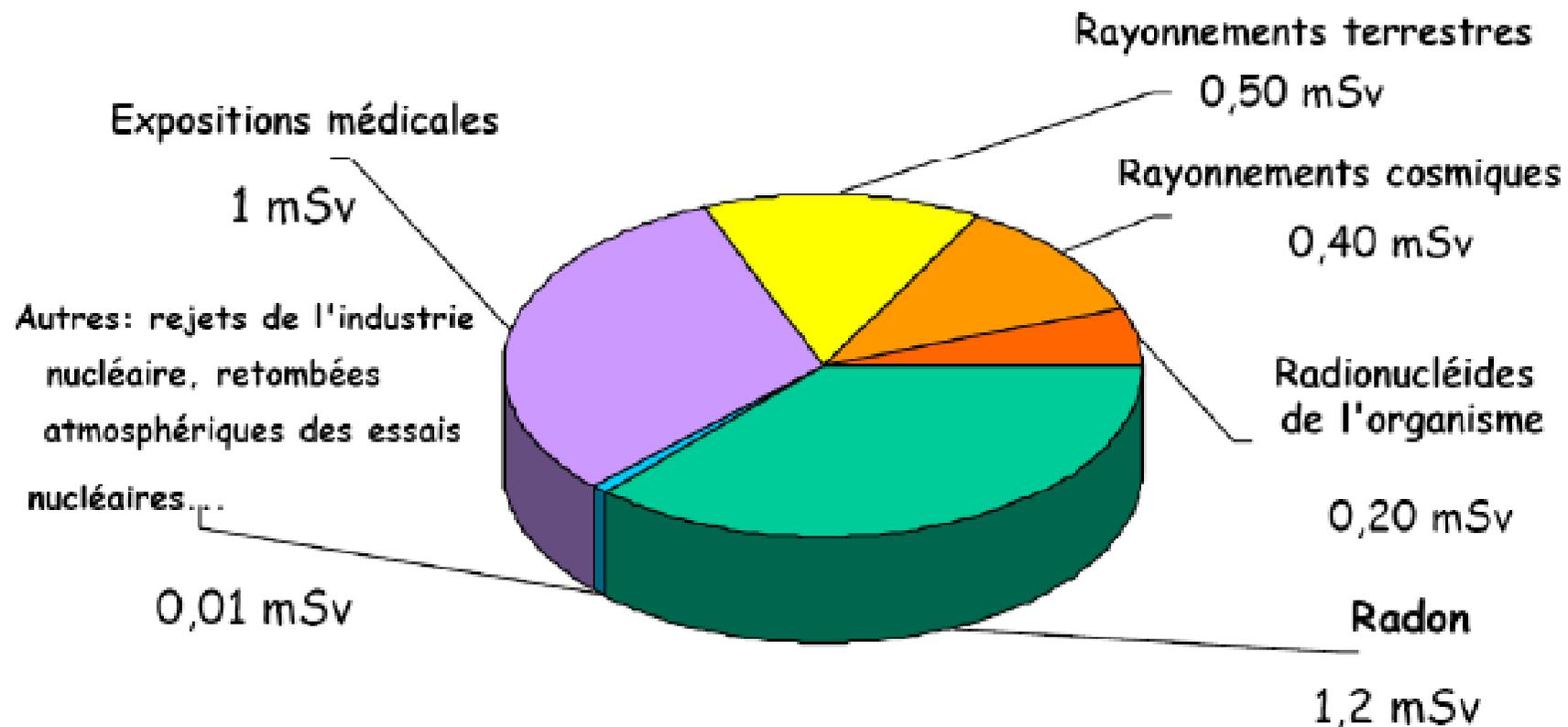
# 4. Effets biologiques



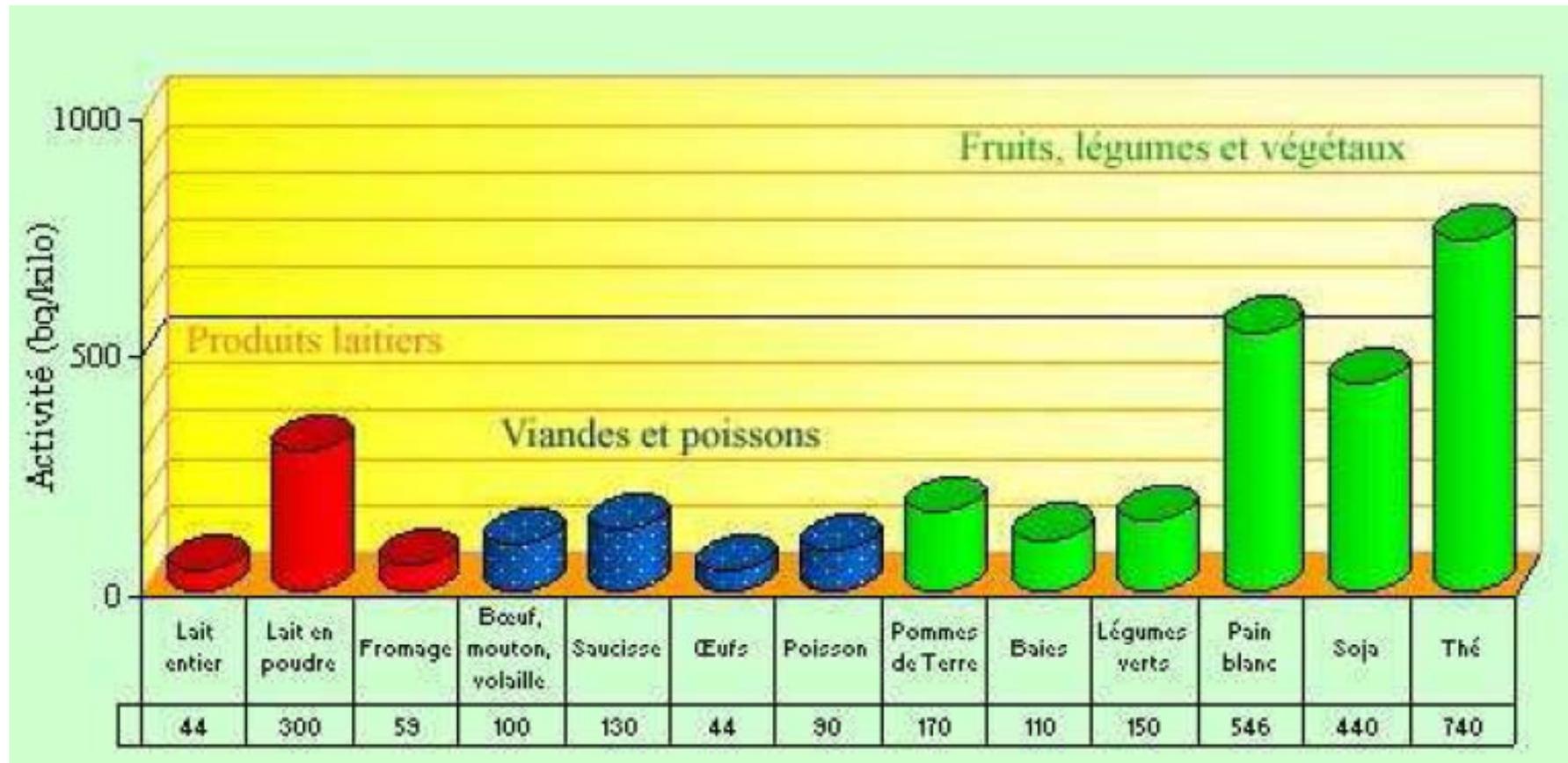
## 4. Effets biologiques

Effets déterministes	Effets stochastiques
Cause: destruction massive des cellules	Cause: lésion non réparées de l'ADN
Obligatoire (ils apparaissent toujours)	Aléatoire
Pathologies diverses	Cancers et effets génétiques
Dose seuil d'apparition: 0,2 – 0,3 Gy	Pas de dose seuil d'apparition
Manifestation précoces	Manifestation tardives
Gravité dépendante de la dose	Gravité indépendante de la dose
Clairement décrits	Non spécifiques

## 5. Origines des expositions



## 5. Origines des expositions





➤ Justification

ASN: Autorité de sûreté nucléaire

➤ Optimisation

ALARA: As low as reasonably achievable

➤ Limitation

IRSN: Institut de Radioprotection et de sûreté nucléaire

SISERI: Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants

### ➤ T D E

➤ Le temps

➤ La distance

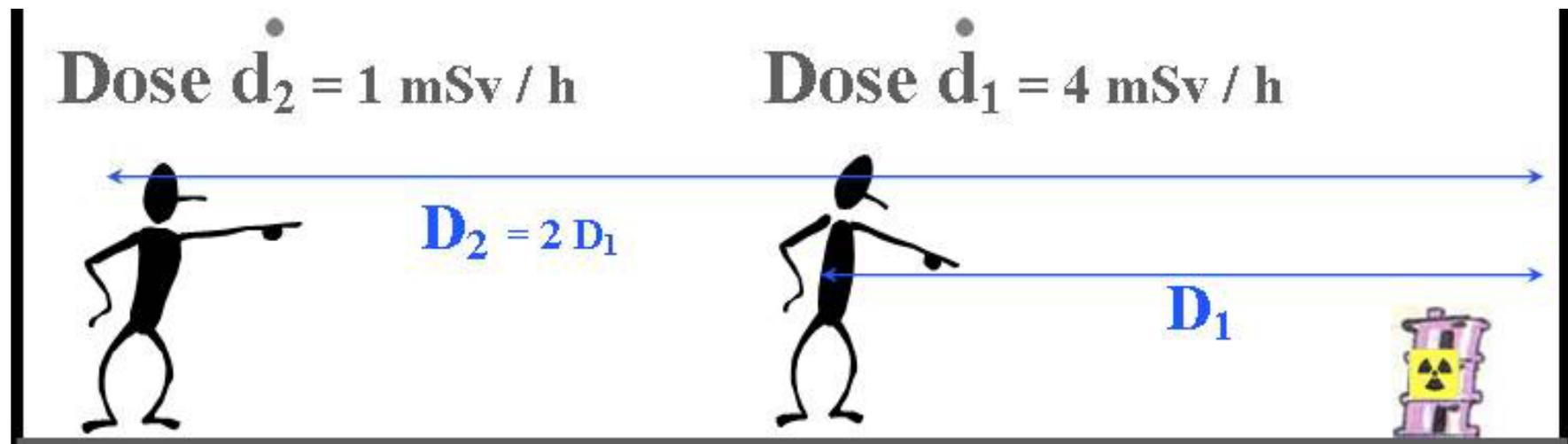
➤ Les écrans

➤ Protections:

➤ **Temps** : car  $D=D^{\circ} \cdot t$  (à débit de dose constant, la dose d'exposition est fonction linéaire du temps)

→ Faire des essais à blanc pour s'entraîner et optimiser le protocole de manipulation de telle manière que la durée de l'exposition soit la plus faible possible.

- Protections:
  - **Distance** : car la dose reçue décroît avec l'éloignement par rapport à la source
  - Utilisation de pinces, ne pas rester à proximité des sources de rayonnements lors des acquisitions de données, ...



- Protections:
  - **Ecrans** : Permet d'atténuer la dose reçue
    - le plomb et le béton pour les Gamma et les X
    - le plexiglas pour les Bêta-



### ➤ Le classements des travailleurs:

En vue de déterminé les conditions de surveillances radiologique et médicale, les travailleurs susceptibles de recevoir une dose efficace supérieur à 1mSv par an sont classé en 2 catégories A et B dont les limites sont définies comme suit :

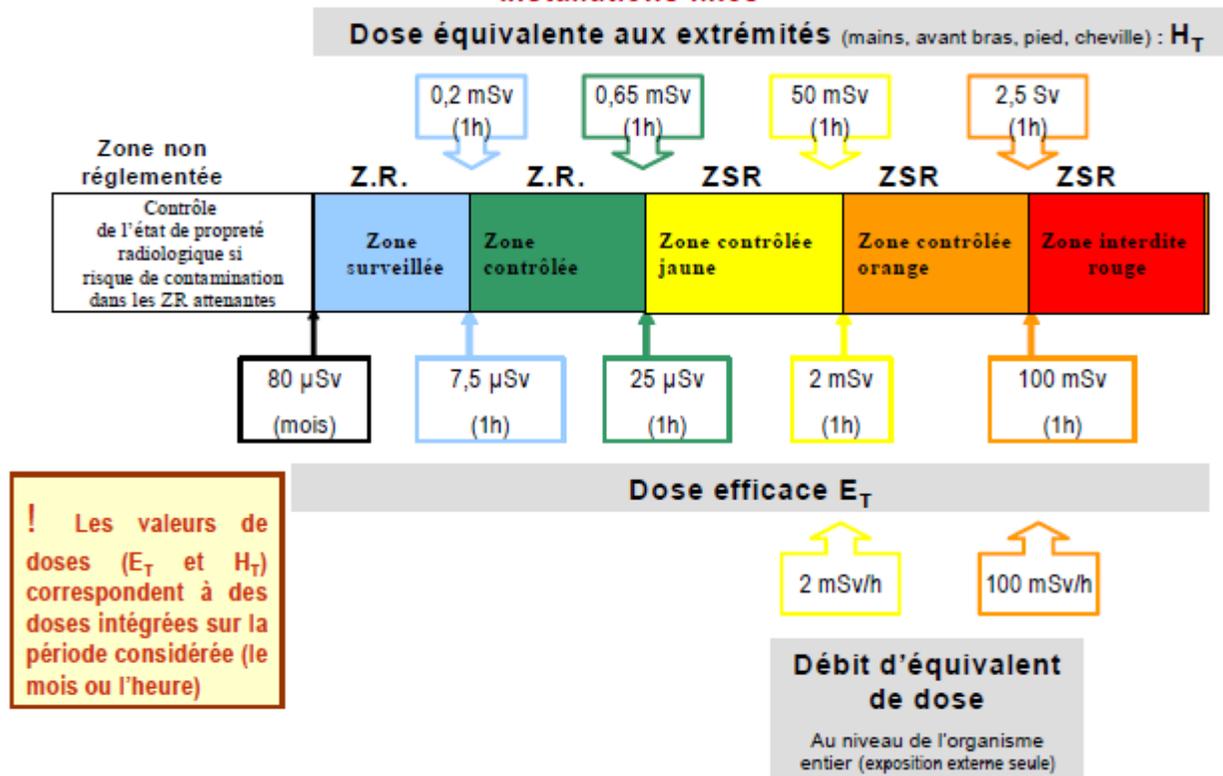
	<b>Catégorie A</b>	<b>Catégorie B</b>	<b>Public</b>
<b>Corps entier</b>	20 mSv/an	6 mSv/an	1 mSv/an
<b>Extrémités</b>	500 mSv/an	150 mSv/an	50 mSv/an
<b>Femme enceinte</b>	1 mSv/an		/

## ➤ Zonage:

Le clas  
où l'exp  
de trav  
zones s

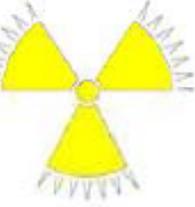
**Délimitation des zones réglementées (ZR) et spécialement réglementées (ZSR)  
- Installations fixes -**

Les lieux  
males  
férentes



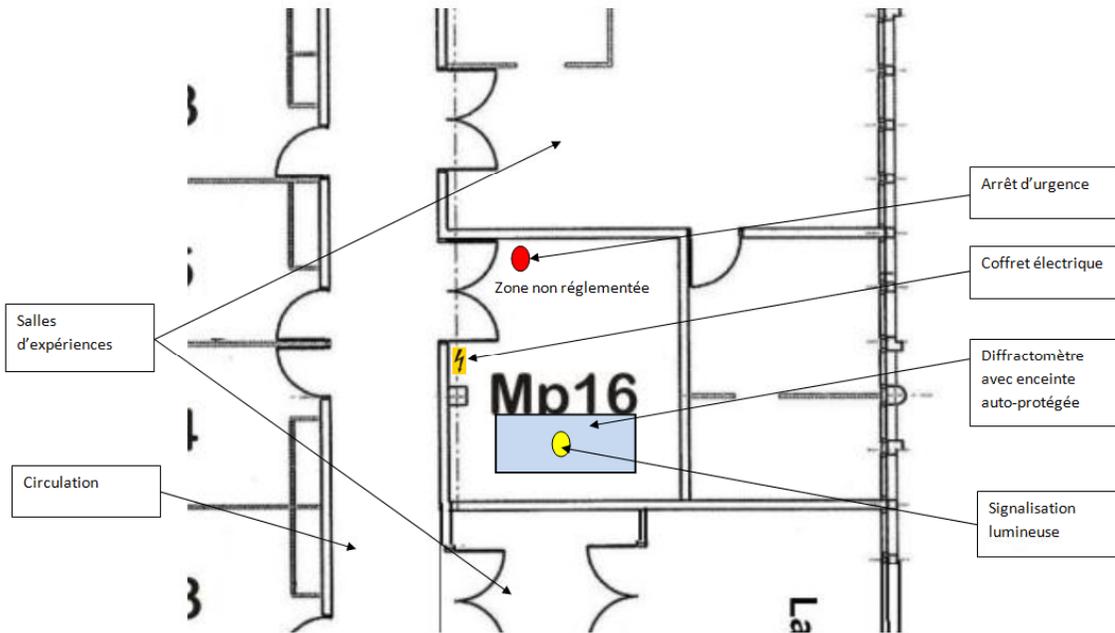
➤ Balisage du risque



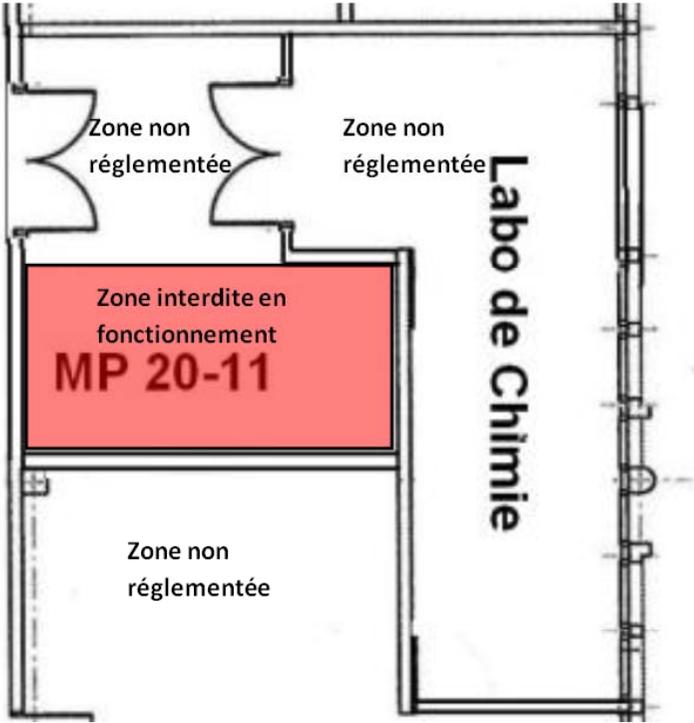
<p><b>ZONE SURVEILLEE</b></p>  <p>ACCES REGLEMENTE</p>	<p><b>ZONE CONTROLEE</b></p>  <p>ACCES REGLEMENTE</p>	<p><b>ACCES REGLEMENTE</b></p> <p><b>ZONE JAUNE</b></p>  <p>RISQUE D'IRRADIATION</p>	<p><b>ACCES REGLEMENTE</b></p> <p><b>ZONE ORANGE</b></p>  <p>DANGER D'IRRADIATION</p>	<p><b>ACCES INTERDIT</b></p> <p><b>ZONE ROUGE</b></p>  <p>DANGER D'IRRADIATION</p>
---	--	---	--	---

# 9. Zonage de radioprotection

Salle MP16 : diffractomètre



CANEL : Zonage de radioprotection



- Dosimétrie passive:
  - Dosimètres individuels et nominatifs
  - Obligation de port dès que l'on rentre en zone et stockage sur les tableaux dédiés (avec dosimètre contrôle) en dehors des expositions
  - Développer mensuellement ou trimestriellement



*Dosimètre radio photo luminescent (RPL).*

- Dosimétrie active:
  - Obligatoire en zone contrôlée
  
- Dosimétrie d'ambiance:
  - Un ou plusieurs dans les zones à risque radiologique
  - Fait office de contrôle d'ambiance et permet de vérifier le zonage établi



- Tous les agents exposés
- Fiche d'exposition aux rayonnements ionisants
- Classement par l'employeur
- Certificats médicaux

	<b>Cellule QSE</b>	<b>FORMULAIRE</b>
	Issue de la procédure QSE	
Ref. CIMAP-FORM-QSE-05	<b>Fiche d'exposition aux rayonnements ionisants</b>	Date de création : Sept 2012 Version 1.0

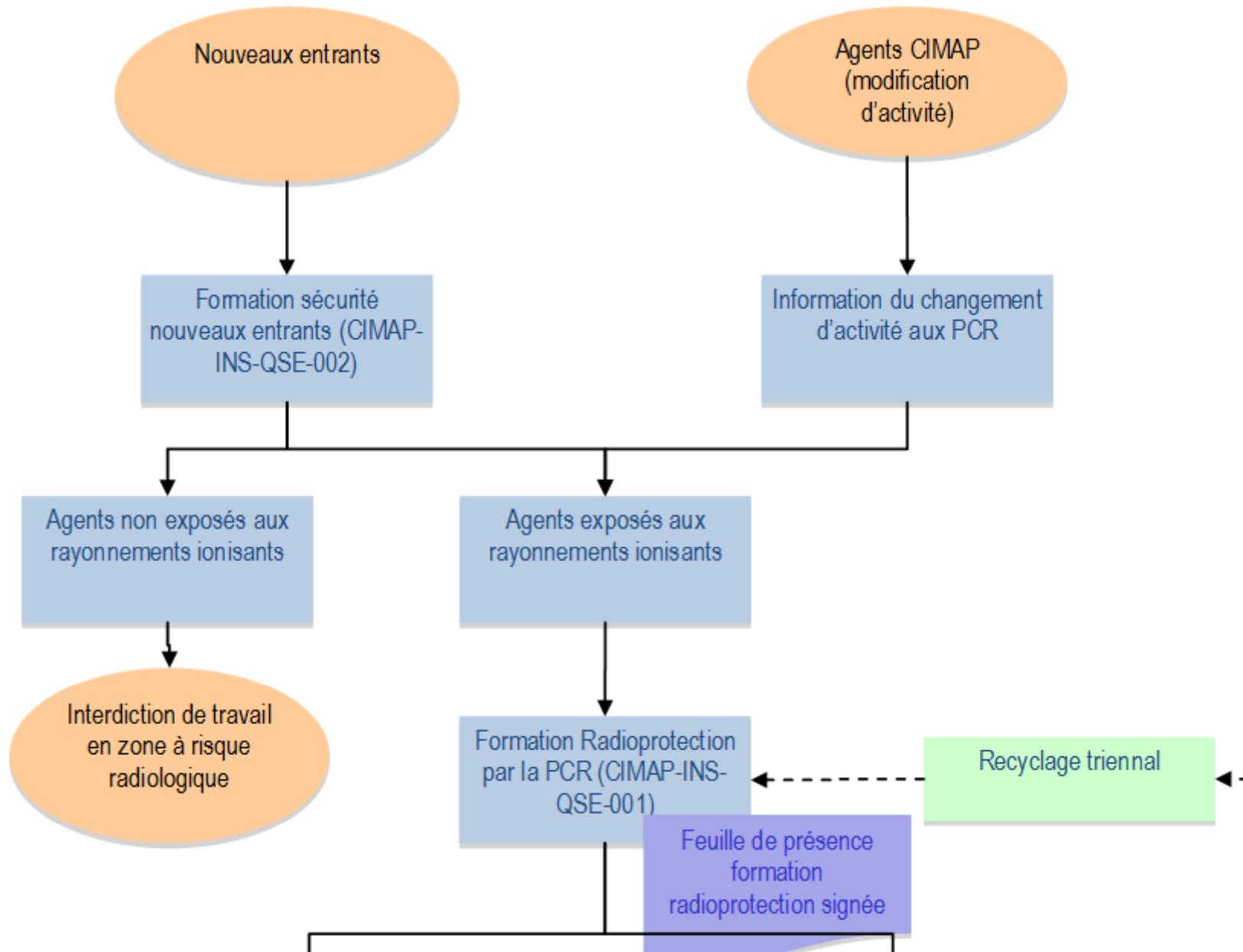
- Décret 2003-296 du 31 mars 2003 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants. Art 231-92 et Art 231-101.  
- Cette fiche est établie par le chef d'établissement ou sous sa responsabilité par la personne compétente en radio protection.  
- Elle est visée par le travailleur intéressé. Une copie est transmise au service médical qui la conserve dans un dossier médical spécial.

RENSEIGNEMENTS		
NOM : <input type="text"/>	Prénom : <input type="text"/>	Sexe : F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>
N°INSEE : <input type="text"/>	Date de naissance : <input type="text"/>	
Fonction : <input type="text"/>		
Laboratoire/unité : <input type="text"/>	Lieu de travail habituel : <input type="text"/>	
Agent CNRS : <input type="checkbox"/> Agent CEA : <input type="checkbox"/> Agent UCBN : <input type="checkbox"/> Agent ENSI : <input type="checkbox"/> Autre : <input type="checkbox"/>		

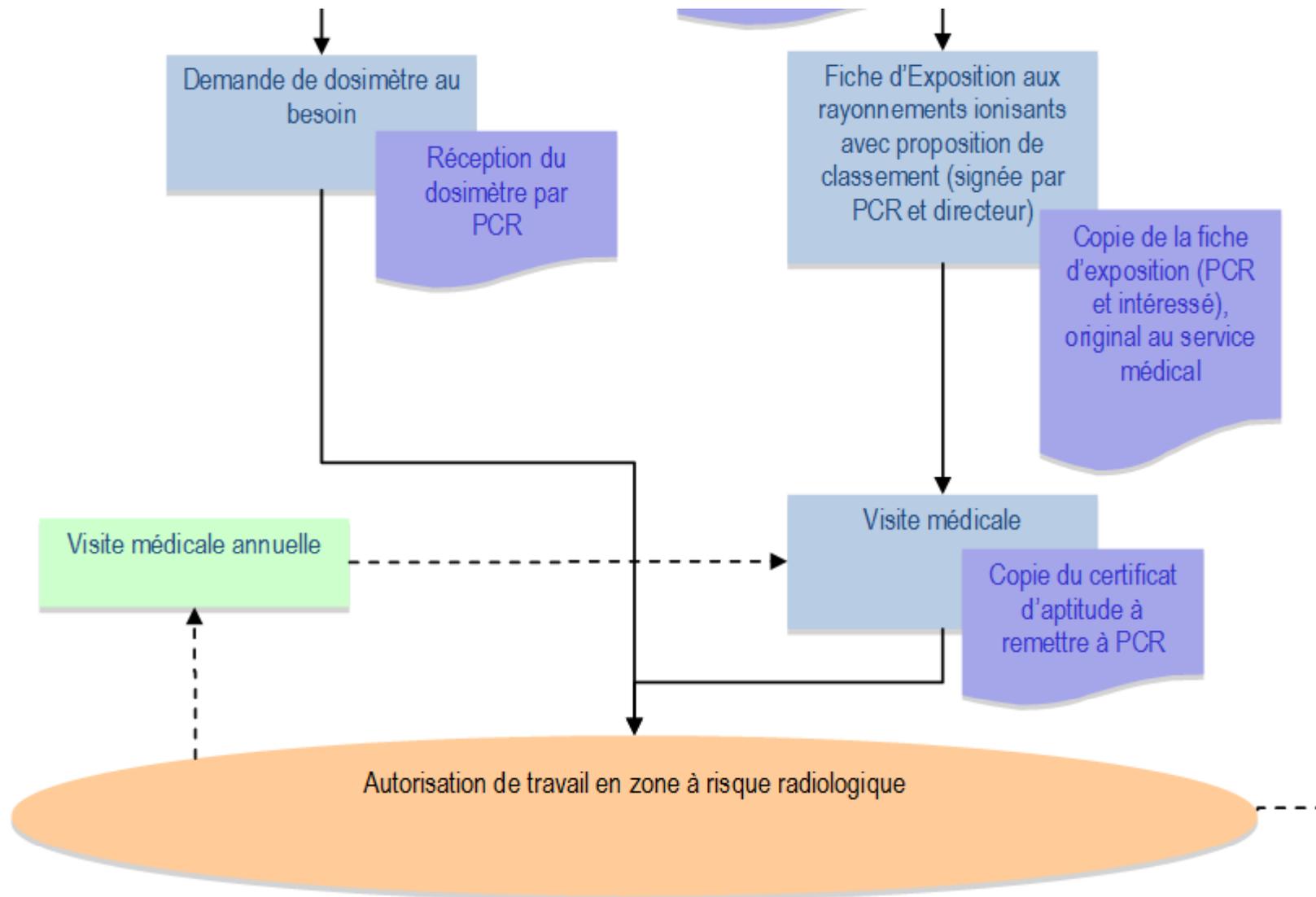
CARACTERISTIQUES DES SOURCES		
<b>1 - Description sommaire des sources émettrices et modalité d'utilisation :</b>		
Nature :	Source scellée : <input type="checkbox"/>	Source non scellée : <input type="checkbox"/> Générateur RX : <input type="checkbox"/>
	Réacteur de recherche : <input type="checkbox"/>	Accélérateur : <input type="checkbox"/> Irradiateur : <input type="checkbox"/> Autres : <input type="checkbox"/>
Lieux de travail avec les sources : 1 : <input type="text"/> 2 : <input type="text"/> 3 : <input type="text"/>		
Nature du travail de l'agent avec les sources : <input type="text"/>		
<b>2 - Nature des rayonnements ionisants :</b>		
X émis par un générateur fonctionnant sous une tension < 30 kV : <input type="checkbox"/>	X émis par un générateur fonctionnant sous une tension > 30 kV : <input type="checkbox"/>	α : <input type="checkbox"/>
γ < 15 keV : <input type="checkbox"/>	γ > 15 keV : <input type="checkbox"/>	Neutrons : <input type="checkbox"/>
β (E moyenne < 100keV) : <input type="checkbox"/>	β (E moy > 100keV) : <input type="checkbox"/>	Rayonnements d'origine synchrotron : <input type="checkbox"/>
<b>3 - Type d'exposition et période d'exposition :</b>		
Externe : <input type="checkbox"/>		
Corps entier <input type="checkbox"/>		
Durée d'exposition : <input type="text"/> h/jour ; <input type="text"/> jours/semaine ; <input type="text"/> semaines/an		
Durée totale annuelle d'exposition : <input type="text"/> h / an		
Partielle (mains/peau/cristallin) <input type="checkbox"/>		
Durée d'exposition : <input type="text"/> h/jour ; <input type="text"/> jours/semaine ; <input type="text"/> semaines/an		
Durée totale annuelle d'exposition : <input type="text"/> h / an		
Interne : <input type="checkbox"/>		
Durée d'exposition : <input type="text"/> h/jour ; <input type="text"/> jours/semaine ; <input type="text"/> semaines/an		
Durée totale annuelle d'exposition : <input type="text"/> h / an		
<b>4 - RI émis par des générateurs électriques :</b> Tension d'utilisation en kV : <input type="text"/> Intensité en mA : <input type="text"/>		
Spectre énergétique du faisceau : <input type="text"/> keV Débit de dose efficace mesuré au poste de travail : <input type="text"/> µSv/h		
<b>5 - Sources non scellées :</b>		

Isotope	Molécule	Type de manip	Activité/manip	Durée par manipulation	Nombre de manip/an	Exposition externe/an	Exposition interne/an
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/> kBq	<input type="text"/> h	<input type="text"/> /an	<input type="text"/> mSv	<input type="text"/> mSv
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/> kBq	<input type="text"/> h	<input type="text"/> /an	<input type="text"/> mSv	<input type="text"/> mSv
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/> kBq	<input type="text"/> h	<input type="text"/> /an	<input type="text"/> mSv	<input type="text"/> mSv

# 12. Autorisation de travail en zone à risque radiologique



# 12. Autorisation de travail en zone à risque radiologique



# CiMap 13. Consignes de radioprotection CIMAP

---

- La radioactivité au CIMAP - ENSI:
  - Groupe NIMPH : Utilisation d'un générateur de rayons X (diffractomètre)
  - Groupe MADIR : Utilisation d'un générateur de rayons X (canon à électrons)

- **Procédures et instructions:**
  - CIMAP-PRO-QSE-003: Procédure de sûreté et de radioprotection
  - CIMAP-INS-QSE-007: Protocole de gestion des incidents et accidents dans les zones à risques radiologiques
  - CIMAP-FORM-QSE-005: Fiche d'exposition aux rayonnements ionisants
  - CIMAP-INS-QSE-003: Consignes d'utilisation du diffractomètre
  - CIMAP-INS-QSE-004: Protocole de démarrage CANEL
  - CIMAP-FORM-QSE-001: Attestation de contrôle radiologique
  - CIMAP-FORM-QSE-006: Tests de sûreté CANEL
  
- Affichage et disponible sur l'intranet

# CiMap 13. Consignes de radioprotection CIMAP

---

- L'accès aux zones à risques radiologiques  
3 niveaux d'accès:
  - Accès aux bâtiments conditionné par des lecteurs de badge (tous les agents ENSI)
  - Accès aux zones à risques radiologique conditionné par une clé, un code ou un lecteur de badge (agents CIMAP travaillant dans la zone)
  - Accès à la mise en route des générateurs de rayons X, conditionné par: (agents CIMAP formés aux risques radiologiques)
    - Une clé ou un code pour la mise en route des généX
  - Liste des personnes autorisées à l'utilisation des généX

# CiMap 13. Consignes de radioprotection CIMAP

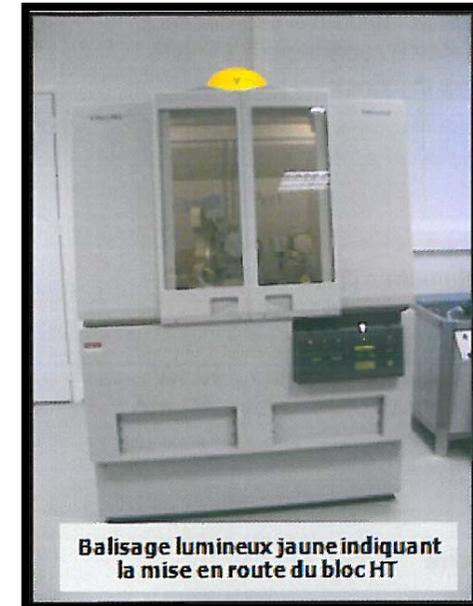
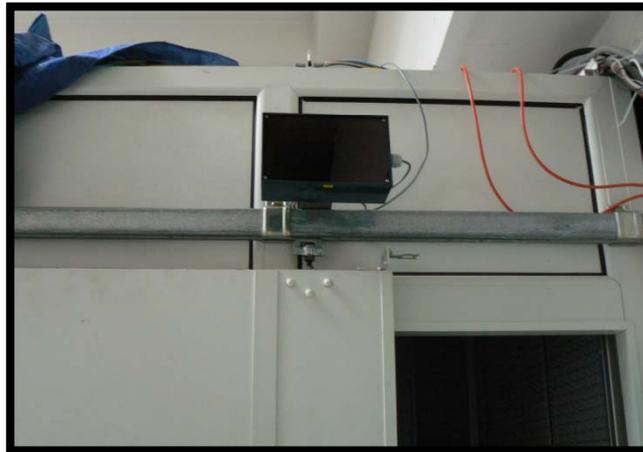
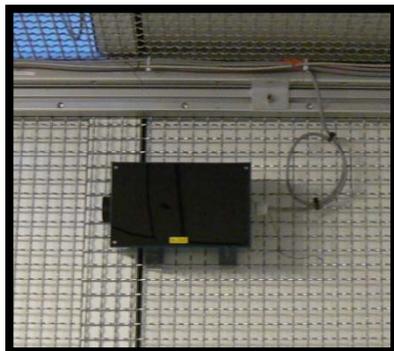
---

- Consignes pour éviter la perte, le vol ou la disparition accidentelle:
  - Impérativement **fermer la porte du local** dès qu'aucune personnes habilitées à travailler dans ces pièces n'est présente

# CiMap 13. Consignes de radioprotection CIMAP

- Signalisation des générateurs de rayons X et accélérateurs en fonctionnement:

*Balises lumineuses indiquant le fonctionnement sur les appareils et reports de signalisation à l'entrée du local.*



# CiMap 13. Consignes de radioprotection CIMAP

---

- Incidents accidents (exposition anormale, incendie, accidents de personnes):

Les procédures habituelles:

Service médical: 02.31.56.56.79

Samu: 15

SST

Pompier: 18

PCR: 4509

HSE: 2668

**- IMPORTANT -**

***Les évènements significatifs, les incidents et les accidents doivent être immédiatement signalés au chef d'installation qui avertira, si nécessaire, les autorités administratives dans les délais prévus par la réglementation.***

Mettre à l'arrêt les générateurs de rayonnements ionisants

Utiliser les coupures des énergies à disposition (électricité, eau, ...)

*Certains générateurs de rayonnements ionisants sont équipés de détection incendie.*

# CiMap 13. Consignes de radioprotection CIMAP

- Consignes pour l'utilisation des générateurs de rayons X et accélérateurs:
  - Port du dosimètre
  - Noter l'utilisation dans le cahier de manip
  - Vérifier le **bon fonctionnement des signalisations lumineuses**
  - **Interdiction de démonter les protections radiologique sans autorisation** de la PCR
  - **Interdiction de shunter les sécurités** (contacteurs, balises, ...)
  - **Interdiction d'utilisation en dehors des limites de puissances fixées** par l'autorisation ASN
  - Prévenir la PCR en cas de changement de paramètres
  - Retirer les clés et verrouiller les PC de commandes en dehors des périodes d'utilisation
  - **L'accès au toit de la casemate CANEL** est strictement interdit en fonctionnement



# CiMap 13. Consignes de radioprotection CIMAP

## ➤ Mise en fonctionnement CANEL:

- Vérifier l'état général de l'appareil
- **Apporter la clé de mise en fonctionnement** (clé prisonnière) du canon
- **Vérification de l'absence d'agent dans la casemate**
- **Acquittement du jalon de ronde 2 et fermeture du grillage** (contacteur) si nécessaire
- **Repose de la perche** de déchargement (contacteur)
- **Vérification de l'absence d'agent dans la casemate et acquittement du jalon de ronde 1**

## ➔ Lancement du signal sonore d'évacuation

- **Fermeture de la porte de la casemate** (clé prisonnière et contacteur)
- **Report de la clé prisonnière** de la porte d'accès à la casemate sur le pupitre de commande
- **Acquittement de la fin de ronde** (bouton sur le pupitre de commande)

## ➔ Ensemble des voyants sécurité au vert

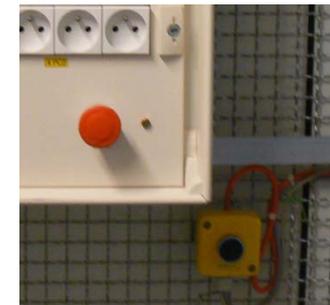
- Vérifier le **bon fonctionnement des signalisations lumineuses** extérieures à la casemate
- **Autorisation de mise en œuvre de la haute tension**

## ➤ Mise à l'arrêt CANEL:

- Coupure de la HT
- **Retrait de la clé prisonnière du pupitre** de commande et **ouverture de la casemate**
- **Déchargement automatique** suite à l'ouverture de la casemate
- **Attendre 5 minutes pour le déchargement** complet de la HT
- **Retrait de la perche** de déchargement

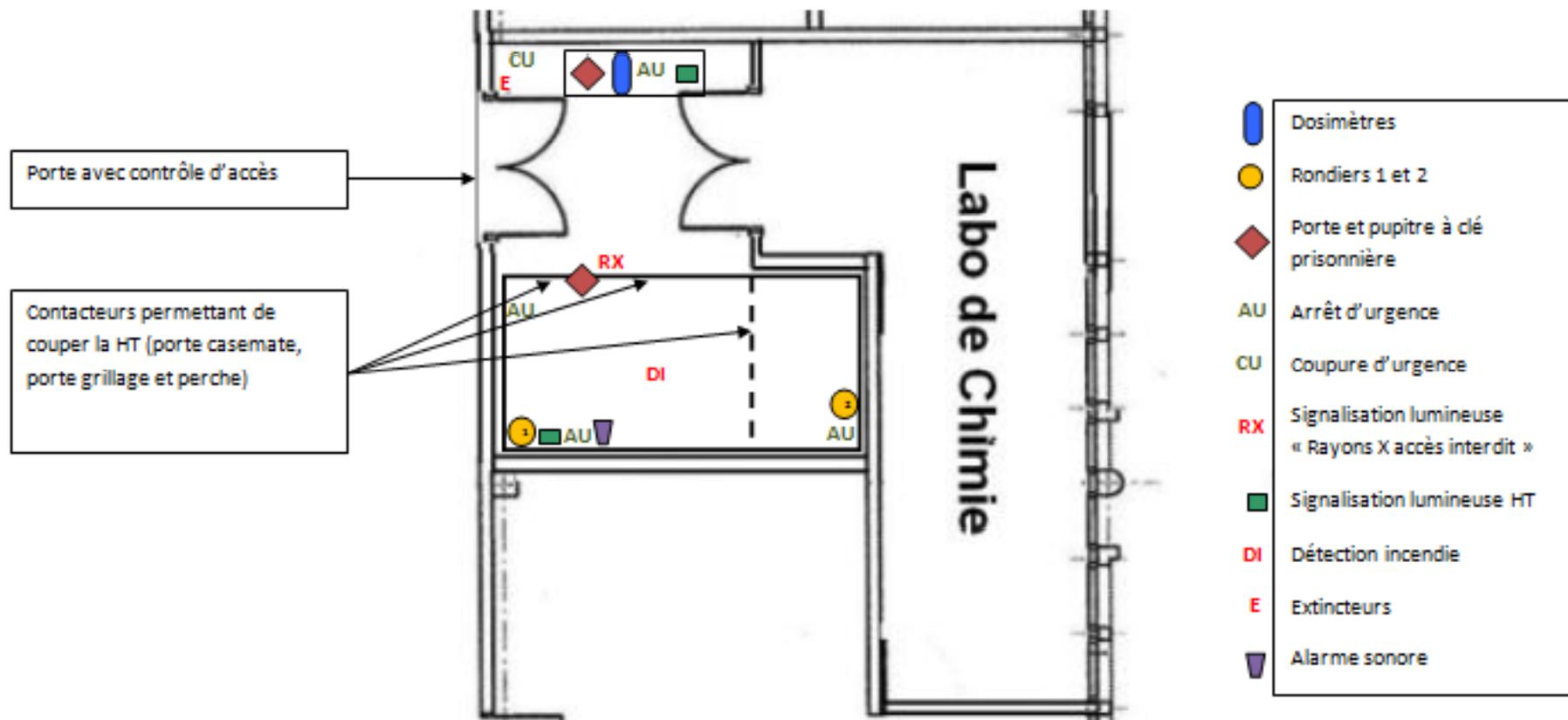
Si ouverture de la partie HT situé derrière le grillage :

- **Déchargement manuel avec la perche** et ouverture du grillage

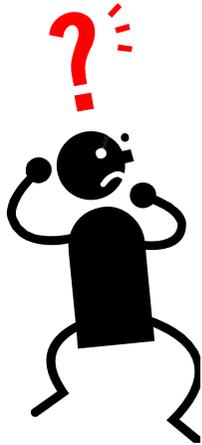


# CiMap 13. Consignes de radioprotection CIMAP

**CANEL : incendie, sécurité, sûreté, radioprotection**



# Merci de votre attention



**A l'issue de cette formation, vous serez capable:**

- D'avoir des notions sur les doses de rayonnements susceptibles d'être reçues
- D'identifier les risques liés aux différents types de rayonnements
- D'utiliser et de mettre en place les moyens pour limiter les doses reçues
- De respecter les consignes de radioprotection

- Ecole des accélérateurs in2p3, radioprotection: JF. LeDu
- Nouveau entrants CNRS, radioprotection: L. Sage
- CERAP, formation PCR
- Guide pratique « radionucléides et radioprotection »
- [www.rpcirkus.org](http://www.rpcirkus.org)