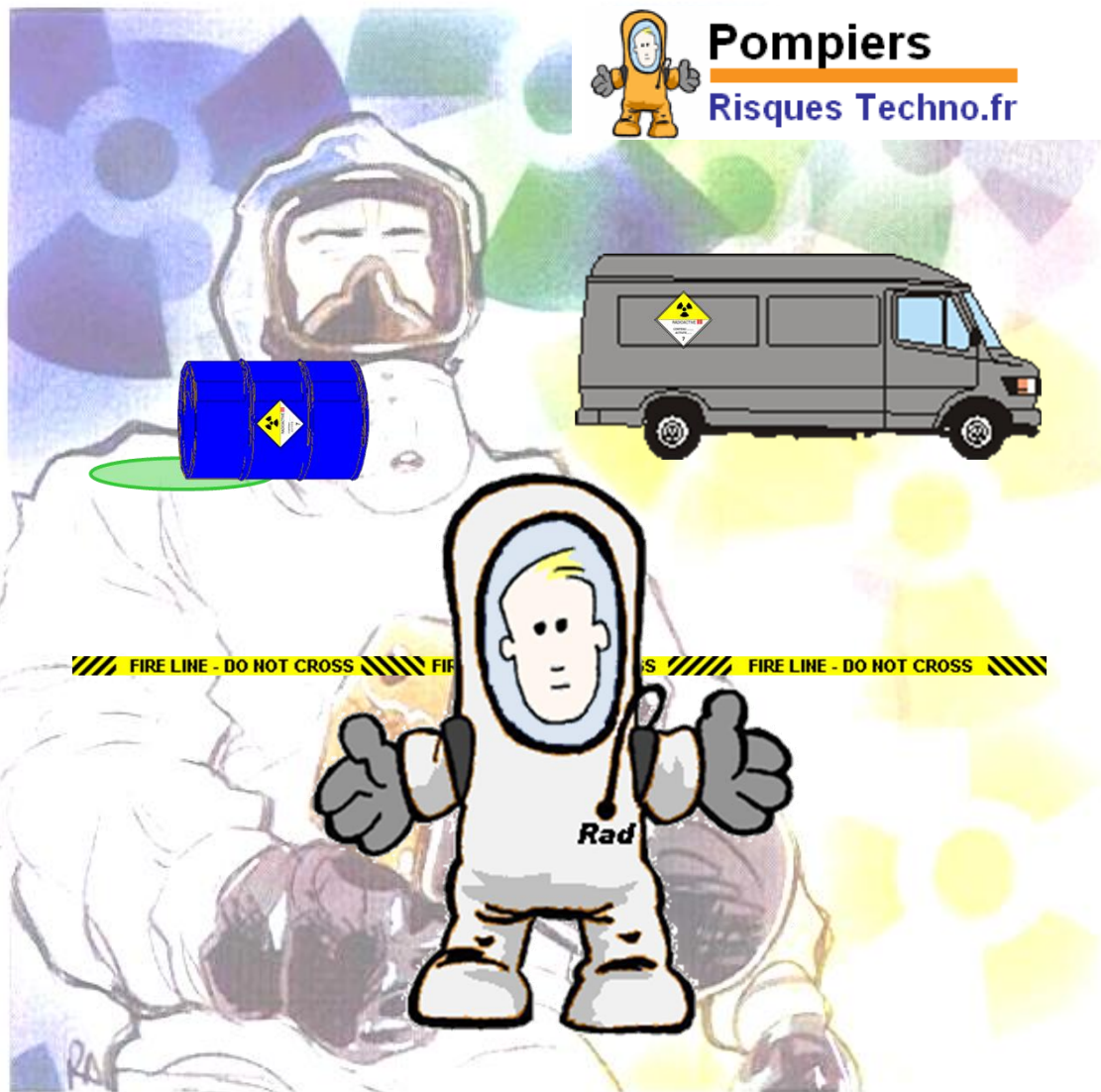


RISQUES RADIOLOGIQUES - RAD 2 -



« La connaissance ne vaut que si elle est partagée ! »

Équipe Intervention

Conception, réalisation :



Identifiant SIREN 527 658 280

1^{ère} version du 30 octobre 2013

Reproduction pour commercialisation interdite.



Quelques illustrations, photos et explications provenant de :

- **CEA ;**
- **Guide de radioprotection du CNRS ;**
- **Guide pratique Radionucléide & Radioprotection (CEA) ;**
- **IRSN ;**
- **Direction de la Défense et de la Sécurité Civile.**

Ce livre est conforme au document diffusé par la Direction de la Défense et de la Sécurité Civile en application de l'arrêté ministériel du 20 décembre 2006 (version consolidée) fixant le Guide National de Référence Risques radiologiques.

Sommaire

1. Caractéristiques des rayonnements ionisants

- A1. Radioéléments 7
- A2. Les effets biologiques 25
- A3. Le transport 40

2. La radioprotection

- B1. Règlementation relative aux personnels 51
- B2. Moyens de protection contre l'irradiation 60

3. L'équipe intervention

- C1. Dispositif national intervention 71
- C2. Mission de l'équipe d'intervention 79
- C3. Matériel de détection 84
- C4. Matériels de prélèvement 95

4. Intervention en milieu radiologique

- D1. Déroulement d'une intervention 105
- D6. Participation à un plan d'urgence 110

Annexes

- SAS RAD 119
- Fiches matériels 121

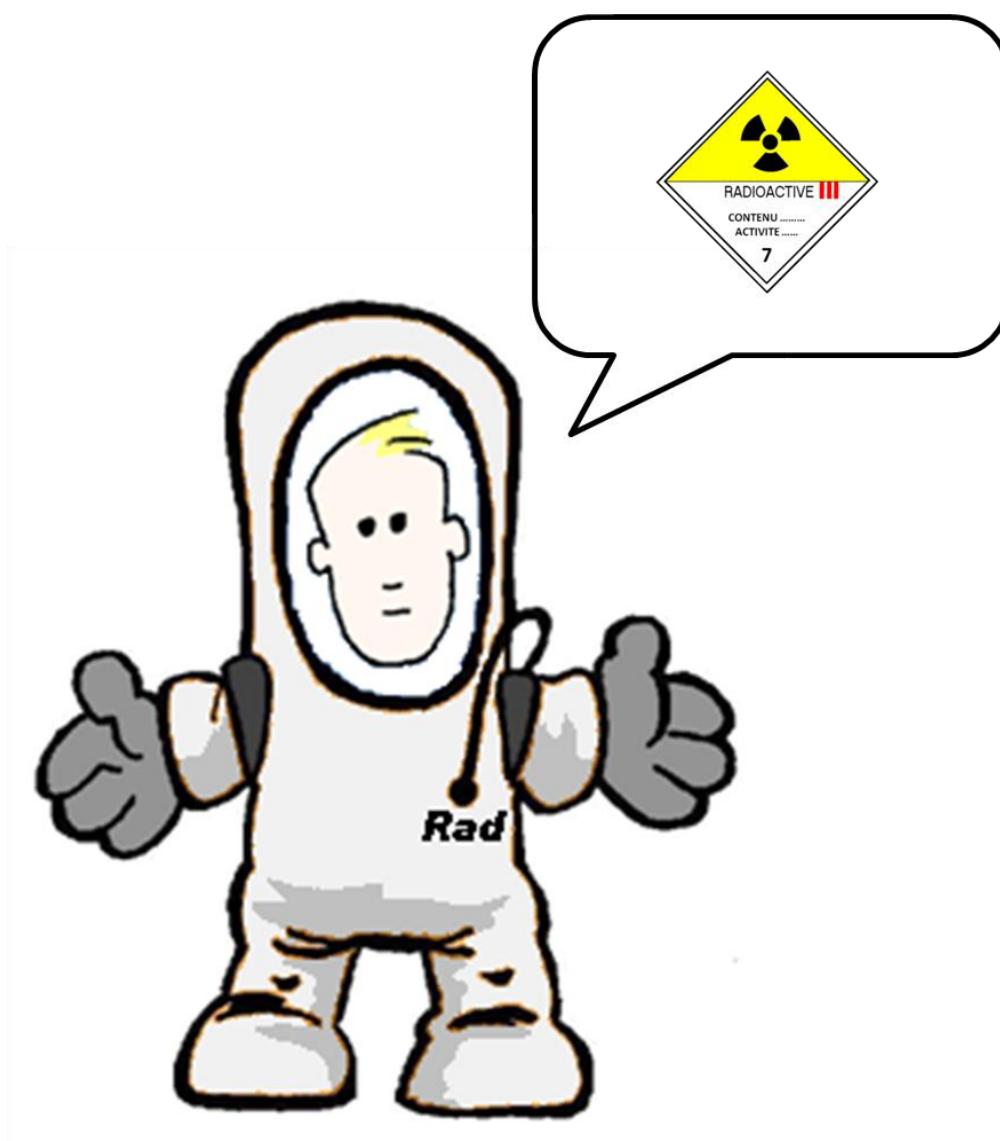


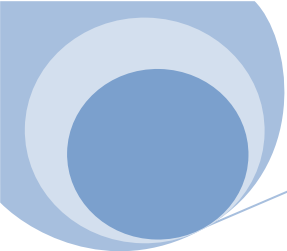




1 : Caractéristiques des rayonnements ionisants

- | | |
|------------------------------|----|
| ➤ A1. Radioéléments | 7 |
| ➤ A2. Les effets biologiques | 25 |
| ➤ A3. Le transport | 40 |





A1 : Radioéléments

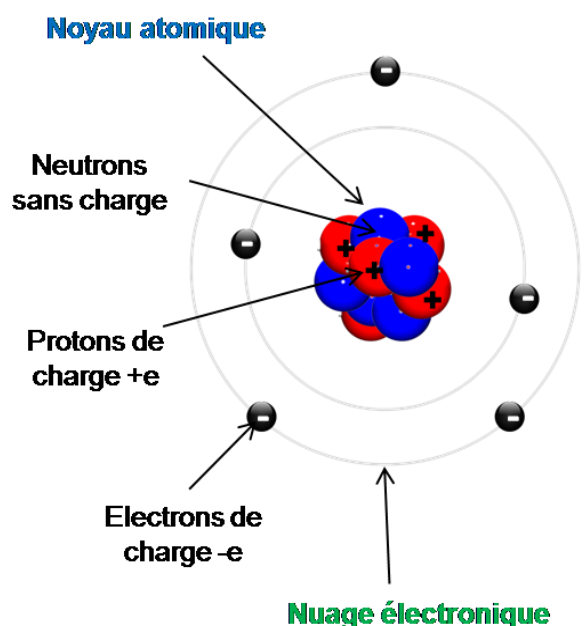
1. Structure de la matière

La matière, qu'elle soit vivante ou inerte, est composée de molécules de plus ou moins grande taille. Ces molécules sont en fait un assemblage d'entités plus petites que l'on nomme atome. Mais ces dernières peuvent encore être redécoupées et scindées en particules plus petites. Les avancées scientifiques et technologiques du XX^e siècle ont permis de mettre en évidence la composition de ces atomes.

1. Composition

Ils se composent d'un noyau dense dans lequel se trouvent des protons, particules chargées positivement ($+1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb), et des neutrons, particules neutres. La taille du noyau est de l'ordre du femto, soit 10^{-15} m. On peut estimer le rayon d'un noyau à l'aide d'une formule empirique : $r = 1,2 \cdot 10^{-15} \times A^{1/3}$. Les protons et les neutrons sont appelés des nucléons. Autour de ce noyau gravitent des électrons de charge négative et d'intensité égale à celle des protons ($-1,6 \cdot 10^{-19}$ C).

L'atome étant électriquement neutre, il y aura donc autant de protons que d'électrons.



Chaque atome est caractérisé par un nombre **Z** qui représente le nombre de protons présents au sein du noyau. Ce nombre Z est appelé indistinctement nombre de charge ou numéro atomique. De plus, à chaque Z correspond un élément chimique différent. Notons que l'atome étant électriquement neutre ce nombre Z représente également le nombre d'électrons qui gravitent autour du noyau. On définit également un nombre **A** qui représente le nombre de nucléons de l'atome et que l'on nomme nombre de masse ($A = Z + N_{\text{nombre de neutrons}}$). On négligera la masse des électrons, qui est 1800 moindre que la masse des nucléons, afin de caractériser la masse d'un élément.



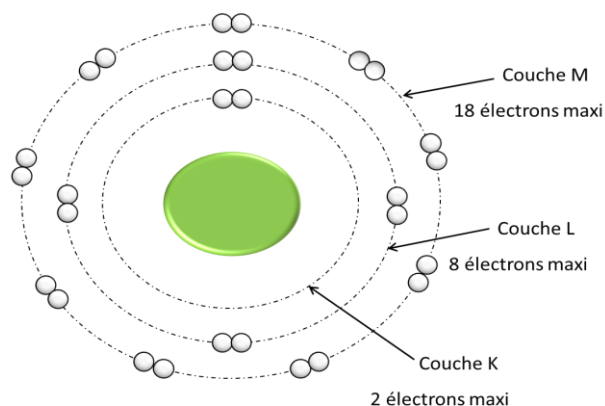
Chaque élément chimique est alors représenté par un symbole qui lui est propre et sur lequel apparaît en haut à gauche le nombre de masse A et en bas à gauche le nombre de charge Z .

	Proton	Neutron	Electron
Nombre (dans l'atome)	Z	$N = A - Z$	Z
Masse (en kg)	$1,67265.10^{-27}$	$1,67496.10^{-27}$	$9,10953.10^{-31}$
Masse (en u)	1,0072765	1,008665	$5,486.10^{-4}$
Charge électrique (C)	$+e = +1,60.10^{-19}$	0	$-e = -1,60.10^{-19}$

2. État de l'atome

Les Z électrons de l'atome se répartissent sur des niveaux énergétiques que l'on appelle couche. Chaque couche dénommée par les lettres **K, L, M, N, O, ...** possède un nombre d'électrons bien défini.

En effet, sur la couche numéro une (**K**), seulement deux électrons maximum pourront être présents. Sur la deuxième couche (**L**) huit électrons. Ce remplissage se fait selon la formule $2n^2$ dans laquelle n représente le numéro de la couche.



N° Atomique	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Symbole	H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Couche K	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Couche L			1	2	3	4	5	6	7	8

Lorsque l'atome se trouve dans une configuration qui respecte cette règle de remplissage on dit qu'il est dans son état fondamental. Par contre, l'apport d'une quantité d'énergie suffisante à un électron va permettre à ce dernier d'accéder à un niveau supérieur. L'atome est alors dans un état excité qui n'est pas stable. Un électron va alors redescendre pour combler la lacune afin de retrouver l'état fondamental. Comme

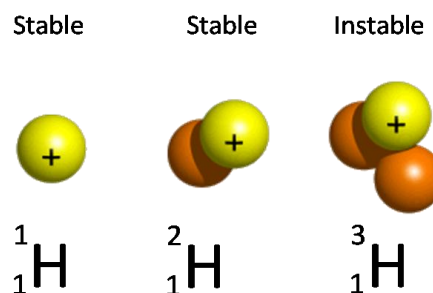
l'excitation nécessite l'absorption d'énergie par un électron, la désexcitation restitue de l'énergie. Cette énergie est éliminée sous forme d'un rayonnement électromagnétique.

Si l'énergie apportée est très importante, l'électron pourra être éjecté de l'atome. On parle alors d'**ionisation**.

3. Isotopes

Les isotopes d'un élément chimique regroupent l'ensemble des atomes possédant un nombre de charge (Z) identique et un nombre de masse (A) différent.

Chaque isotope d'un même élément chimique diffère donc par le nombre de neutrons au sein du son noyau. Il existe des isotopes pour tous les éléments du tableau périodique qui sont soit naturels soit de synthèse. On note également que certains, de ces isotopes sont stables et d'autres instables.



4. L'énergie

Il est possible de quantifier l'énergie emportée par les différents rayonnements (énergie cinétique). Pour cela on utilisera l'électron volt (eV) et tous ses multiples comme unité. L'électron volt est défini comme l'énergie acquise par un électron accéléré depuis le repos par une différence de potentiel d'un volt.

Dans le système international, l'électron volt (eV) correspond à :

- 1 eV = $1,6 \cdot 10^{-19}$ J
- keV : 1 kilo-électron-Volt = 10^3 eV
- MeV : 1 méga-électron-Volt = 10^6 eV

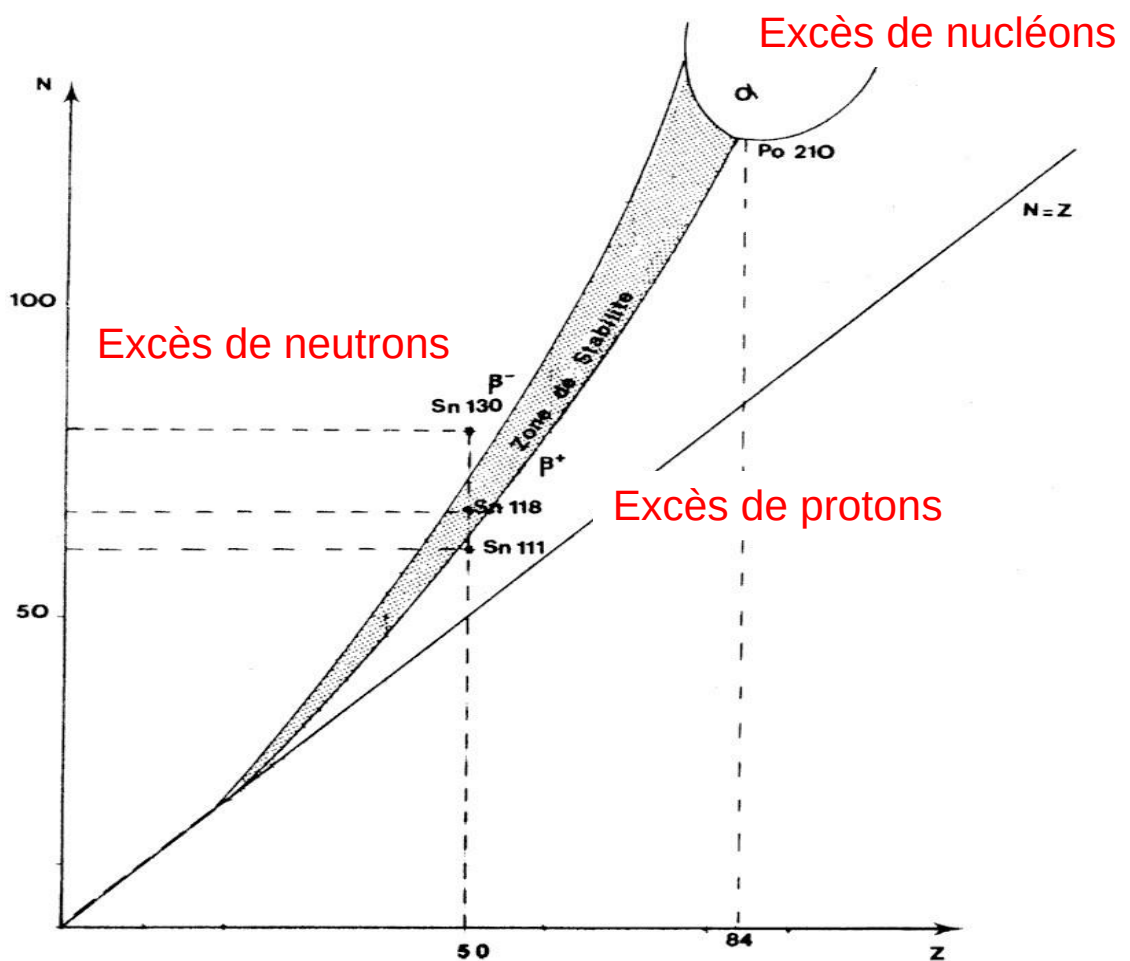
L'information de l'énergie des différents rayonnements est capitale pour le choix des appareils de détection.

2. Radioactivité

L'instabilité des isotopes provient d'un **déséquilibre au sein du noyau atomique**.
Ce déséquilibre à plusieurs origines :

- Soit un **excédent de protons** ;
- Soit un **excédent de neutrons** ;
- Soit un **excédent de nucléons**.

On peut schématiser l'ensemble des déséquilibres sur le schéma suivant :



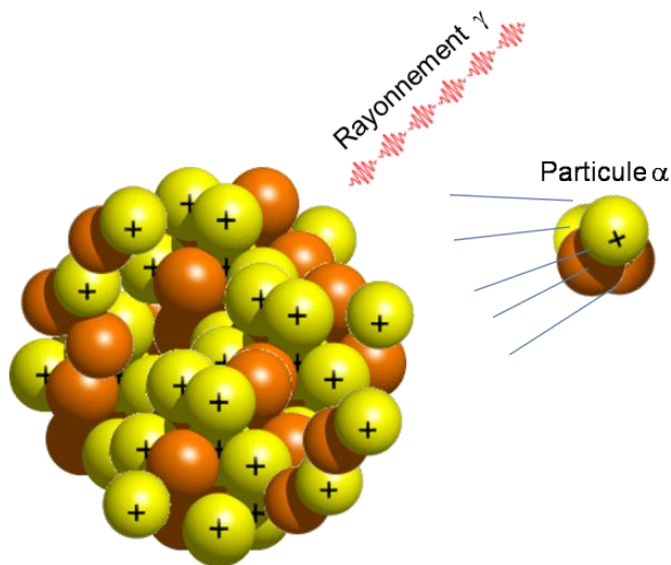
Afin de pallier à ce déséquilibre qui rend instable l'atome, ce dernier va subir une transformation radioactive que l'on appelle une désintégration. Cette dernière conduit à l'**élimination d'un excédent d'énergie sous forme corpusculaire** entraînant alors une transmutation, c'est-à-dire un changement d'élément chimique. Dans la majorité des cas, après une désintégration, le noyau atomique de l'atome résultant se trouve dans un **état excité**. Afin de retrouver son état fondamental il va y avoir **émission d'un ou plusieurs rayonnements électromagnétiques**. Dans ce cas l'identité du radionucléide est conservée, contrairement à la transmutation.

Des atomes radioactifs sont donc des atomes dont les noyaux sont énergétiquement instables et qui vont évoluer spontanément vers un état de plus grande stabilité en éjectant de l'énergie sous forme corpusculaire avec ou sans rayonnements électromagnétiques.

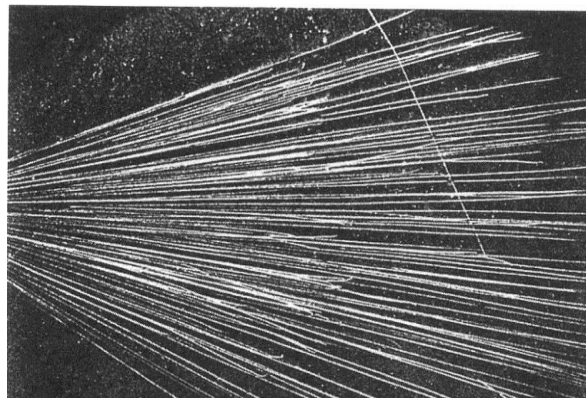
1. Les rayonnements corpusculaires

a. Rayonnement α (alpha)

Lorsque le noyau possède **trop de nucléons (trop lourd $A > 200$)**, il va éliminer ce surplus en éjectant une certaine quantité de protons et de neutrons sous forme d'un **noyau d'Hélium** (absence d'électrons) que l'on appelle **particule α** (rayonnement corpusculaire). Ce noyau d'Hélium est constitué de deux protons et de deux neutrons, il est donc doublement chargé positivement. Par conséquent, il est fortement ionisant c'est à dire qu'il a la capacité d'arracher des électrons.



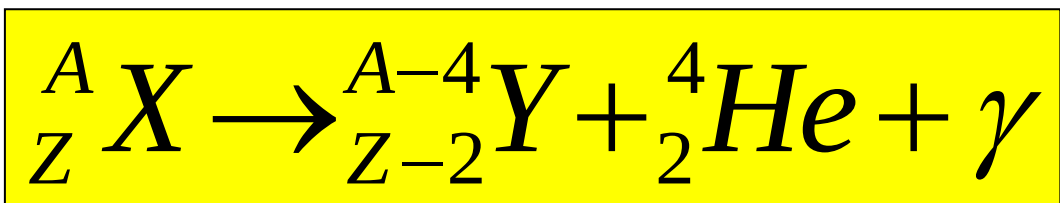
Comme cette **particule α est lourde et fortement chargée**, elle est facilement absorbée par la matière et ne peut parcourir que quelques centimètres dans l'air. 98 % de l'énergie libérée se retrouve sous forme d'énergie cinétique afin d'arracher le noyau d'hélium au noyau de l'atome. Compte tenu de son poids élevé, la trajectoire de la particule α est rectiligne. Dans ce cas on parle de spectre de raies. Chaque raie est unique et caractéristique d'un radioélément (dépend de son énergie). L'énergie peut varier de 4 à 10 MeV, mais 90 % des particules α ont une énergie inférieure à 5 MeV.



La particule α est arrêtée par une feuille de papier et par la couche basale de l'épiderme de la peau et n'est donc en général pas dangereuse pour la santé. Par contre si la source est inhalée ou ingérée, elle est la forme de radiation la plus dangereuse. Elle provoque de graves lésions à l'intérieur du corps.

Au cours de cette désintégration, l'atome subit une transmutation et conduit à un nouvel élément qui peut être stable ou instable. Généralement, le noyau du nouvel élément formé se trouve dans un état excité. Il va donc s'en suivre **une désexcitation par émission d'un rayonnement électromagnétique** très énergétique. Ce rayonnement est appelé **rayonnement γ** .

L'équation bilan de la réaction α est la suivante :

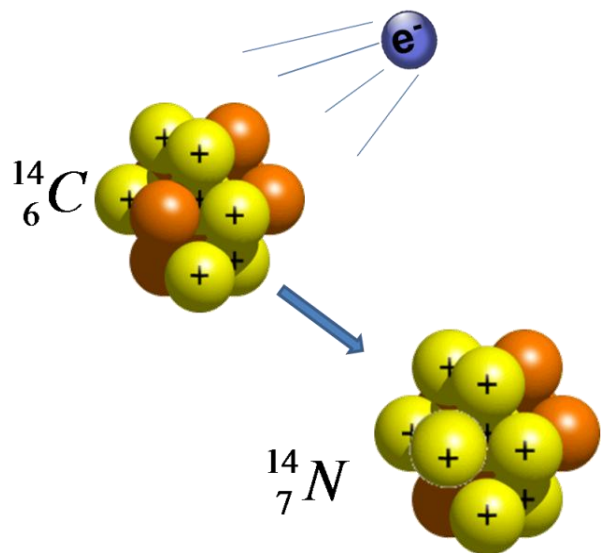


b. Rayonnement β (béta)

➤ Rayonnement β^-

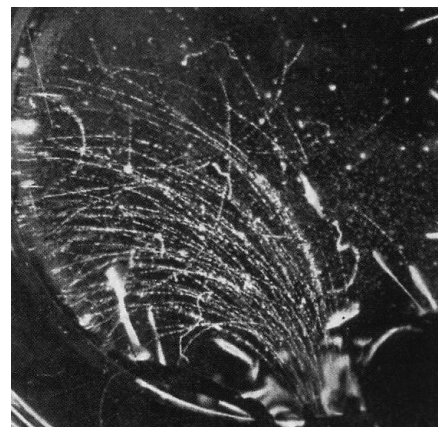
Lorsque le noyau possède **un excédent de neutrons**, on **observe la conversion d'un de ces neutrons en proton avec émission d'un électron**, et ce afin de compenser le changement de charge. L'émission de cet électron est appelé rayonnement β^- (rayonnement corpusculaire).

Comme **cette particule est chargée mais légère**, son **parcours dans l'air est plus important que celle de la particule α** , généralement **quelques mètres**, mais son **parcours est très sinueux**. L'énergie emportée par cette particule est comprise entre 0 et 2/3 de l'énergie du noyau (énergie comprise entre 80 keV et 6 MeV, mais l'énergie moyenne 600 Kev). On est en présence d'un spectre continu.



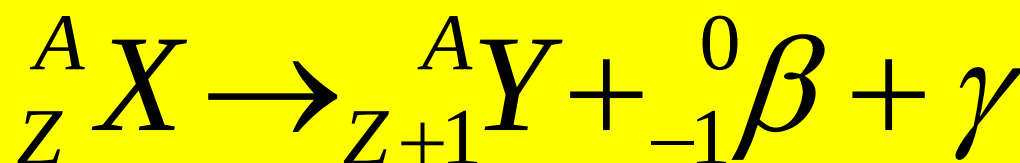
Elle est arrêtée par quelques millimètres d'aluminium ou de plexiglas. Ce rayonnement pénètre plus profondément la peau. **Ne jamais mettre d'écrans avec un Z élevé (plomb ou acier), sous peine de provoquer un rayonnement X de freinage.**

Lors de cette désintégration, il va y avoir **transmutation** et le noyau de l'atome résultant peut, comme dans le cas du rayonnement α , se trouver dans un état excité. Il y aura alors **émission d'un rayonnement γ** lors de la désexcitation.



Ce rayonnement interagit avec la matière en provoquant des excitations et des ionisations.

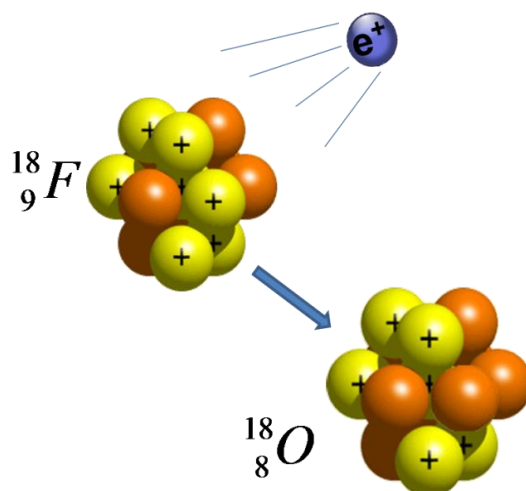
L'équation bilan de la réaction β^- est la suivante :



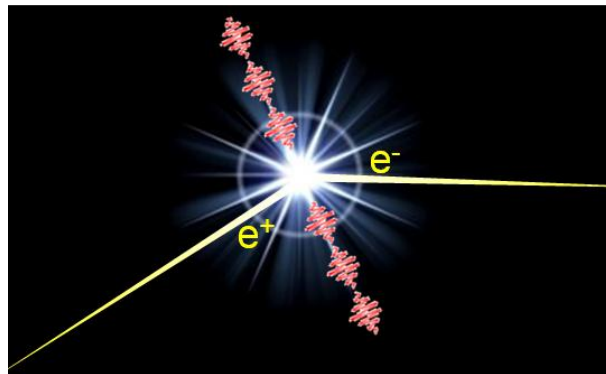
➤ Rayonnement β^+

Dans le cas où le noyau possède un excédent de protons, on observe la transformation d'un de ces protons en neutrons avec émission d'un positron qui est un électron mais de charge positive soit un antiélectron (antiparticule), et ce afin de compenser le changement de charge.

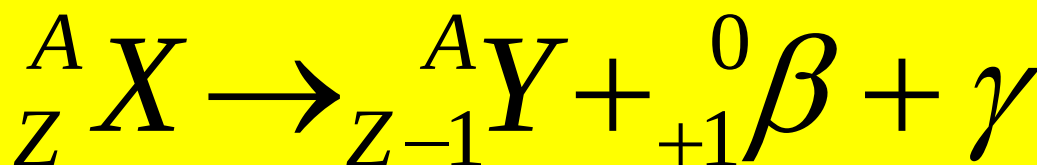
L'émission de ce positron est appelé rayonnement β^+ (**rayonnement corpusculaire**). Lors de cette désintégration, il va y avoir **transmutation** et le noyau de l'atome résultant peut, comme dans le cas du rayonnement α ou β^- , se trouver dans un état excité. Il y aura alors **émission d'un rayonnement γ** lors de la désexcitation. L'énergie de ce rayonnement est comprise entre 0 et 3 MeV.



Le parcours des β^+ est très faible, ils ne sortent généralement pas de la matière. En effet, comme le positron est l'antiparticule de l'électron, dès qu'il va rencontrer ce dernier, il va y avoir **une annihilation**, c'est-à-dire une transformation des deux particules en **deux rayonnements γ** de 511 KeV chacun, qui sont émis à 180° l'un de l'autre. C'est pour cette raison que nous ne pouvons pas détecter ce type de rayonnement, mais nous détectons le rayonnement γ qui lui est associé.



L'équation bilan de la réaction β^+ est la suivante :



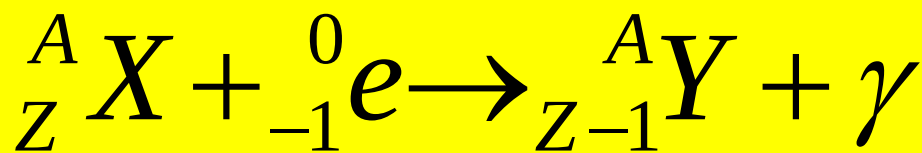
➤ **Capture électronique (CE)**

Il s'agit d'un mode de radioactivité mineur dû au phénomène de l'attraction faible. La capture électronique rentre en compétition avec la désintégration β^+ , en transformant un proton du noyau en neutron. Cette transformation se produit par la capture d'un électron se situant sur une couche proche du noyau. Un rayonnement X sera obligatoirement émis par un réarrangement du cortège électronique, un électron d'électrons est également possible en fonction de l'énergie du rayonnement X émis.

La capture électronique se produit lorsque le noyau ne dispose pas assez d'énergie pour provoquer une désintégration β^+ . Donc, une énergie inférieure à 1.022 MeV. Toutefois, le noyau peut rester dans certain cas excité, entraînant l'émission d'un rayonnement γ de désexcitation.



L'équation bilan de la réaction capture électronique est la suivante

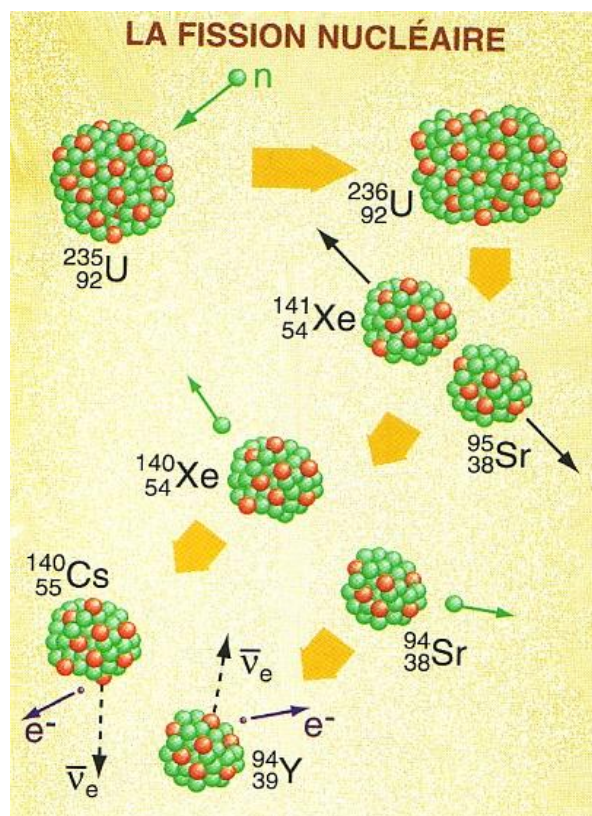


2. Le rayonnement neutronique

Il s'agit d'un rayonnement non chargé constitué d'un neutron. Plusieurs types de neutrons existent : neutrons très rapides, rapides, thermiques, intermédiaires, lents. Ces particules se trouvent très rarement à l'état naturel, il s'agit d'un rayonnement artificiel issu de noyaux très lourds. Compte tenu de leur énergie et absence de charge, leur trajectoire est longue et sinueuse.

On rencontre principalement le risque neutronique en centrales nucléaires, au niveau des produits de fission de la matière nucléaire. Les neutrons sont utilisés pour casser des noyaux d'uranium enrichi (fission) pour en récupérer l'énergie (environ 200 MeV par fission d'un noyau).

Le rayonnement neutronique peut également être provoqué par une réaction nucléaire Alpha / neutrons. La réaction utilisée principalement est Américium – Béryllium. Le noyau Alpha émit par le noyau d'américium va venir provoquer une fission du noyau de Béryllium plus léger. Cette technique est employée dans les appareils gamma densimétrie utilisés dans les travaux publics.



Toutefois, il peut se produire une réaction de fission spontanée dans des noyaux ayant un déséquilibre trop important entre les protons et les neutrons. Des neutrons sont alors émis, c'est le cas par exemple du Californium.

Les neutrons ne sont ralentis que par les interactions avec la matière qu'ils rencontrent. En cas de collisions inélastiques, il y aura ionisation des atomes rencontrés avec une émission γ . D'où une trajectoire aléatoire. Dans un milieu dense le neutron pourra être capté par un gros noyau, déclenchant une réaction de fission nucléaire suite à une instabilité du noyau.

Les neutrons peuvent être arrêtés par des matériaux neutrophages tels que le Bore, mais ils doivent d'abord être ralentis par de la paraffine ou de l'eau.

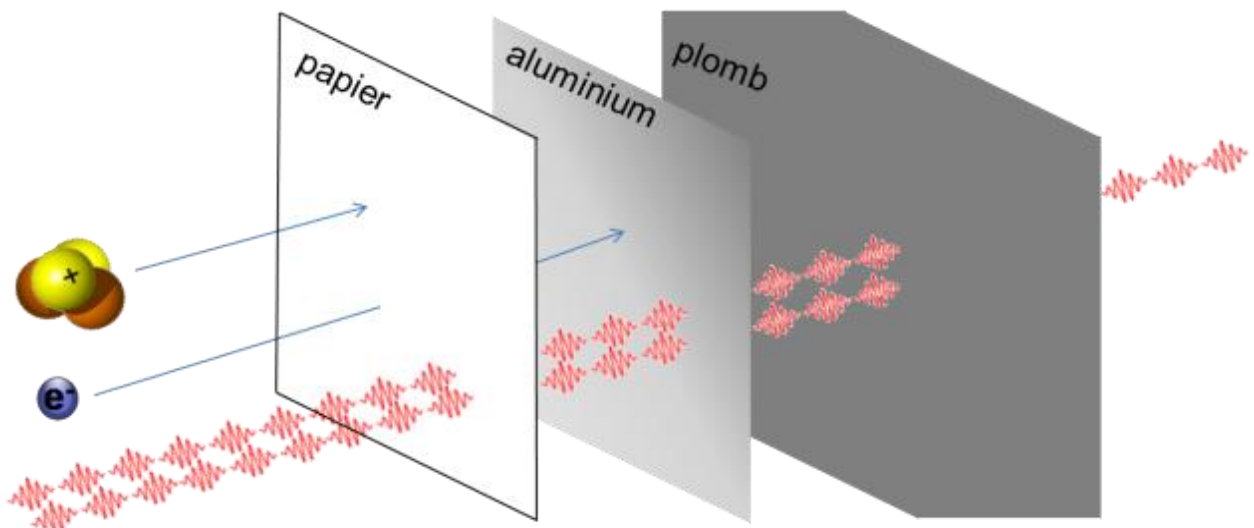
3. Les rayonnements électromagnétiques

a. Rayonnement γ

Comme nous venons de le voir dans les trois désintégrations corpusculaires précédentes, **le rayonnement γ est un rayonnement issu de la désexcitation du noyau** du nouvel élément formé ou lors d'annihilation de l'électron-positron. Ce type de transformation radioactive est **l'émission d'une onde électromagnétique de forte énergie (100 KeV à quelques MeV).**

La désexcitation du noyau se fait par étapes successives et bien définies. Ainsi, pour un noyau donné les valeurs énergétiques des différents rayonnements γ sont uniques. On parle de spectre de raies.

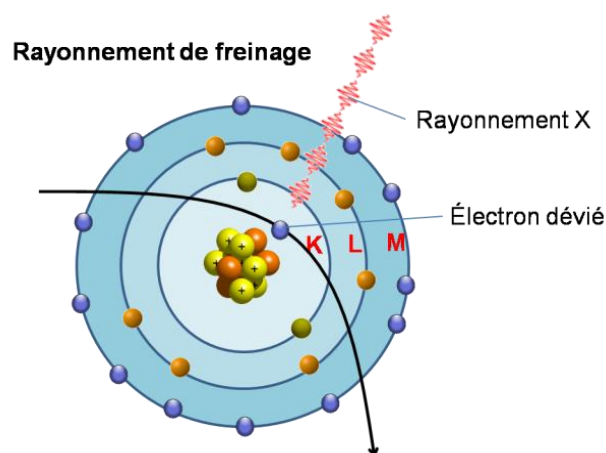
Les rayons γ sont plus pénétrants que le rayonnement α et β , mais ils sont moins ionisants. Leurs parcours dans l'air sont de **plusieurs centaines de mètres** et sont **atténués par des matières denses tel que le plomb, le béton, etc.**



b. Rayonnement X

Le rayonnement X est un **rayonnement électromagnétique** de forte énergie que l'on connaît bien puisque c'est celui utilisé pour la radiographie conventionnelle. Contrairement aux rayons γ , son origine est liée aux transitions électroniques faisant intervenir les couches internes, proches du noyau (**réarrangement électronique**). Ces transitions sont rencontrées lors d'excitations ou d'ionisations provoquées par des rayonnements électromagnétiques ou bien par un bombardement corpusculaire.

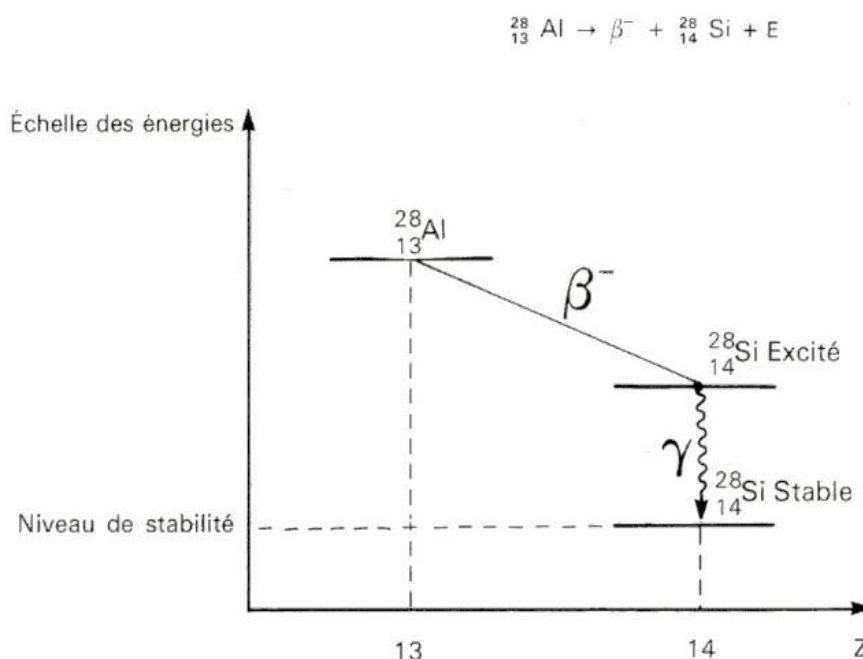
Le rayonnement X peut également provenir d'un **effet de freinage** lors du passage d'un électron au voisinage d'un noyau lourd. En effet, lorsqu'un rayonnement passe près d'un noyau dense, la trajectoire de l'électron est déviée, il s'en suit alors une émission d'un rayonnement électromagnétique dans la gamme des longueurs d'onde des rayons X. On appelle cet effet émission d'un rayonnement de freinage.

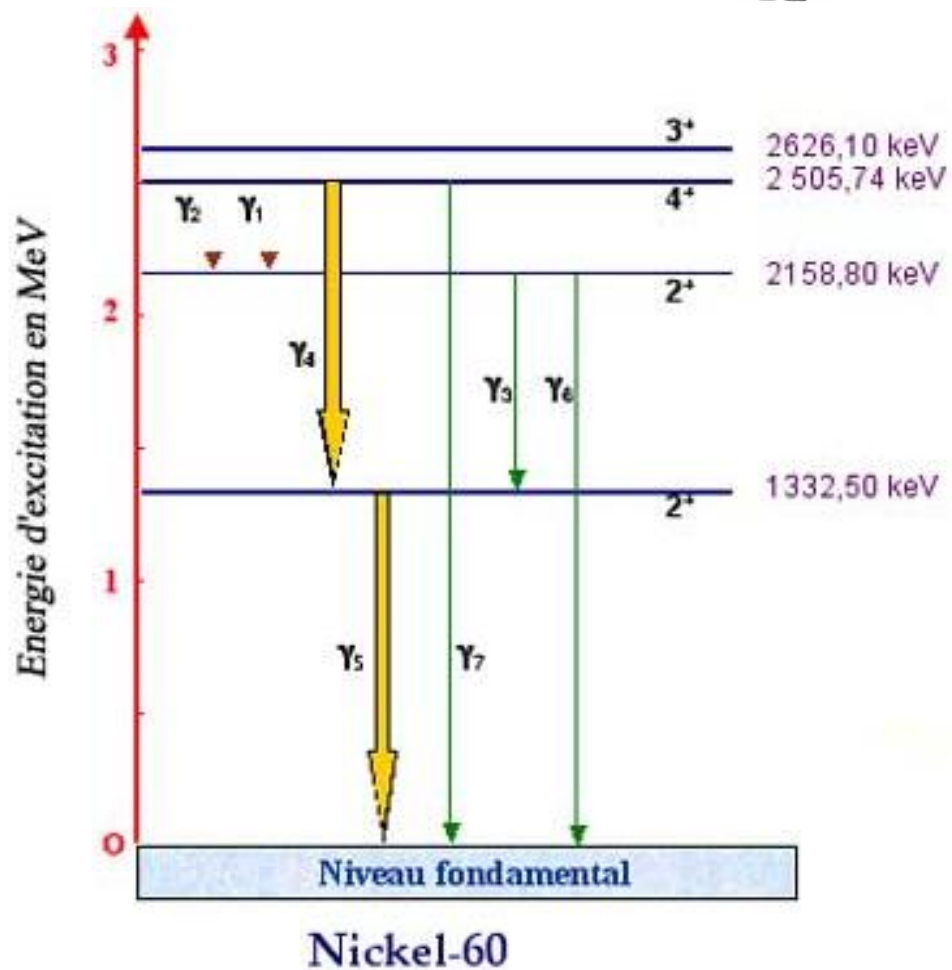


Leur parcours est de **quelques centaines de mètres dans l'air**. Ils sont **atténués par les matières denses** (plomb, béton, etc.).

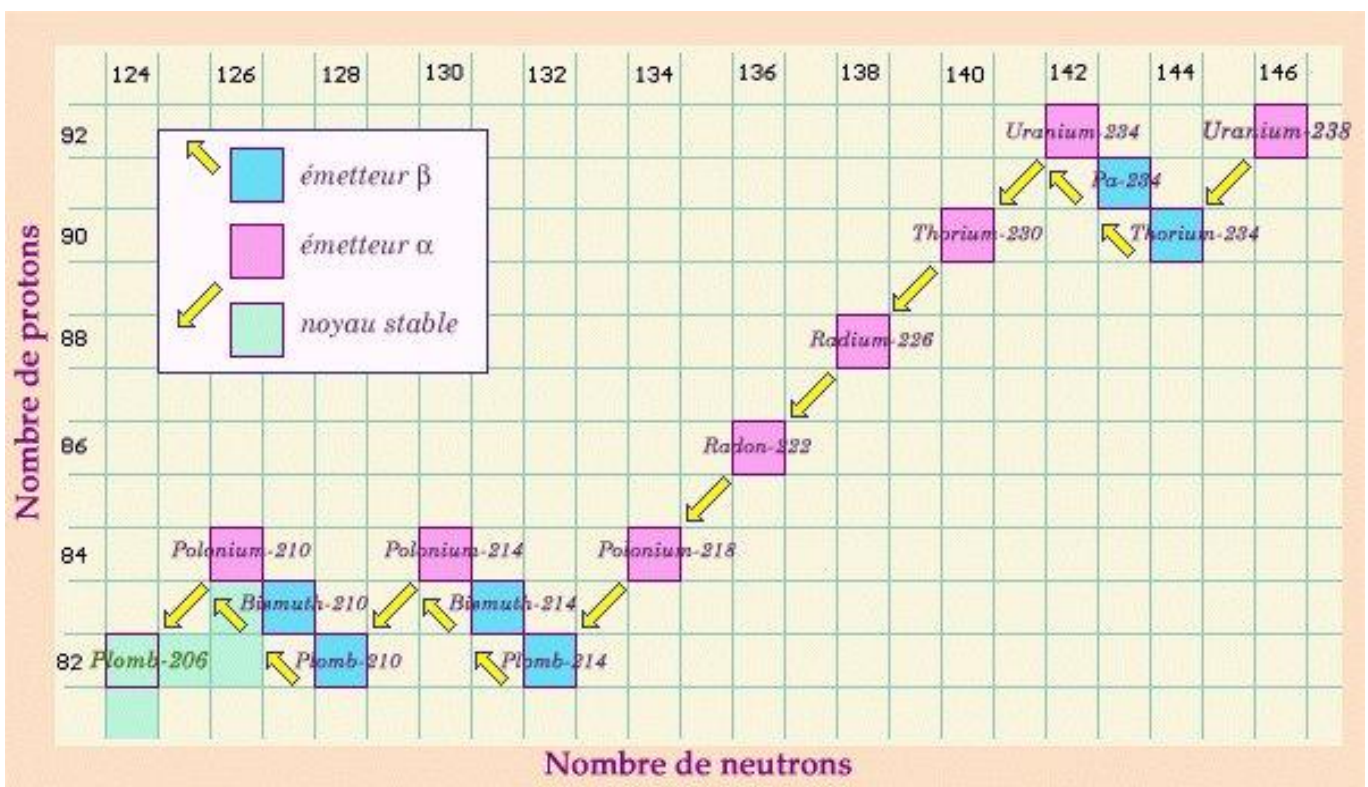
4. Schémas de désintégrations

Les différentes transformations à l'intérieur d'un noyau ou dans le nuage électronique se produisent les unes après les autres dans un ordre bien défini. On appelle cela le schéma de désintégration. Ces derniers sont disponibles dans la bibliographie. En voici quelques exemples :





Voici à titre d'exemple le schéma de désintégration complet de l'Uranium 238 se terminant en plomb 206 stable après des milliards d'années :



5. L'activité

Une matière radioactive, ou source, est constituée d'un très grand nombre d'atomes qui ne vont pas tous se désintégrer en même temps. L'activité, notée A, caractérise cette source et permet de « quantifier » sa radioactivité : elle est égale au nombre de désintégrations se produisant dans cette source par unité de temps. L'unité employée est le Becquerel, notée Bq (**1 Bq = 1 désintégration par seconde**). L'activité est proportionnelle au nombre de noyaux du radionucléide. Il s'agit d'une unité très petite, qui sera utilisée avec des multiples du Kilo becquerel au Téra becquerel.

L'ancienne unité utilisée est le Curie (Ci), qui correspond à l'activité d'un gramme de Radium 226. Ainsi, **1 Ci = 37 x 10⁹ Bq ou 37 GBq**.

Plus une activité sera élevée, plus le débit des rayonnements émis sera important. Par contre, la portée des rayonnements émis sera identique.

6. La période radioactive

La période radioactive (notée T) correspond au temps au bout duquel le nombre de noyaux radioactifs est divisé par deux ou bien l'activité est réduite de moitié. Cette valeur est constante pour chaque élément donné et peut varier de quelques secondes à des milliards d'années. La période peut également être appelée demi-vie dans la bibliographie.

La période radioactive est liée à une loi de décroissance exponentielle. Cette dernière tient compte de l'activité initiale, ainsi que de la constante radioactive propre à chaque radioélément (notée λ). On peut la noter : $A_t = A_0 \times e^{-\lambda t}$

Etant donné que $\lambda = \ln 2 / T$, on peut l'écrire également : $A_t = A_0 \times e^{(-\ln 2 \times t) / T}$



En simplifiant l'équation, nous obtenons : $A_t = \frac{A_0}{2^n}$, avec n = nombre de période écoulées entre l'activité initiale A_0 et l'activité à l'instant t (A_t). Ainsi, nous pouvons encore simplifier l'équation :

$$A_t = \frac{A_0}{2^{\frac{t-t_0}{T}}}$$

A_t = activité de la source à une date t

A_0 = activité initiale de la source

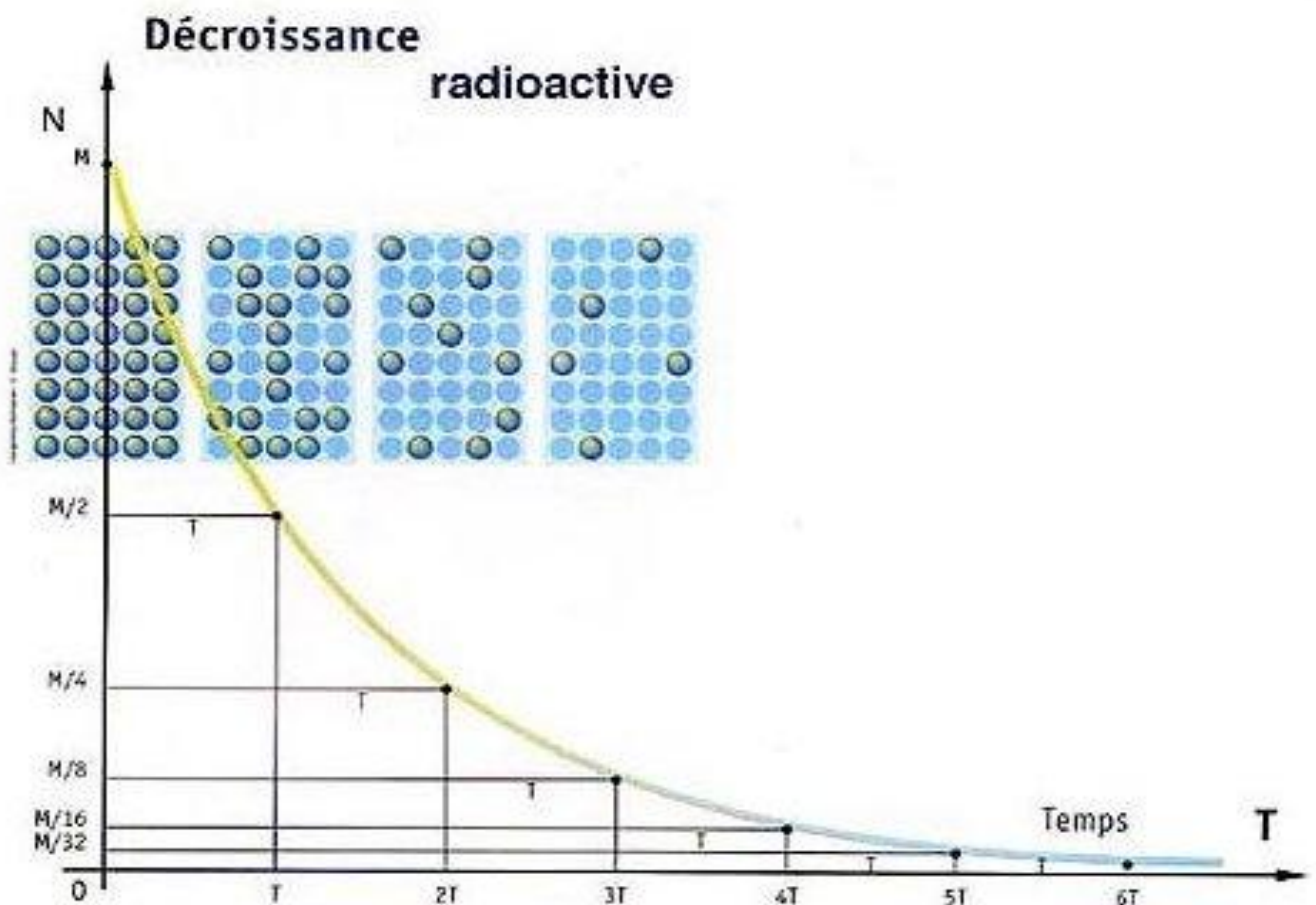
t = date t (date du jour ou autre ...)

t_0 = date création de la source en relation avec A_0

T = période radioactive

Attention t, t_0 et T doivent être dans la même unité de temps : s, min, heures ou années

La représentation graphique de cette loi est la suivante :



On s'aperçoit donc qu'au bout de 7 périodes, l'activité résiduelle ne correspond plus qu'à 1/128ème de l'activité initiale et au bout de 10 périodes, cette activité n'est plus que de 1/1024ème de l'activité initiale. On considère donc souvent, en pratique, qu'au bout de 7 périodes l'activité résiduelle d'une source est quasi nulle. **Toutefois, la sécurité prévaut de considérer que cette activité est nulle au bout de 10 périodes, mais attention tout de même si l'activité initiale est très importante.**

Exemples de périodes radioactives :

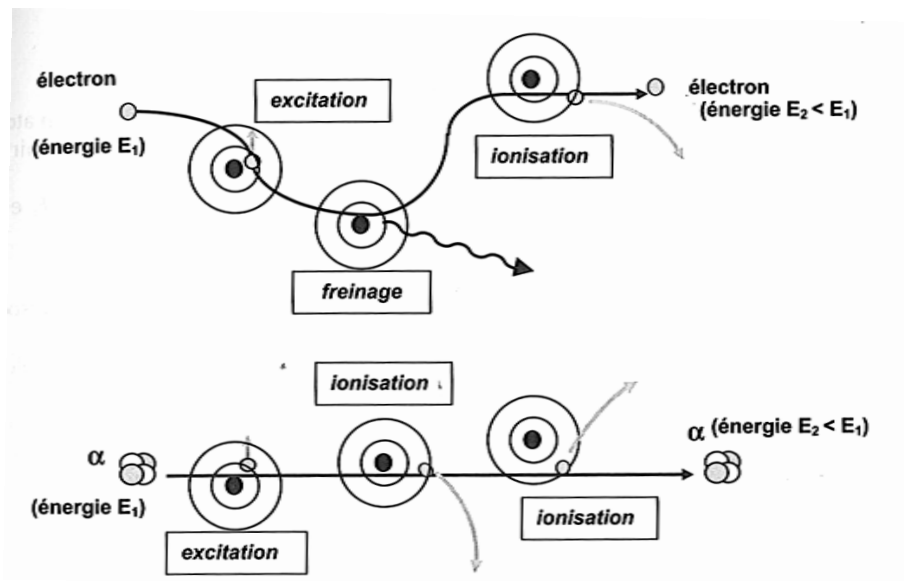
PÉRIODES DE QUELQUES CORPS RADIOACTIFS				
ÉLÉMENTS CHIMIQUES	PÉRIODE RADIOACTIVE	ORIGINE	PRÉSENCE	EXEMPLES D'UTILISATION
Tritium	12,3 ans	Artificielle	–	Fusion thermonucléaire Marquage biologique
Carbone 11	20,4 minutes	Artificielle	–	Imagerie médicale
Carbone 14	5 730 ans	Naturelle	Atmosphère Composés carbonés	Datation
Oxygène 15	2,02 minutes	Artificielle	–	Imagerie médicale
Phosphore 32	14,3 jours	Artificielle	–	Recherche en biologie
Soufre 35	87,4 jours	Artificielle	–	Recherche en biologie
Potassium 40	1,3 milliard d'années	Naturelle	Roches riches en potassium, squelette	–

7. Interactions des rayonnements ionisants avec la matière

Compte tenu de leur charge et de leur énergie, tous les rayonnements vont interagir avec la matière. Toutefois, on fonction de leur nature les interactions seront différentes.

a. Interactions des rayonnements corpusculaires

Les rayonnements corpusculaires de type β^- et α vont provoquer des phénomènes d'ionisation et d'excitation lorsqu'ils rentrent en contact avec la matière. Pour les particules β^+ un rayonnement X de freinage pourra également apparaître. Ces interactions nous permettent de dire que ces rayonnements sont particulièrement nocifs pour les tissus vivants. Les interactions sont schématisées ci-dessous :

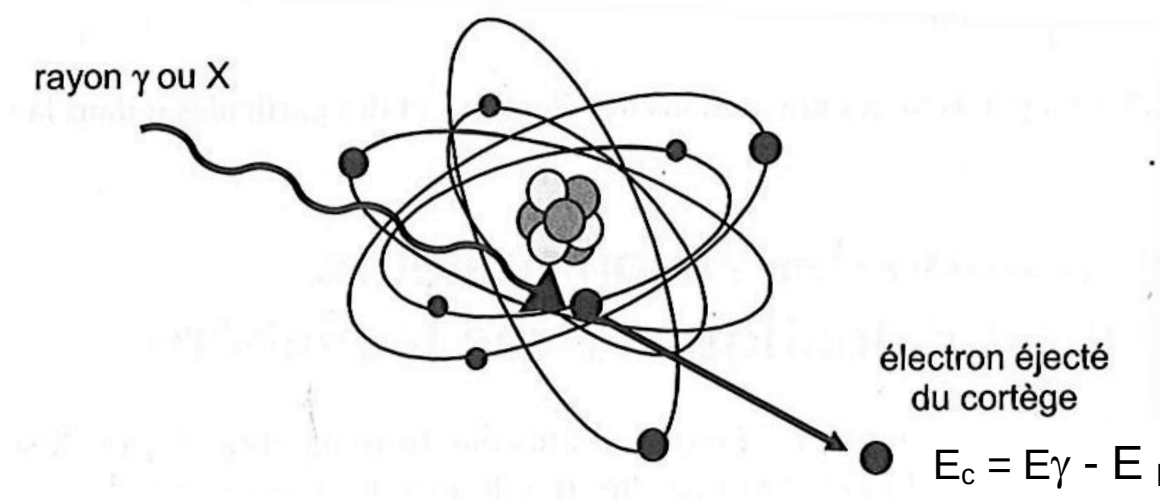


b. Interactions des rayonnements électromagnétiques

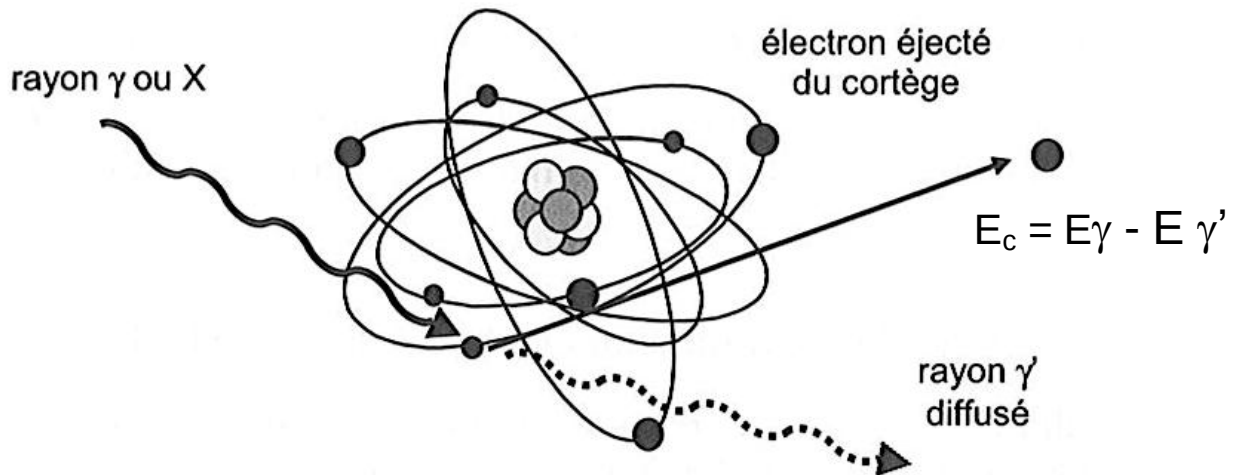
De par leur absence de masse, les rayonnements électromagnétiques γ et X sont très pénétrants dans la matière. Les interactions avec la matière auront un caractère aléatoire permettant ainsi un parcours de plusieurs centaines de mètres dans l'air. Trois effets principaux avec la matière vont intervenir :

b-1 Effet photoélectrique

Le rayonnement électromagnétique (E_γ) incident transfère toute son énergie à un électron de la matière traversée, celui-ci est alors expulsé de son atome avec une certaine énergie cinétique (E_c). L'atome se retrouve alors dans un état ionisé et le photon disparaît totalement. Ce phénomène est prépondérant pour les rayonnements électromagnétiques de faible énergie et pour des atomes cibles assez lourds (Z élevé) avec une énergie de liaison (E_l) élevée.

**b-2 Effet Compton**

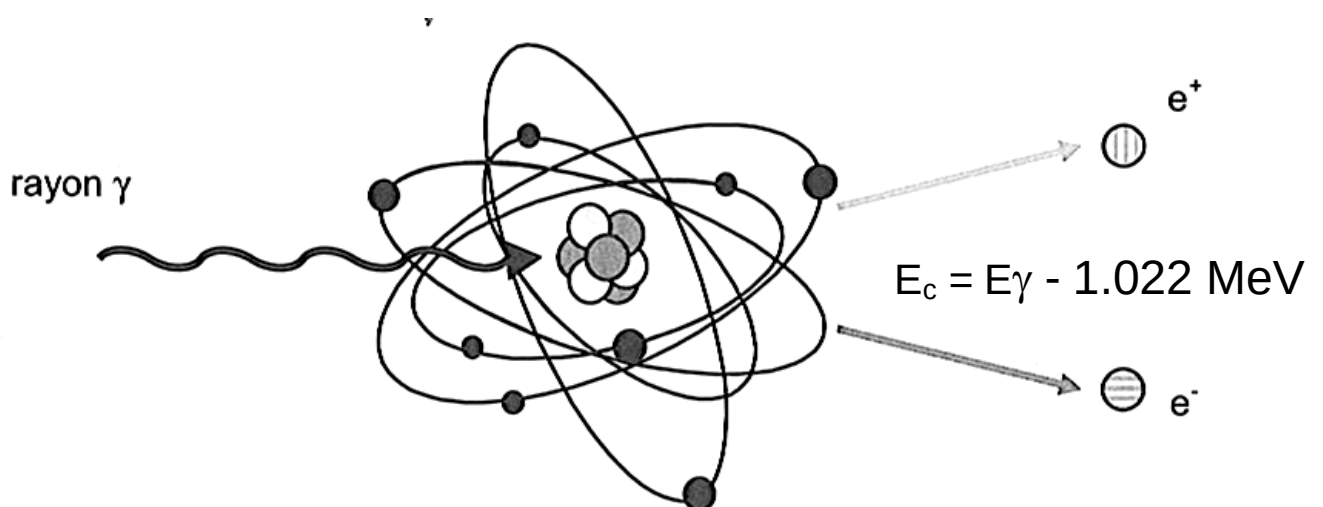
Le rayonnement électromagnétique (E_γ) incident transfère toute son énergie à un électron de la matière traversée. Cet électron se retrouve éjecté du cortège électronique avec une certaine énergie cinétique (E_c) et un nouveau photon γ' est créé. L'atome se retrouve alors dans un état ionisé et le parcours de l'électron éjecté est faible compte tenu de sa faible énergie cinétique. Ce phénomène est prépondérant pour les rayonnements électromagnétiques d'énergie moyenne et qui disposent d'une énergie de liaison faible.



b-3 Effet création de paires

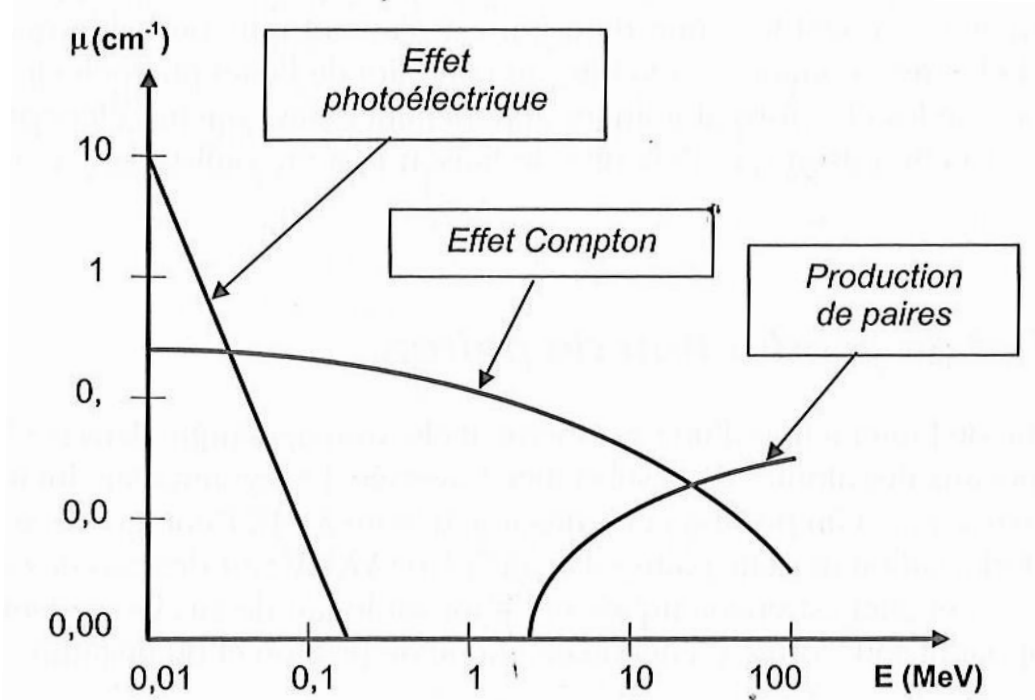
L'effet création de paire ou de matérialisation, résulte de l'interaction d'un rayonnement électromagnétique avec le champ coulombien des noyaux des atomes de la matière traversée. Le rayonnement incident disparaît totalement et donne naissance à une paire électron - positron. Le positron s'annihilera rapidement avec un électron orphelin, en émettant deux photons à 180° et une énergie égale à 511 KeV (phénomène identique au rayonnement β^+). L'énergie du rayonnement incident doit être supérieure à 1.022 MeV, il s'agit d'un effet à seuil (énergie minimale 1.5 MeV). Ce type d'interaction concerne donc les rayonnements de forte énergie.

Effet création de paires

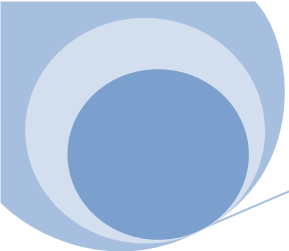


b-4 Bilan des interactions des rayonnements électromagnétiques

Il apparaît donc que les rayonnements électromagnétiques, grâce aux trois effets vus précédemment mettent en mouvement des électrons qui vont ioniser la matière. C'est pour cette raison que l'on qualifie ces rayonnements comme étant **indirectement ionisants**. Les modes d'apparition des différents modes d'interactions peuvent être résumés sur le schéma suivant :



μ = coefficient d'atténuation linéique, dépend de l'énergie et de la nature de matière traversée.



A2 : Les effets biologiques des rayonnements

Les rayonnements ionisants produisent sur les cellules humaines deux types d'interactions, produisant ainsi des atteintes à l'ADN :

- Radiolyse de l'eau avec la création de radicaux libres générant des effets indirects sur l'ADN.
- Effets directs sur les séquences d'ADN par destruction de la matière ADN.

Dans les deux cas il en résultera des mutations génétiques ou des destructions de cellules. Il conviendra de distinguer les rayonnements directement ionisants (α et β) et ceux non directement ionisants (γ et X).

1. Conduite à tenir face à une exposition à des radioéléments

L'homme peut être exposé à des radioéléments de plusieurs manières possibles. Pour chacune d'entre elle il faudra adapter une conduite à tenir afin d'en limiter les effets :

- **Source extérieure** : risque d'irradiation totale ou partielle. Action de protection éloignement de la source.
- **Dépôt de matière radioactive sur la peau** : risque de contamination externe et irradiation externe de surface. Action de protection lavage, mais attention aux eaux de rinçage.
- **Incorporation dans le corps d'une substance radioactive** : risque de contamination interne, cas le plus défavorable. Une irradiation partielle ou totale pourra également y être associée. Action de protection élimination par les voies naturelles de l'organisme. Dans ce cas on parle de période biologique.



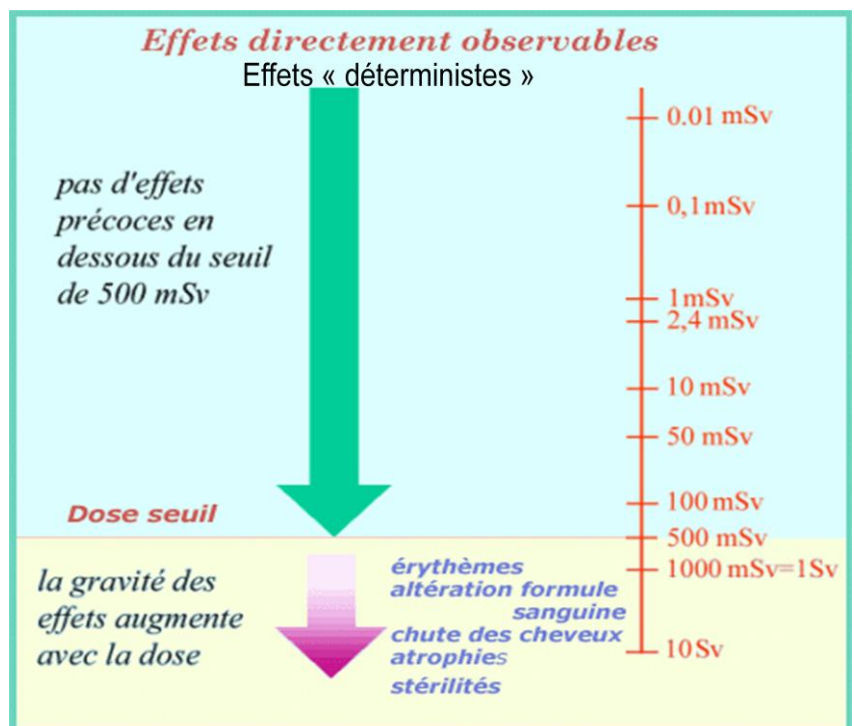
2. Effets sur l'homme

Les effets sur l'homme des rayonnements ionisants peuvent être bénéfiques lorsqu'ils touchent des cellules malades. On parle alors d'actions thérapeutiques. Mais ils peuvent être également nocifs lorsque des cellules saines sont atteintes. Dans ce cas les effets sont très variés et la matière vivante possède une certaine faculté de réparation. Les conséquences d'une irradiation sont très difficiles à prévoir pour un individu, sauf en cas d'exposition très importante.

1. Les effets précoces

Les effets précoces, comme leur nom l'indique, apparaissent entre quelques heures à un mois après l'irradiation. Il s'agit d'effets à **SEUIL**, c'est-à-dire n'apparaissant que si la dose dépasse un certain niveau. De plus, dans des conditions identiques d'irradiation, les effets sont à peu près les mêmes pour tous les individus exposés (on parlera d'effets déterministes).

D'une manière générale les tissus les plus exposés sont : la peau, les poumons, les cellules formatrices du sang, l'intestin et les cellules des lignées germinales (organes sexuels). Ainsi, pour un organe donné, **l'intensité de l'effet dépend de la dose.**



Caractéristiques cliniques en fonction de la dose

Dose (Gy)	Dose équivalente (Sv)	Signes cliniques
0,25 - 1	1	nausées, vomissements
		épilation provisoire
1 – 2,5	2,5 à 3	syndrome hématopoïétique : atteinte des organes assurant le renouvellement des lymphocytes, des globules blancs et des plaquettes → hémorragies, infections
4,5		dose létale 50
5 – 7		stérilité définitive
5 – 7,5	6 à 10	syndrome gastro- intestinal : atteinte des cellules de la muqueuse intestinale à fort taux de renouvellement → infections → mort si pas de greffe de moelle osseuse
7,5 - 10	> 6	atteinte pulmonaire
> 10 - 15	> 10	syndrome neurologique : œdème cérébral et coma → mort en quelques jours
	20	mort en quelques heures

a. Irradiation externe partielle, aigüe ou fractionnée

En cas d'irradiation externe partielle, aigüe ou fractionnée les effets produits sont largement connus du milieu médical. A titre d'exemple, voici quelques effets déterministes sur certains organes cibles chez l'homme :

- **La peau** : seules les cellules de la couche basale germinative sont radiosensibles, les lésions n'étant visibles qu'après la perte des couches supérieures de l'épiderme (desquamation). Les effets sont visibles après 15 à 20 jours. Exemple de dose : 4 à 8 Gy érythème

5 à 10 Gy : épilation

> 20 Gy : nécrose.



- **Les gonades** : sont des organes très radiosensibles, donc à protéger. Chez l'homme, pour des irradiations égales ou inférieures à 6 Gy, la stérilité est temporaire. Chez la femme apparition d'une ménopause artificielle à partir de 7 à 15 Gy.
- **Os et cartilages** : chez l'enfant, des doses supérieures à 20 Gy peuvent arrêter définitivement la croissance de l'os.

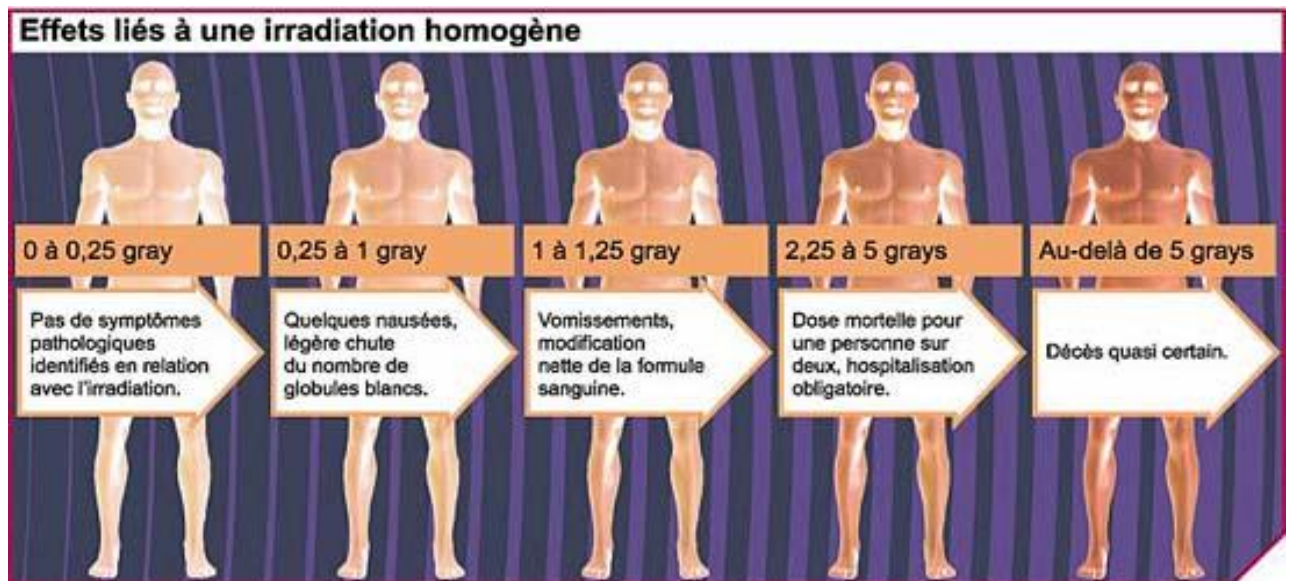
b. Irradiation externe globale ou corps entier

Compte tenu des effets induits par une exposition externe globale, l'essentiel des observations cliniques résultent d'accidents ou d'expositions médicales suite à des opérations très importantes. Ainsi, en dessous de 1 Gy, apparition de signes mineurs et généralement sans gravité, l'hospitalisation n'est pas indispensable. Par contre, elle devient nécessaire entre 1 et 2 Gy.

Au-delà de 2 Gy, l'hospitalisation en service spécialisé s'impose. La gravité de l'irradiation globale est due à l'atteinte des cellules formatrices du sang, dont la chute maximale se situe vers la 3e ou 4e semaine. C'est à partir de cette période que se posera le pronostic vital pour l'individu. L'évolution se fait en quatre phases :

- Période initiale où les symptômes sont discrets, elle dure 2 à 3 jours.
- Période de latence, pratiquement silencieuse, elle dure près de 3 semaines.
- Période d'état, phase critique, avec apparition de signes généraux (fatigue intense, hyperthermie). Signes digestifs, cutanés, hémorragiques et infections. Il s'en suit des signes d'aplasie médullaire. **C'est dans cette phase que la vie de l'irradié est en danger.**
- Période de convalescence, à partir du 3e mois.

Pour des doses plus élevées, comprises entre 8 et 12 Gy, la gravité peut être due aux complications digestives, hémorragiques et pulmonaires avec une évolution extrêmement grave malgré le traitement. Au-delà de 15 à 20 Gy en irradiation instantanée, apparition du syndrome neurologique, sans traitement efficace.



2. Effets somatiques tardifs ou stochastiques

a. Effets non cancérogènes

Il semble qu'il s'agisse d'effets à seuil, n'apparaissant qu'au-delà de doses minimum. Nous pouvons citer par exemple :

- **Cataracte** : le cristallin est un tissu radiosensible (faisant l'objet d'un contrôle médical dans le cadre de notre spécialité). Le seuil est élevé, supérieur à 10 Gy par rayons X.
- **Troubles de la croissance** : un déficit de la taille, du poids et du périmètre crânien a été constaté pour des expositions supérieures à 1 Gy par des rayonnements γ .
- **Réactions immunologiques** : effet immunodépresseur des rayonnements ionisants, associé à une diminution des globules blancs.
- **Peau** : enveloppe externe du corps, modérément radiosensible mais "en première ligne" pour tout type d'exposition et de rayonnements. Les lésions cutanées apparaissent à partir de 5 mGy/jour (peau sèche et atrophique ou épaisse et œdématiée, effacement des empreintes digitales, fissures...).

b. Développement de cancers

Les cancers radio induits ne se distinguent d'aucune façon des autres cancers. L'évaluation des effets cancérogènes des rayonnements ionisants est faite à partir de l'expérimentation animale et des enquêtes sur les populations irradiées pour des raisons diverses (médicales, professionnelles, Hiroshima et Nagasaki). Leur interprétation est difficile. En effet le cancer est une cause importante de mortalité dans les populations prises comme référence. Les cancers excédentaires sont en petit nombre et il est difficile de les différencier des fluctuations du nombre de cancers spontanés.

De nombreux cas de leucémies sont apparus après Hiroshima, Nagasaki ou Tchernobyl. Apparition de cancers cutanés chez les anciens chirurgiens et radiologistes. De même, apparition de cancers du poumon chez les ouvriers des mines d'uranium.

Quelques conclusions sont issues de ces études :

- L'exposition à de fortes doses de rayonnement augmente la probabilité de certains cancers.
- La fréquence des cancers est très variable d'un tissu à l'autre pour une même dose : pour des doses supérieures à 1 Gy, on note une augmentation de l'incidence de certains cancers : thyroïde chez l'enfant, sein, leucémie.
- Il existe un certain délai d'apparition pour les cancers radio induits : 5 à 10 ans pour les leucémies, jusqu'à 40 ans pour d'autres cancers.
- Leur fréquence varie en fonction de la dose reçue : l'effet cancérogène n'apparaît que pour une dose individuelle moyenne de 1 Gy. Au-delà il y a proportionnalité de la fréquence en fonction de la dose. En dessous de 1 Gy, il n'a pas été mis en évidence de différence statistique entre groupe irradié et groupe non irradié.

Donc, pour les faibles doses, on admet par prudence :

- Qu'il n'y a pas de dose seuil.
- Que toute dose comporte un risque.
- Que ce risque est proportionnel à la dose.

3. Les effets génétiques

En pratique, chez l'homme, il n'a pas été possible de mettre en évidence d'effets génétiques par mutation génique après irradiation. Cependant l'expérience animale et le caractère incertain des observations ont poussé les scientifiques à une vision pessimiste, avec l'estimation faible mais réelle d'un risque radio induit.

4. Effets tératogènes

Il s'agit d'effets touchant le développement du fœtus, pouvant entraîner la mort ou des malformations de l'embryon ou du fœtus irradié. La relation dose-effet est linéaire et sans seuil. Toutefois, Il n'a pas été constaté d'effet tératogène en dessous de 0,10 Gy.

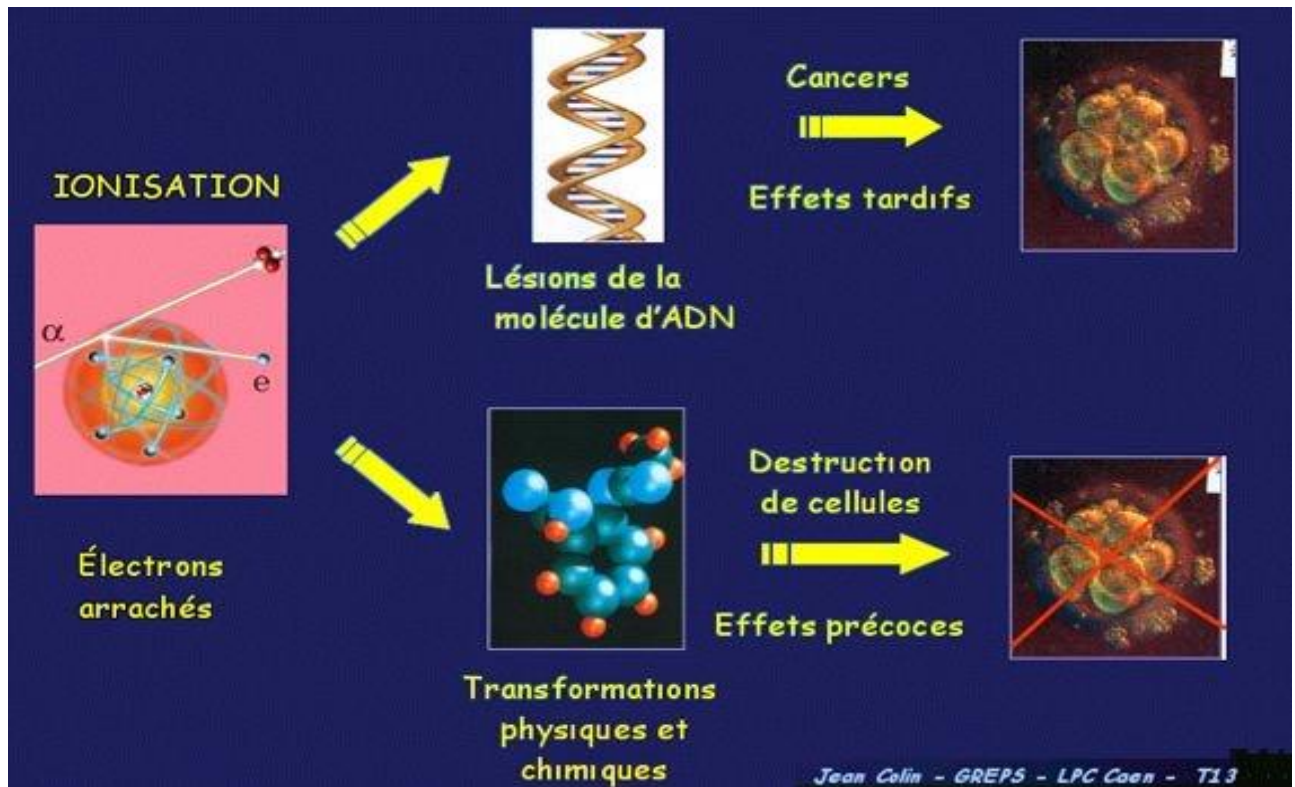
En pratique :

- Eviter d'irradier toute femme enceinte.
- En cas de grossesse méconnue, les conséquences sont fonction de l'âge du fœtus et des doses reçues :
 - Dose < 0,1 Gy : aucune mesure particulière, si ce n'est éviter une nouvelle irradiation.
 - Entre 0,1 et 0,2 Gy : discuter avec les parents (contexte familial et clinique).
 - Dose > 0,2 Gy : discuter l'interruption thérapeutique de la grossesse.

Les effets sont variables en fonction du stade de développement :

- Période de pré-implantation (6ème au 9ème jour) : les cellules sont indifférenciées et multipotentes. En cas d'exposition à une dose élevée, il y a mort cellulaire et avortement passant inaperçu. Sinon quelques cellules sont détruites et remplacées : une seule survivante suffit pour assurer le développement complet de l'embryon : c'est la loi du « tout ou rien ».
- Embryogénèse (jusqu'au 60ème jour) : c'est la période la plus radiosensible. Il y a risque de malformations, de développement anormal du système nerveux central.
- Stade fœtal (au-delà du 60ème jour) : le risque malformatif diminue mais une irradiation peut entraîner un risque cancérogène qui ne se révélera qu'après la naissance.

A retenir

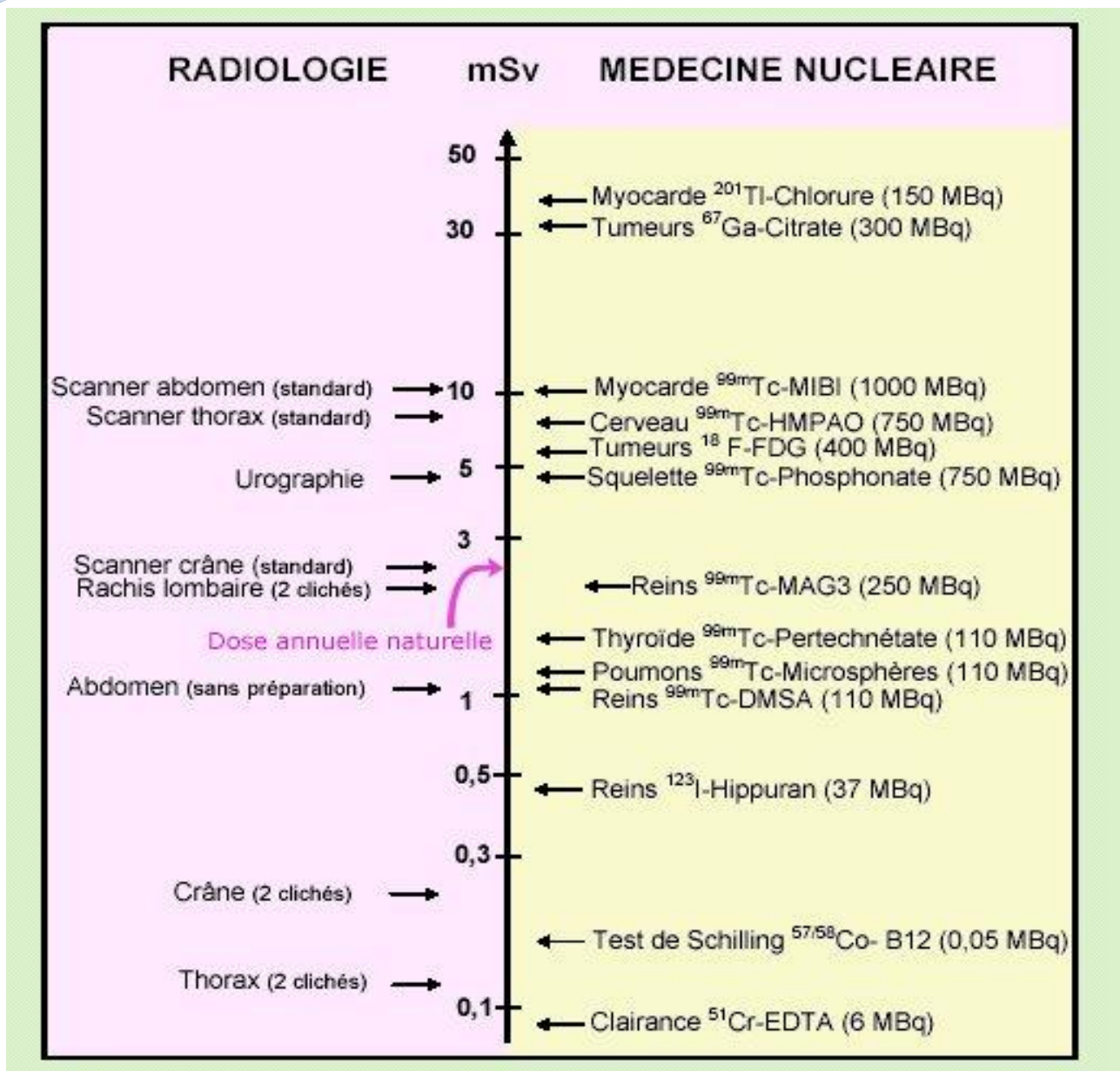


5. Action thérapeutique des rayonnements

Les rayonnements ionisants sont utilisés en médecine afin de traiter des tumeurs cancéreuses, il s'agit de la radiothérapie. Dans tous les cas il s'agit :

- D'actions centrées au maximum sur la cible.
- De doses très importantes.
- Exposition sur un temps court.

Pour exemple, le cerveau peut supporter 50 Gy en 5 à 6 semaines avec des modifications morphologiques dès 10 Gy. De même, on a pu utiliser des doses allant jusqu'à 78 Gy, en ayant recours à l'hyperfractionnement dans le cas de tumeurs gliales du tronc cérébral



6. Diagnostic d'une irradiation

Etant donné que les rayonnements ne se voient pas et ne se palpent pas, dans la majorité des cas il n'y a aucun signe direct immédiat. Le diagnostic s'établit donc sur :

- Les mesures physiques.
- Les examens biologiques et radio toxicologiques.
- Exceptionnellement sur des signes fonctionnels ou physiques dans le cas d'une exposition externe.
- **MAIS SURTOUT SUR LA CONNAISSANCE DES CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT**

3. Actions médicales vis-à-vis d'une personne exposée aux rayonnements ionisants

Commençons par clarifier une idée reçue, soigner un irradié n'entraîne pas de risque d'irradiation pour le personnel soignant, pas plus qu'on ne se brûle en soignant un brûlé. De même, le risque minime pour une contamination externe utilisation de blouse, gants, masque et quelques précautions suffisent.

1. Irradiation externe corps entier

Une irradiation externe n'est en général pas une urgence au plan des soins. Nous pouvons rencontrer une atteinte de la moelle osseuse et parfois de l'épithélium intestinal, avec une phase critique survenant après plusieurs jours ou plusieurs semaines. Par contre, **une irradiation externe est une urgence au plan des investigations à pratiquer.**

Conduite à tenir initiale :

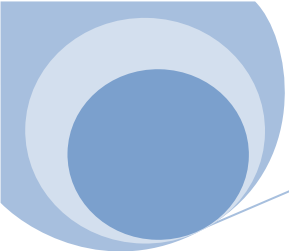
- Eloigner la victime de la source.
- S'assurer de l'absence de contaminations associées (l'intervenant ne court alors aucun risque radiologique particulier).
- Evaluer la dose absorbée de rayonnement (données physiques, signes cliniques initiaux et paracliniques).
- Prévoir une numération globulaire et une formule sanguine, caryotype, groupage HLA avant la 3e heure.

Signes cliniques initiaux :

- Le délai d'apparition des premiers signes cliniques et leur intensité dépendent de la dose reçue (évaluation dosimétrique)

Signes para-cliniques :

- Numération globulaire et formule sanguine, avant la 3e heure. L'observation de la vitesse de chute du taux des lymphocytes et l'élévation du taux des granulocytes sont d'autant plus grandes que la dose absorbée est plus élevée.
- Groupage HLA : dans un centre spécialisé en prévision d'une éventuelle greffe de moelle.



- Caryotype : pratiqué sur les lymphocytes du prélèvement sanguin, il permet une évaluation de la dose reçue. Mais l'interprétation n'est pas immédiate et ne peut être réalisée que dans quelques centres spécialisés.

Prise en charge :

- En dessous de 0,3 Sv (30 rem) : aucune investigation et aucun traitement.
- De 0,3 à 1 Sv (30 à 100 rem) : investigations biologiques, mais pas de traitement.
- Au-dessus de 1 Sv (100 rem) gestes médicaux et hospitalisation. Les données physiques, l'évolution clinique et biologique permettent d'établir un pronostic.

2. Irradiation externe partielle aigüe

La conduite à tenir est la suivante :

- Eloigner la victime de la source de rayonnement.
- S'assurer de l'absence de contaminations associées (l'intervenant ne court alors aucun risque radiologique particulier).
- Evaluer la dose absorbée de rayonnements (données physiques, signes cliniques initiaux et paracliniques).
- Prendre un avis spécialisé.

Le délai d'apparition des premiers signes cliniques et leur intensité dépendent de la dose reçue (évaluation dosimétrique). Les signes cutanés isolés ou associés :

- Erythème.
- Œdème précoc.
- Sensation de chaleur, douleur.

Les actions à mener sont :

- Eliminer une brûlure thermique.
- Evaluer l'étendue de la surface irradiée (règle des 9).

Attention, au-delà de 18 % de surface corporelle atteinte, l'irradiation partielle est assimilée à une irradiation globale.

La prise en charge médicale sera la suivante :

- Une consultation spécialisée est indispensable.
- La scintigraphie, la thermographie, la capillaroscopie et la reconstitution dosimétrique pourront permettre d'évaluer la gravité des lésions, et d'envisager le traitement dont dépend le pronostic.

3. Contamination externe par dépôt cutané

La conduite à tenir et les précautions initiales sont :

- Déterminer la date et heure de l'accident.
- Affirmer la contamination : l'intervention de spécialistes équipés de détecteurs de radioactivité est indispensable (SAPEURS-POMPIERS).
- Eviter à l'intervenant de se contaminer : port d'une tenue de type chirurgical (calot, masque, sarrau, gants) ou d'une tenue trois couches.
- Procéder à un déshabillage soigneux de la victime en prenant garde à ne pas étendre la contamination.
- Stocker les vêtements, les objets et les produits contaminés dans des sacs étanches.

L'examen clinique initial, permet de rechercher un érythème et un œdème. Ces derniers sont d'autant plus précoces, lorsque la contamination est importante (dose absorbée à la peau supérieure à 4 Gy). De même cet examen permet de découvrir éventuellement des lésions cutanées avec une autre origine qui, lorsqu'elles sont contaminées, peuvent être la porte d'entrée d'une contamination interne.

La décontamination d'une victime doit être rapidement entreprise, mais ne doit pas retarder la prise en charge d'une éventuelle urgence médico-chirurgicale vitale associée. Sur Toulouse la prise d'une victime contaminée par des radioéléments s'effectue sur le CHU Rangueil, qui dispose de locaux adaptés.

Ainsi, elle doit être :

- Mise en œuvre par un intervenant protégé (tenue adaptée type chirurgical).
- Régulièrement contrôlée à l'aide d'un détecteur après séchage soigneux (certains rayonnements ionisants sont atténués par une mince pellicule d'eau et risquent d'être mal détectés).

- Réalisée en veillant à ne pas étendre la contamination sur la peau et vers les muqueuses des orifices naturels (protection, par du coton cardé, des yeux et des conduits auditifs).
- Effectuée en utilisant de l'eau, du savon liquide, et des produits spécialisés (DTPA) selon le radio-isotope.

Lors de cette décontamination, il conviendra de :

- Pratiquer la décontamination de la tête vers les extrémités.
- Décontaminer en premier les lésions ou les plaies cutanées, si elles existent.
- Prendre garde à ne pas transformer une contamination externe en contamination interne à savoir :
 - Préférer une décontamination douce (compresse) plutôt qu'un brossage agressif.
 - Eviter de contaminer les cavités nasales et buccales.
 - Traiter la contamination nasale et oculaire par lavages répétés (eau - sérum physiologique).
 - Recueillir les effluents contaminés.

4. Contamination interne par un radioélément

La conduite à tenir et les précautions initiales sont :

- Date et heure de l'accident
- Affirmer le plus tôt possible la présence d'une contamination interne au moyen de détecteurs de radioactivité.
- S'assurer de l'absence d'une contamination externe au moyen de détecteurs de radioactivité.
- Recueillir et horodater urines et selles.
- La nature du ou des radios nucléides contaminants sera précisée ultérieurement par des mesures en milieu spécialisé.

L'examen clinique initial est généralement normal. Il devra être complété par des examens biologiques, tels qu'une radio toxicologie des excréta et des examens anthropogammamétries afin de :



- Confirmer la contamination et de préciser la nature des radionucléides incorporés et leur activité.
- Calculer l'équivalent de dose au corps entier et aux organes concernés.

Le traitement des victimes s'effectue dans des services spécialisés, sauf s'il s'agit de la prévention d'une contamination thyroïdienne par un isotope de l'iode, sur décision des Autorités Sanitaires et en dehors de toute contre-indication. Cette prévention est intégrée dans le plan iode départemental.

5. *Hierarchisation des urgences*

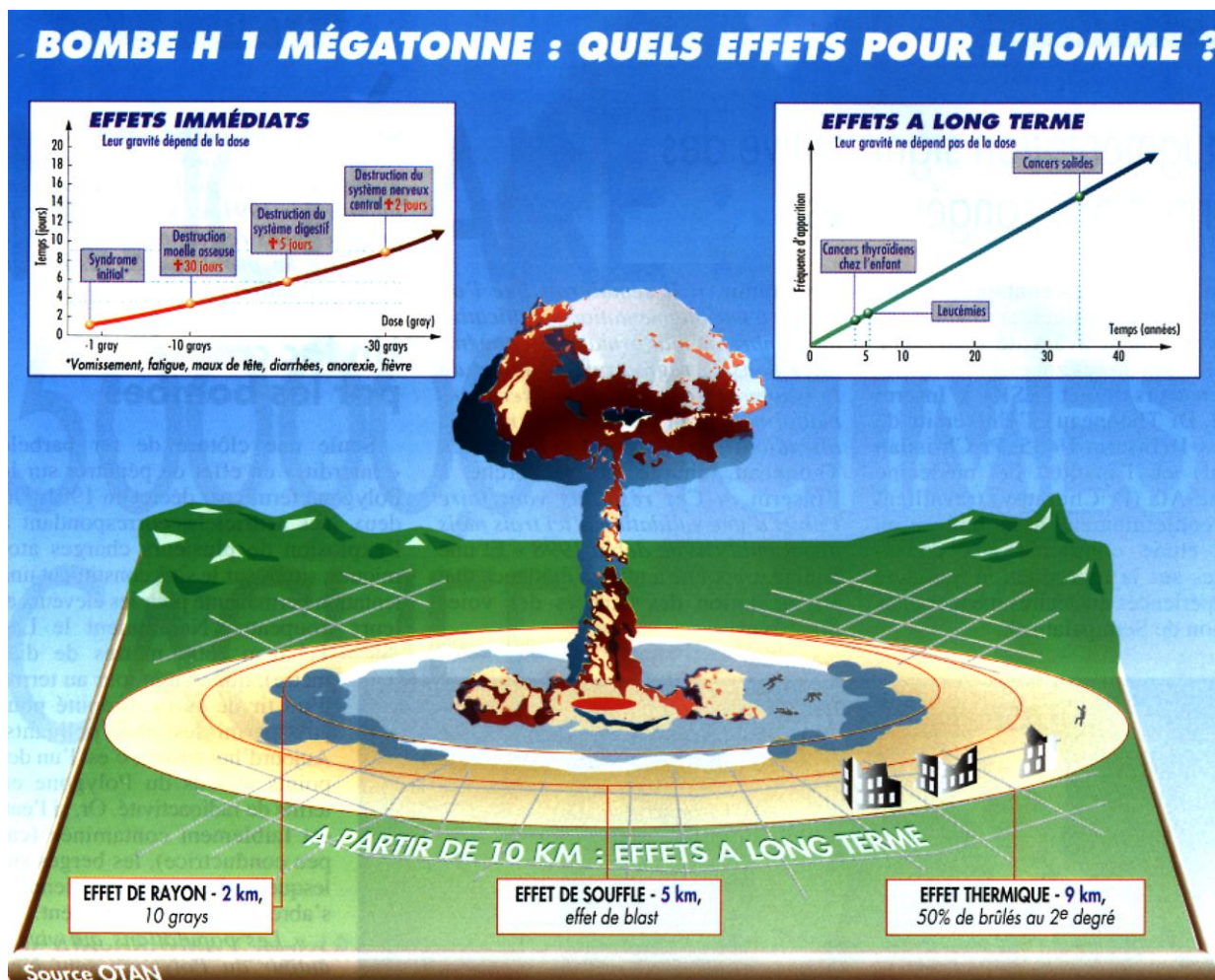
- **Urgences médico-chirurgicales et contamination** : le traitement de la contamination associée ne doit pas retarder la prise en charge de l'urgence médico-chirurgicale vitale.

Il faudra éviter une dissémination non contrôlée de la contamination externe par un enveloppement (feuille plastique) des surfaces cutanées contaminées, une préparation du bloc chirurgical, et le port d'une tenue adaptée par les intervenants.

- **Urgences médico-chirurgicales et irradiation** : l'urgence médico-chirurgicale prime. Il existe toujours un intervalle libre avant l'apparition des premiers signes d'accident d'irradiation.
- **Irradiation et contamination** : l'urgence de la décontamination prime sur la prise en charge de l'irradiation.



6. Accident nucléaire



A3 : Le transport

1. Réglementation

Il est nécessaire d'assurer une protection suffisante des travailleurs et du public contre les effets des rayonnements ionisants lors des transports de matière radioactive. Ces nombreux transports qui sillonnent notre pays (900 000 par an) doivent se faire en toute sécurité.

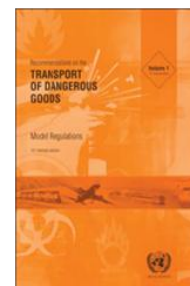
En effet, un emballage non réglementaire ou le non respect des règles d'utilisation d'un colis peut mener à une situation critique pouvant délivrer des doses supérieures à celles autorisées par la réglementation.

C'est pour cela que l'**ASN** (Autorité de Sûreté Nucléaire), qui est chargée, entre autres, du contrôle des transports de matières radioactives, et que l'IRSN participent à l'élaboration de la réglementation internationale au niveau du comité **TRANSSC** de l'AIEA (comité de l'AIEA sur les normes de sûreté des transports de matières radioactives : **TRAN**sport **Sa**fety **St**andards **Co**mmitee). L'ASN est également chargée de l'instruction et de la délivrance des autorisations et agréments de transport.



Cette réglementation internationale s'établit au niveau du Conseil économique et social de l'ONU où un Comité d'experts élabore le "livre orange" dans lequel les recommandations de l'AIEA pour le transport de matières radioactives sont intégrées.

Ce « livre orange » recense donc toutes les recommandations pour le transport de marchandises dangereuses et les répertorie en classes de danger. Les matières radioactives font partie de la **classe 7**.



Les accords et règlements internationaux pour le transport de matières dangereuses se découpent également en fonction du type de transport :

- Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (**ADR**) ;
- Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses (**RID**) ;
- Code maritime international des marchandises dangereuses (**code IMDG**) ;



- Instructions techniques pour la sécurité du transport aérien des marchandises dangereuses (**IT de l'OACI**) ;
- Règlement pour le transport des matières dangereuses sur le Rhin (**ADNR**).

Ces réglementations sont ensuite intégralement transposées en droit français et sont rendues applicables par des arrêtés interministériels.

2. Les colis

Dans le cas du transport des matières radioactives, les objectifs de base de la réglementation sont :

- Limiter le risque d'exposition externe ;
- Limiter le risque de contamination.

Pour cela, le transport des matières radioactives ne peut donc être commun avec les matières suivantes:

- 1 : Solides explosibles
- 33 : Liquides très inflammables
- 4.1 : Solides inflammables
- 5.2 : Peroxydes organiques

D'autre part, la sûreté du transport va reposer sur **la robustesse des emballages** qui va être fonction du type des matières radioactives transportées (radioactivité totale, radioactivité spécifique, forme physico-chimique, caractère fissile) mais également fonction du **moyen de transport**. La réglementation définit donc plusieurs types de colis (ensemble emballage avec son contenu radioactif) dont le choix de l'emballage se fait en fonction de valeurs limites d'activité. Ces dernières ont été définies en fonction de la nocivité des radionucléides (400 nucléides répertoriés). On note **A1** le niveau de référence d'activité pour les matières transportées sous forme spéciale c'est-à-dire qui ne présente pas de risque de dispersion et **A2** le niveau de référence d'activité pour les matières transportées sous forme dispersables (**A1 > A2**).

➤ Les différents types de colis

Afin de limiter le risque d'exposition externe et de contamination, les emballages doivent pouvoir résister aux conditions normales ou accidentelles de transport. Pour cela, il est défini des épreuves de robustesse pour chaque type de colis :

○ Les colis exceptés :

Le niveau de radioactivité de leur contenu est **très faible**, inférieur à 10^{-3} A1 ou 10^{-3} A2. Ces colis sont conçus pour résister aux conditions de transport de routine (vibrations, accélération...). A cet effet, **aucune épreuve de qualification ne leur est demandée**. Ils concernent par exemple les emballages chargés de radio-isotopes pour la recherche et le

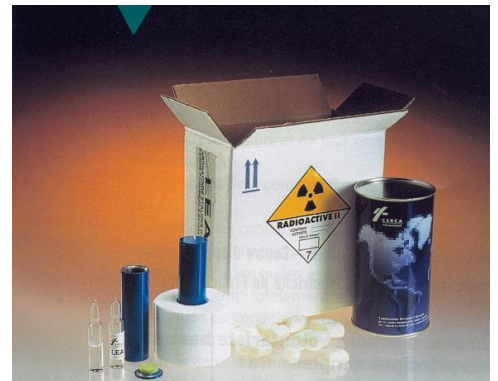
diagnostic médical, certains emballages vides ayant contenu des matières radioactives, les appareils de mesures de niveaux, les analyseurs de plomb. La présence de matières radioactives n'est indiquée qu'à l'ouverture du colis. Cependant il y a obligation d'avoir une déclaration de transport et le débit de dose maximal **à la surface doit être inférieur à 5 $\mu\text{Sv/h}$** .

- **Les colis industriels :**

Ils sont chargés de matières radioactives de **faible activité spécifique (LSA)** ou d'**objets contaminés superficiellement (SCO)**. C'est le cas, par exemple des minerais ou sources de très faible activité. La quantité dans chaque colis est limitée de telle sorte que le niveau de rayonnement du contenu non emballé soit **inférieur à 10 mSv/h à 3 mètres**.

- **Les colis de type A :**

Le niveau de radioactivité de leur contenu est inférieur aux activités de référence A1 ou A2. Ils concernent par exemple des sources à usage thérapeutique. Tout colis doit comporter extérieurement un dispositif qui ne puisse se briser facilement et qui, s'il est intact, prouve que le colis n'a pas été ouvert. Ces colis sont **conçus pour résister aux conditions normales de transport** (résistance aux incidents de manutention ou d'entreposage) tout comme les colis industriels.



Pour cela ils doivent résister à un certain nombre d'épreuves :

- ⇒ à une aspersion qui correspond à un débit de précipitation de 5 cm/h pendant 1 heure ;
- ⇒ à une chute d'une hauteur dépendante de la masse du colis ($h_{\text{max}} = 1,2 \text{ m}$) ;
- ⇒ au support de 5 fois leur propre masse pendant 24h ;
- ⇒ à la pénétration d'une barre de 6 kg lâchée d'une hauteur de 1 m ;
- ⇒ à un écart de température allant de -40°C à $+70^{\circ}\text{C}$.

Pour **les liquides et les gaz**, les tests de chute et de pénétration sont modifiés :

- ⇒ à une chute d'une hauteur de 9 m
- ⇒ à la pénétration d'une barre de 6 kg lâchée d'une hauteur de 1,7 m

A l'issue de ces épreuves, il ne doit pas y avoir perte de matière, et la dégradation de la protection radiologique **doit être inférieure à 20 %**.



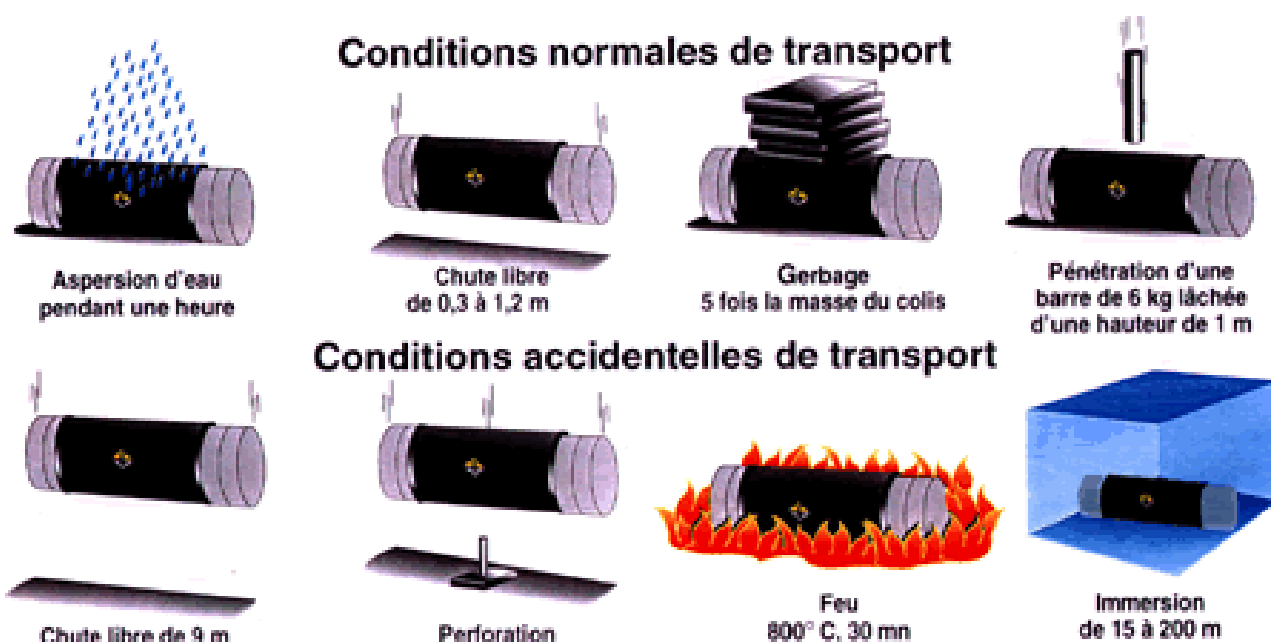
○ Les colis de type B :

La radioactivité des matières transportées est **supérieure à A1 ou A2**. Les matières transportées sont généralement issues du cycle du combustible nucléaire, des sources importantes pour l'industrie (gammagraphes) ou la médecine. Ces colis sont **conçus pour résister aux conditions normales et accidentelles de transport**.



Pour cela, ils doivent répondre à une série d'épreuves permettant de mettre en évidence le maintien de leurs fonctions de confinement et de protection radiologique dans des conditions accidentelles :

- ⇒ Ils doivent résister à une chute de 9 m sur surface plane et ensuite de 1 m sur un poinçon ;
- ⇒ Ils doivent supporter 800 C° pendant 30 min ;
- ⇒ Ils doivent supporter une immersion de 8h sous 15 m d'eau ;



Les **critères d'efficacité** de ces colis doivent répondre à :

- ⇒ Un relâchement d'activité limité à la valeur seuil bas (A1 ou A2) ;
- ⇒ Une limitation du débit de dose à 10mSv/h au maximum à 1 m.

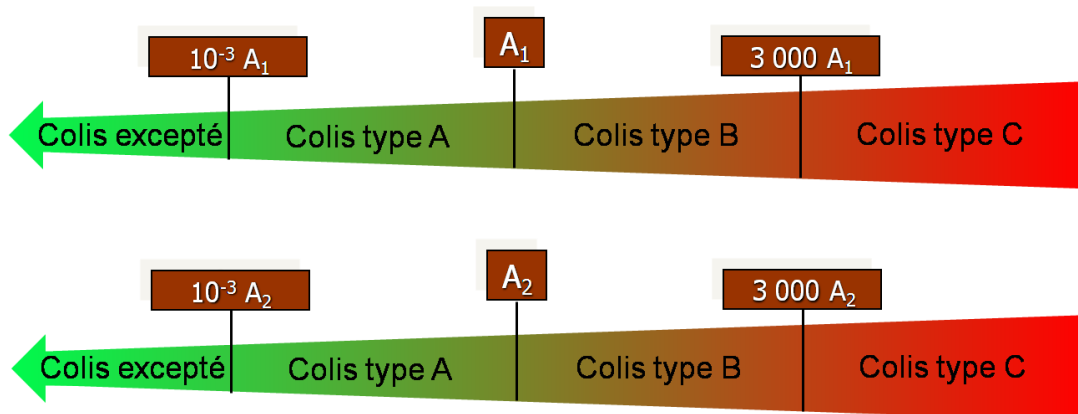


○ Les colis de type C :

Ils sont dédiés aux **transports aériens** de matières radioactives de **très forte activité supérieure à 3000 A1 ou 3000 A2**. A ce titre, ces colis nécessitent des exigences de sécurité beaucoup plus rigoureuses que celles des autres colis.

Aux épreuves de colis de type B viennent s'ajouter la résistance :

- ⇒ à une chute d'une plaque de 1m x 1m de 500 kg d'une hauteur de 9m ;
- ⇒ à la chute de 3m d'une barre de 250kg ;
- ⇒ à une température de 800 C° pendant 60 min ;
- ⇒ à un choc contre une cible fixe à une vitesse de 90 m/s (environ 330 km/h).



3. Étiquetage des colis

Les colis de matières radioactives doivent impérativement faire apparaître sur la **surface externe de l'emballage**, l'identification de l'expéditeur ou du destinataire ou les deux à la fois, le numéro ONU ainsi que le type de colis (IP (industriel), A, B ou C). Des étiquettes de danger de la **classe 7** doivent être apposées sur deux côtés opposés du colis et sur lesquelles sont stipulées :

- **Le nom de la matière transportée ;**
- **L'activité (A) ;**
- **L'indice de transport (IT).**

L'indice de transport (IT) est noté sans unité, il correspond au **débit de dose à 1 m de la surface du colis exprimé en mSv/h x 100**.

Ces étiquettes sont de trois types **7A (I BLANCHE)**, **7B (II JAUNE)** et **7C (III JAUNE)** et sont fonction de l'**indice de transport** ainsi que de l'**intensité du rayonnement à la surface du colis**. Le choix de l'étiquette se fait toujours sur le critère le plus défavorable (soit IT, soit intensité du rayonnement).



Etiquettes 7A ; 7B ; 7C



$I < 0,005 \text{ mSv/h}$
 $IT = 0$



$0,005 < I < 0,5 \text{ mSv/h}$
 $0 < IT < 1$



$0,5 < I < 2 \text{ mSv/h}$
 $1 < IT < 10$
 $2 < I < 10 \text{ mSv/h}$
 $IT > 10$

I: Intensité du rayonnement au contact
IT: indice de transport

Des consignes de sécurité sont également données en fonction de l'étiquetage. Ainsi, **aucune précaution pour la manipulation des colis étiquetés 7A (I)** n'est relevée. Pour l'étiquetage **7B (II)**, il est à souligner que ces colis peuvent être manipulés à la main. Par contre dans le cas de colis étiqueté **7C (III)**, ils sont à manipuler rapidement et à isoler.

4. Signalisation des véhicules

➤ Étiquette de danger

Des étiquettes de danger doivent être apposées sur les parois extérieures des véhicules transportant des matières radioactives. Cependant, ces étiquettes ne sont pas exigées dans le cas de transport de colis exceptés. Ces étiquettes sont placées sur **les parois latérales** ainsi qu'à l'**arrière du véhicule**.

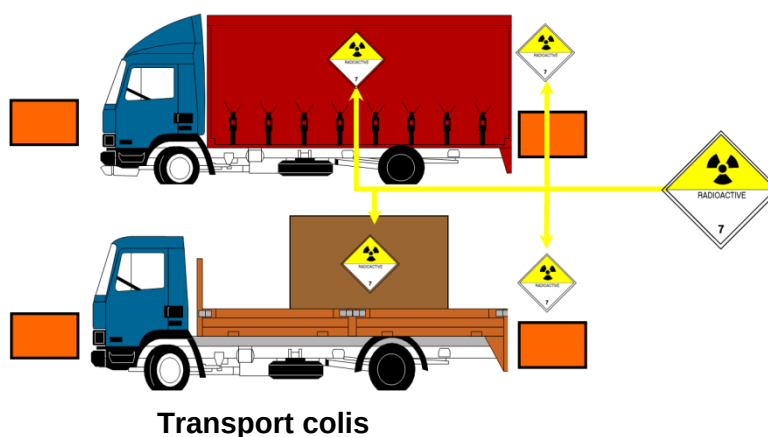
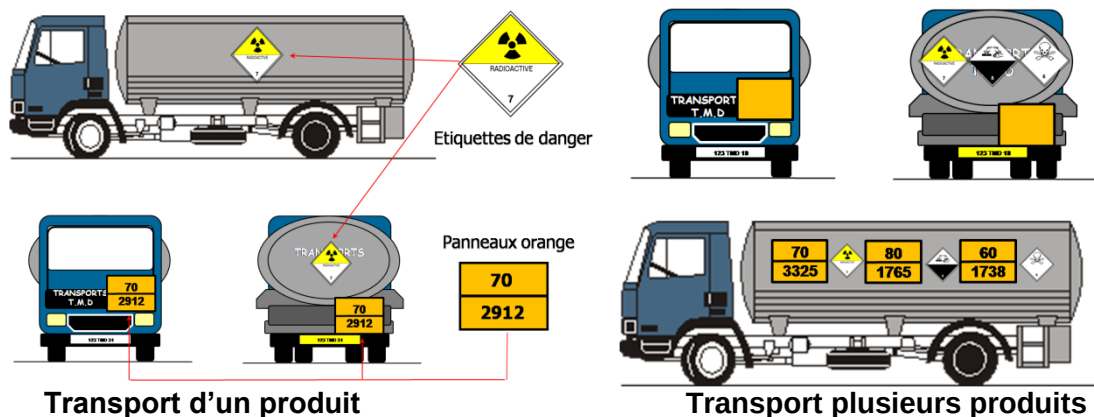
Dans le cas d'un transport d'une matière unique ou d'un transport de colis, l'emplacement des étiquettes est celui décrit ci-dessus. Par contre dans le cas d'un transport de plusieurs produits (véhicule compartimenté), l'étiquetage se fera sur chaque compartiment et l'ensemble des étiquettes devra être présent à l'arrière du véhicule.

➤ Signalisation orange

Tout transport de matières dangereuses doit posséder **deux panneaux rectangulaires de couleur orange rétro-réfléchissante** qui doivent être fixés à l'**avant et à l'arrière du véhicule**. Si le véhicule transporte plusieurs matières dangereuses (véhicule compartimenté), ces panneaux doivent être également présents sur chaque compartiment.

Ces panneaux doivent être munis du code danger dans la partie supérieure ainsi que du numéro ONU (numéro désignant le produit transporté) dans sa partie inférieure. Dans certain cas ces panneaux peuvent être sans numéro selon la quantité.

A3 : Le transport



➤ Interprétation des numéros :

1° chiffre danger principal		2° ou 3° chiffre dangers subsidiaires	
33 1203	2-	Gaz	- 0 Absence de danger secondaire
	3-	Liquide inflammable	- 2 Risque d'émanation de gaz
	4-	Solide inflammable	- 3 Inflammable
	5-	Comburant ou peroxyde	- 5 Comburant
	6-	Matière toxique	- 6 Toxique
	7-	Matière radioactive	- 8 Corrosif
	8-	Matière corrosive	- 9 Danger de réaction violente spontanée
	9-	Dangers divers	

Dédoublage du même chiffre : 33, 55, 66, 88, ... : intensification du danger, sauf :

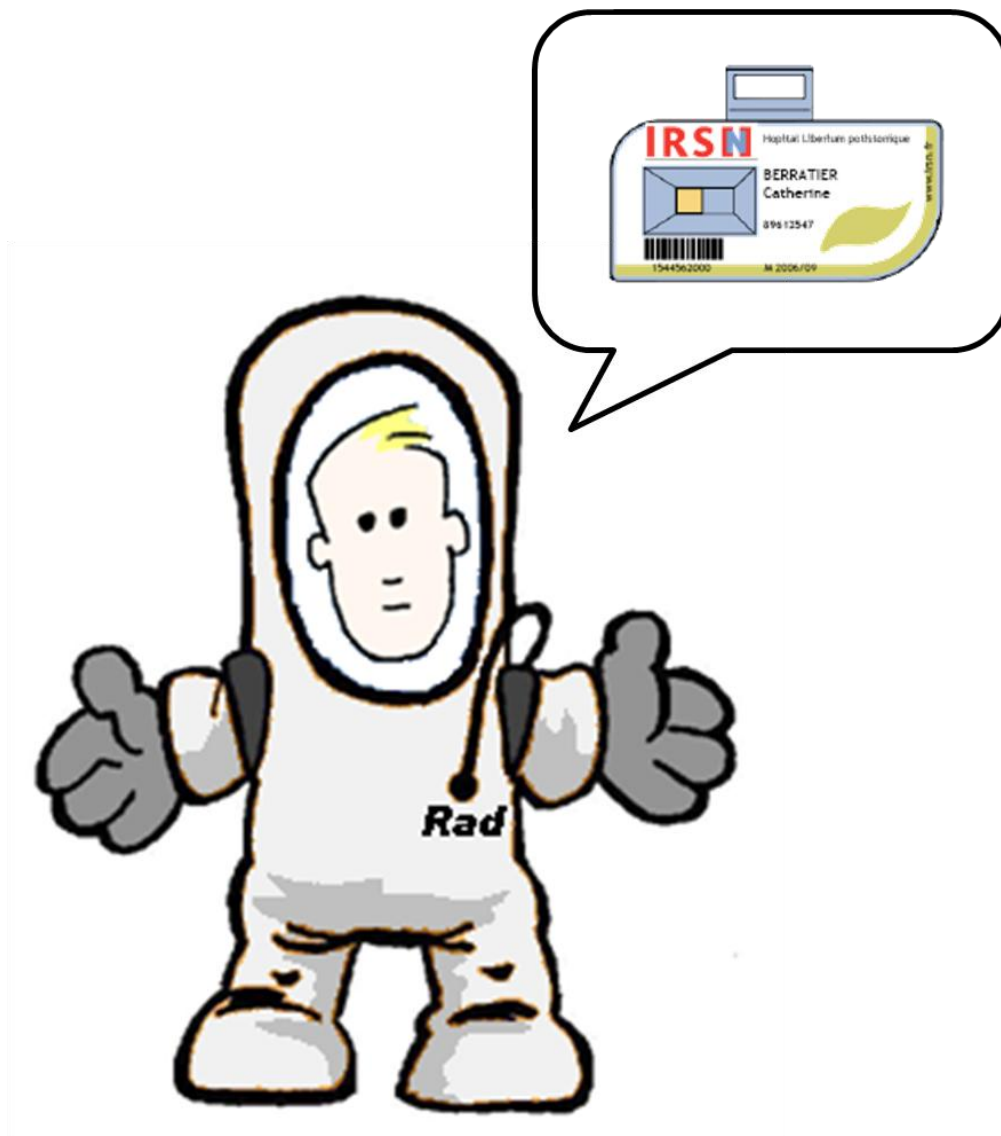
- 22 gaz réfrigéré ;
- 44 solide inflammable, qui à une température élevée se trouve à l'état fondu ;
- 99 matières dangereuses diverses transportées à chaud.

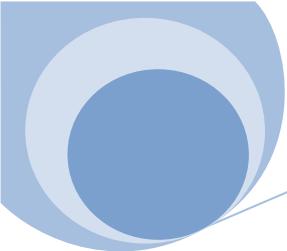
This image shows a full page of a document template designed for handwritten notes or answers. It features approximately 28 evenly spaced horizontal dotted lines across the entire width of the page, providing a guide for letter height and placement. The background is plain white, and there are no margins, headers, or footers visible.



2 : Radioprotection

- B1. Réglementation relative aux personnels 51
- B2. Moyens de protection contre l'irradiation 60







B1 : LA REGLEMENTATION

Aucun de nos sens ne permet la détection des rayonnements ionisants, un zonage spécifique doit être mis en place, afin de baliser les zones exposées à de la radioactivité. L'accès à ces zones étant lui-même réglementé en fonction des doses maximales susceptibles d'être reçues par l'homme.

Le cadre législatif en vigueur permet de bien définir les différentes zones, les doses maximales susceptibles d'être reçues, ainsi que la démarche globale à mettre en place dans le cadre de la radioprotection des travailleurs et du public.

1. Principes de radioéléments

1. *Historique de la radioprotection*

- ◇ **1895** : Wilhem de Röntgen découvre les rayons X
- ◇ **1896** : Henri Becquerel découvre la radioactivité
- ◇ **1898** : Pierre et Marie Curie isolent deux éléments radioactifs le Polonium et le Radium (Rappel 1 g de radium 226 = 1Ci = 37 GBq)

Rapidement, les utilisateurs de rayonnement ionisants ont mis en évidence les effets pathologiques des rayonnements sur l'organisme par l'apparition de nécroses, œdèmes, brûlures ... Premiers décès liés aux rayonnements ionisants apparus en **1905**.

- ◇ **1911** : mise en relation entre l'exposition à des rayonnements et l'apparition de leucémies.
- ◇ **1927** : création de Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR), dont les recommandations font toujours autorité en matière de radioprotection.

2. *Démarche ALARA*

Toute exposition à des rayonnements ionisants doit être entreprise en faisant le bilan des avantages et des inconvénients qu'elle procure. Il s'agit de la démarche **ALARA : As Low As Reasonably Achievable**, soit, aussi bas qu'il est raisonnablement possible de le faire, compte-tenu des facteurs économiques et sociaux.

Ainsi, la protection des personnes repose sur trois principes :

- La justification
- L'optimisation
- La limitation



Ainsi, on entend par **justification**, le fait qu'une intervention ne peut être entreprise ou exercée que si elle est justifiée par les avantages qu'elle procure, notamment en matière sanitaire, sociale, économique ou scientifique, rapportés aux risques inhérents à l'exposition aux R.I.

L'**optimisation** de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants résultant d'une intervention, doit être maintenue au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte-tenu de l'état des techniques, des facteurs économiques et sociaux et, le cas échéant, de l'objectif médical recherché. Principe ALARA.

On veillera à **limiter** l'exposition d'une personne aux rayonnements ionisants due à ses activités professionnelles, afin de ne porter la somme des doses reçues au-delà des limites fixées par voie réglementaire. Exception faite des expositions à des fins médicales ou de recherche biomédicale.

Ces trois principes s'appliquent : aux travailleurs, au public et aussi aux intervenants (Sapeurs Pompiers, SAMU ...).

2. Les différentes catégories de personnels

Le code de la santé publique (CSP) et le code du travail, réglementent l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants, par la mise en place d'une classification des personnes en fonction de leur activité professionnelle.

1. Le public

Le CSP définit le public comme étant les personnes constituant la population en général et ne travaillant pas dans un milieu soumis à des rayonnements ionisants.

- **Justification** : il n'existe pas de justification pour le public. En effet, il est interdit d'irradier le public hors cas d'accident, d'examens médicaux ou d'irradiation naturelle (environ 2.6 mSv par an en France).
- **Optimisation** : elle sera atteinte lors d'une situation d'urgence radiologique par trois types d'actions :
 - ✓ Mise à l'abri : dose équivalente (H) prévisible > 10 mSv
 - ✓ Evacuation : dose équivalente (H) prévisible > 50 mSv
 - ✓ Distribution Iode stable pour dose équivalente (H) au niveau de la thyroïde > 50 mSv
- **Limites de doses** : définies par l'article R1333-8 du CSP
 - ✓ $H < 1 \text{ mSv par an (soit } 80 \mu\text{Sv/ mois) et } 1\text{Sv à vie}$
 - ✓ $H < 15 \text{ mSv/an au cristallin}$
 - ✓ $H < 50 \text{ mSv / an pour toute surface de } 1\text{cm}^2 \text{ de peau et les extrémités}$

Le GNR Sapeurs Pompiers publié le 20 décembre 2006, définit le périmètre public en cas de situation d'urgence à **2.5 $\mu\text{Sv/h}$**



2. Les travailleurs

L'article R 1339-9 du code de la santé publique définit les travailleurs concernés comme étant ceux susceptibles d'être exposés à un risque dû à un rayonnement ionisant.

Deux types de travailleurs sont identifiés :

- Les personnes directement exposées dans leur milieu professionnel à des rayonnements ionisants résultant d'activités nucléaires.
- Les personnes exposées lors d'interventions réalisées en situations d'urgence radiologique ou suite à une exposition durable aux rayonnements ionisants.

Justification et optimisation (article R 4451-57 du code du travail) :

Le chef d'établissement fait procéder à une analyse des postes de travail soumis aux rayonnements ionisants, ainsi qu'à une évaluation prévisionnelle de la dose collective et des doses individuelles que les travailleurs sont susceptibles de recevoir lors des opérations.

En cours d'exploitation, il fait également procéder à des mesures et à une analyse des doses reçues au cours des opérations soumises aux rayonnements ionisants.

Limites de doses :

Art R 4451-12 du code du travail : les doses efficaces d'exposition externe et interne ne doivent pas dépasser 20 mSv sur 12 mois consécutifs (on parle de mois glissants, par exemple d'octobre 2012 à octobre 2013).

Art R 4451-13 du code du travail : les doses équivalentes aux extrémités sont limitées sur 12 mois à :

- 500 mSv pour les mains ou les pieds (extrémités)
- 500 mSv pour la peau (tout cm²)
- 150 mSv pour le cristallin.

Le code du travail distingue trois catégories de travailleurs :

- **Catégorie A (art R 4451-44 du code du travail)** : travailleurs susceptibles de recevoir une dose efficace de plus de 6 mSv/an ou une dose équivalente supérieure aux 3/10 des LAE (limites annuelles expositions extrémités, peau ou cristallin). Toutefois, la dose maximale annuelle ne devra pas dépasser 20 mSv.
- **Catégorie B (art R 4451-46 du code du travail)** : travailleurs soumis aux R.I. ne relevant pas de la catégorie A
- **Non exposés ou public** : personnel de l'établissement non soumis aux rayonnements ionisants. On applique les doses définies pour le public. 1 mSv par an, avec maximum 80 µSv par mois.

En matière d'exposition aux rayonnements ionisants, il existe des exceptions :



- **Femme enceinte** : le fœtus doit intégrer le moins de dose possible (effets tératogènes). Ainsi, la dose équivalente reçue (H) doit être inférieure à 1 mSv. Le travailleur est considéré comme public au niveau des doses reçues (art D 4152-5 du code du travail).
- **Femme allaitante** : le travail en zone contaminée est interdit (art D 4152-7 du code du travail).
- **Mineur** (moins de 18 ans) **ou apprenti** : tout travail l'exposant à un rayonnement ionisant est interdit. Toutefois, une dérogation est possible dans le cadre d'une formation sur une activité nucléaire. Seul un accès limité en zone surveillée pourra être effectué (art D 5153-33 et 34 du code du travail).

Synthèse des doses maximales sur 12 mois glissants

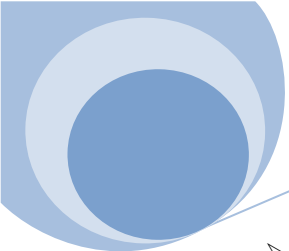
Tissus ou organes exposés	Catégorie A	Catégorie B et apprentis – 18 ans	Public
Organisme entier	20 mSv	6 mSv	1 mSv
Mains – avant bras – pieds - chevilles	500 mSv	150 mSv	50 mSv
Peau	500 mSv	150 mSv	50 mSv
Cristallin	150 mSv	45 mSv	15 mSv

3. Les intervenants

Les intervenants sont définis par l'article R 1333-83 de code de la santé publique (CSP). Il s'agit des personnels susceptibles d'être engagés dans la gestion d'une situation d'urgence radiologique telle que définie par l'article R 1333-76 du CSP. En complément on trouve les personnels agissant soit dans le cadre de conventions avec les pouvoirs publics, soit réquisitionnés sous l'autorité du DOS (Directeur des Opérations de Secours).

Les intervenants sont classés en deux groupes suivant leur niveau de formation face aux rayonnements ionisants :

- **Groupe 1** : il s'agit des personnels formant les équipes spéciales d'intervention technique, médicale ou sanitaire préalablement constituées pour faire face à une situation d'urgence radiologique (les CMIR par exemple).



- **Groupe 2** : il s'agit de personnels n'appartenant pas à des équipes spécialisées, mais intervenant au titre des missions relevant de leurs compétences (autres SP avec une formation aux risques liés aux rayonnements ionisants, module RTN).

Toutefois, il existe des exceptions parmi les intervenants article R 1333-84 du CSP. Les femmes enceintes ou allaitantes, ainsi que les mineurs (moins de 18 ans) ne peuvent pas être intégrés au groupe 1

Lorsque le risque d'exposition aux rayonnements ionisants est avéré, les femmes enceintes ou allaitant, ainsi que les personnes âgées de moins de 18 ans appartenant au second groupe, sont exclues du périmètre de danger radiologique.

Principes de radioprotection appliqués aux intervenants :

- **Justification** : le choix des actions de protection à mener doit se faire après comparaison entre le préjudice associé à l'intervention et le bénéfice attendu pour le public. L'efficacité de l'intervention est évaluée par la comparaison entre le bilan dosimétrique réel et un bilan établi en supposant une absence d'intervention.
- **Optimisation** : elle impose une approche opérationnelle basée sur la gestion efficace de la dosimétrie opérationnelle (DMC 2000 et Dosicard). On fractionne les actions à réaliser, par l'envoi de plusieurs binômes en zone d'urgence radiologique.
- **Limitation des doses (article R 1333-86 du CSP) :**
 - ✓ **Groupe 1** : la dose efficace susceptible d'être reçue par des personnels du groupe 1, pendant la durée de leur mission, est de **100 mSv**. Elle est fixée à **300 mSv** lorsque l'intervention est destinée à protéger des personnes.
 - ✓ **Groupe 2** : la dose efficace susceptible d'être reçue est de **10 mSv**. Un dépassement peut-être admis exceptionnellement, afin de sauver des vies humaines, pour des intervenants volontaires et informés du risque que comporte leur intervention.

Toutefois, la dose maximale pour un intervenant est de 1 Sv sur toute sa vie.

En complément des différents textes législatifs, il existe le Guide National de Référence de la spécialité RAD (version consolidée du 20/12/2006), qui définit l'organisation de la spécialité en trois parties :

- Le cadre juridique
- La formation
- L'organisation opérationnelle

A l'issue des différentes formations dans le domaine du risque radiologique, un sapeur pompier ne pourra être déclaré opérationnel que s'il répond aux points suivants :

- Avoir suivi un recyclage annuel dans la spécialité
- Etre apte médicalement (arrêté du 6 mai 2006 modifié)
- Etre inscrit sur la liste opérationnelle départementale



En outre, le suivi dosimétrique est obligatoire en intervention : port obligatoire du film dosimètre (développé tous les 3 mois), ainsi que la dosimétrie opérationnelle à des fins d'optimisation.

3. Le zonage

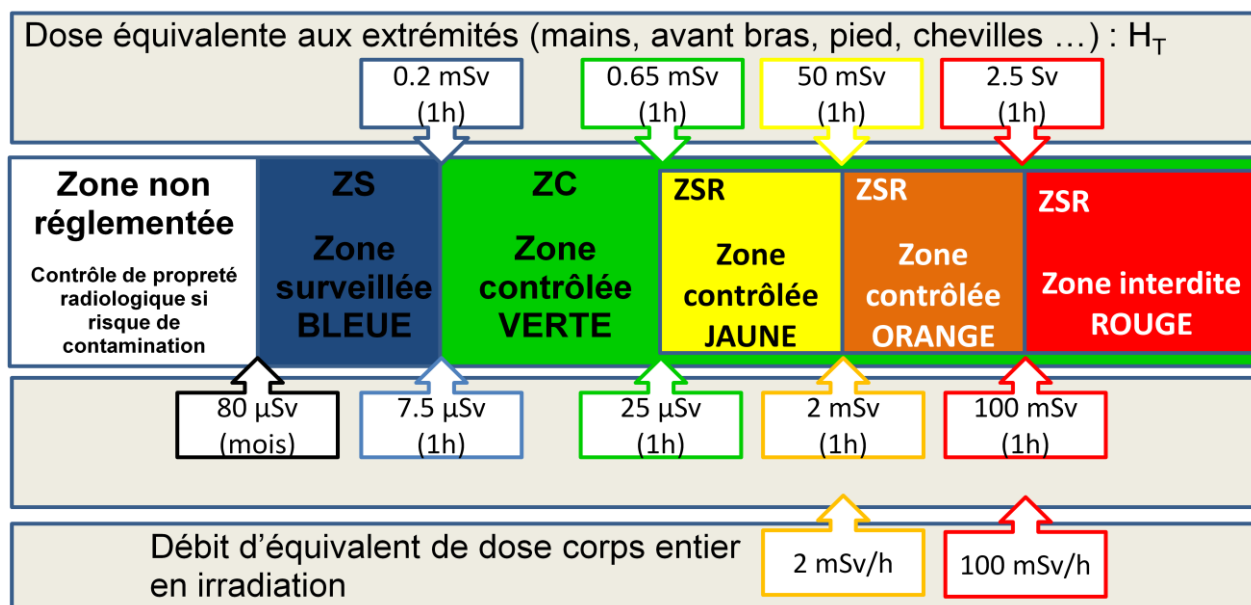
Le zonage permet de définir un niveau d'exposition aux rayonnements ionisants dans un espace donné. Il permet d'informer le travailleur et le public de la présence de rayonnements.

La mise en place de ce zonage est obligatoire sur :

- **Des installations fixes** (arrêté du 15 mai 2006) : laboratoires, salle de radiographie, bunker de tir de gammagraphie ...
- **Des appareils mobiles** (arrêté du 15 mai 2006) : appareils de gammagraphie portables, appareils de radiographie mobiles (salle d'opération) ...
- **Des situations d'urgence radiologiques**, afin de protéger le public.

1. Les installations fixes

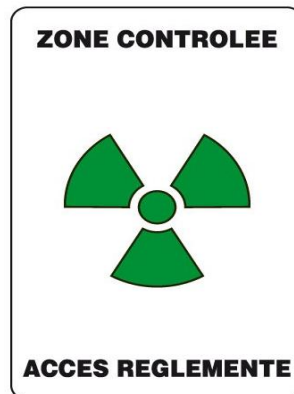
Tous les locaux soumis à des rayonnements ionisants doivent être identifiés avec des trèfles tri secteurs adaptés aux doses susceptibles d'être reçues. Les seuils des différentes zones sont les suivants :



ZSR : zone spécialement réglementée



Exemples de panneaux tri secteurs :



2. Les installations mobiles

Concerne les appareils de gammagraphie industrielle portables, les générateurs à rayons X portables utilisés principalement en salle d'opération. Le balisage public ne doit pas dépasser **2.5 $\mu\text{Sv/h}$ sur la durée de l'opération**.

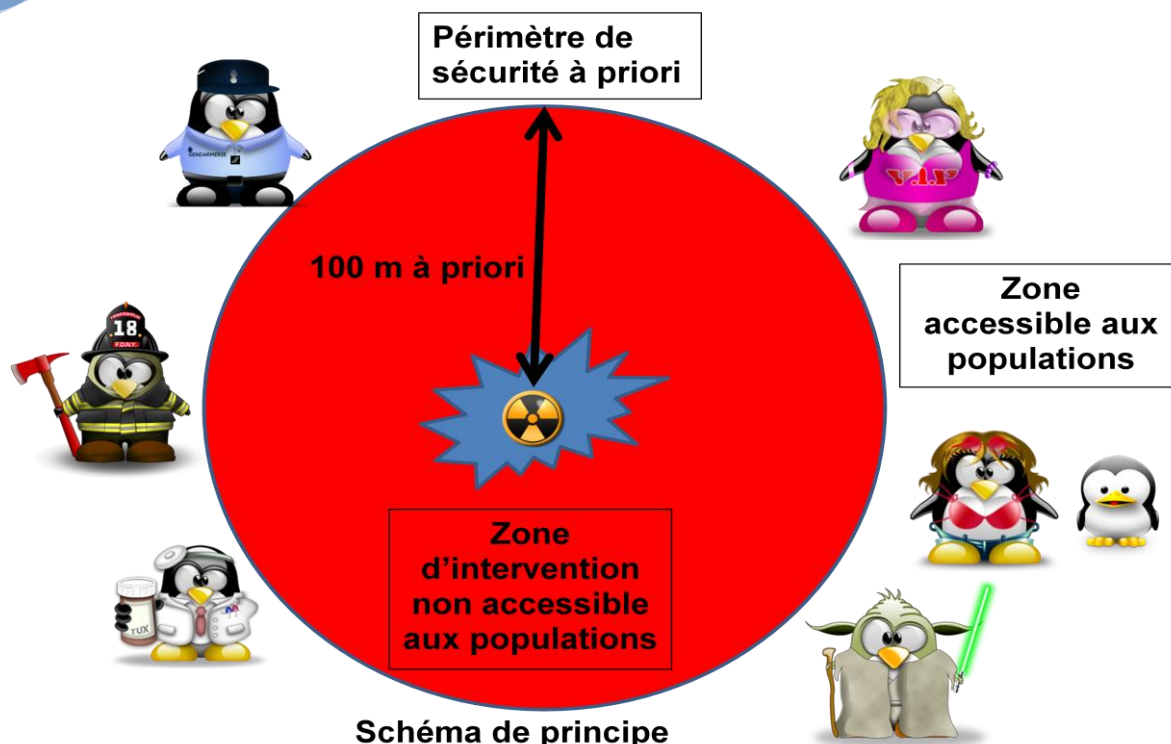
On distingue deux zones :

- **Zone public**, dont le débit d'équivalent de dose est inférieur à 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ pendant la durée de l'opération
- **Zone contrôlée** qui correspond à la zone d'opération



3. Les situations d'urgences

Zonage réflexe défini par le premier COS, tel que défini dans le GNR RAD.



Zonage réfléchi, tel que défini dans le GNR RAD.

Zonage de la zone d'intervention RAD

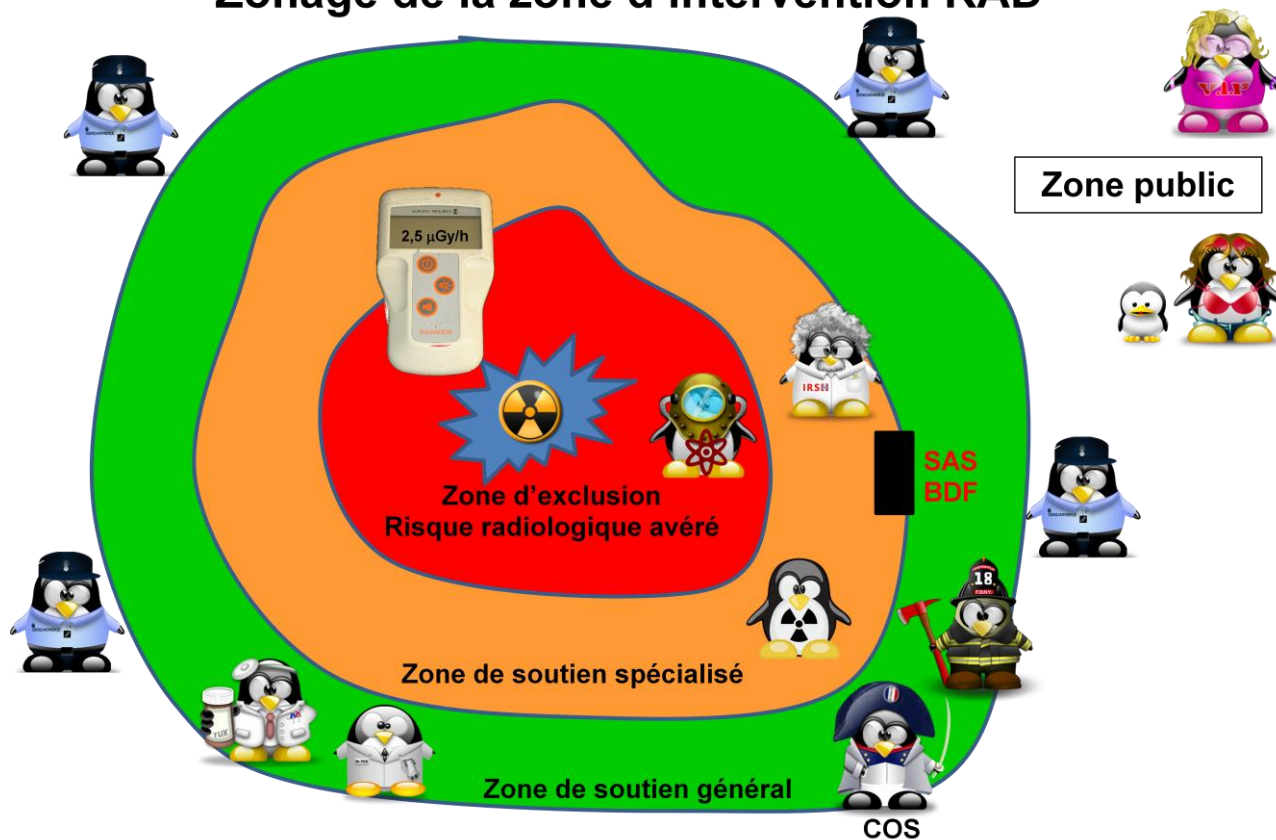
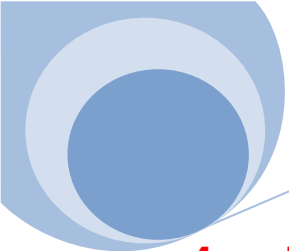


Schéma de principe



4. La distribution d'iode stable

La distribution d'iodure de potassium intervient lors d'un incident sur une INB (installation nucléaire de base), entraînant le rejet d'iode radioactif (I131 et isotopes) dans l'atmosphère. L'objectif est de venir saturer la thyroïde en iode stable, avant l'arrivée et l'ingestion d'iode radioactive. L'ingestion doit intervenir entre 1h et 2h avant l'exposition, afin d'avoir une efficacité maximale.

1. Organisation nationale

En France, la distribution d'iode est organisée selon deux dispositifs :

- Mise à disposition d'iode aux personnes résidentes dans le périmètre du PPI d'une INB
- Distribution au reste de la population, en cas de besoin

Le plan iode est intégré aux dispositions spécialisées du plan ORSEC. La prise intervient à partir d'une dose équivalente à la thyroïde de 50 mSv.

2. Les installations fixes

Un stock de 1 200 000 comprimés de 65 mg est disponible chez un grossiste répartiteur de médicaments, localement. En complément, 1 200 000 comprimés sont disponibles au niveau de la plate forme zonale. L'ingestion des comprimés intervient uniquement sur ordre du Préfet, 1h avant l'exposition afin d'avoir une efficacité maximale.

Attention, la distribution ne concerne que les personnes de moins de 40 ans uniquement, en priorisant les enfants et femmes enceintes.

Il existe deux voies de distribution :

- Les communes des grosses agglomérations viennent directement chercher leur stock au dépôt central et en assurent la distribution à travers des lieux bien définis (écoles, gymnases ...).
- Les autres communes seront livrées directement par transporteurs et assureront également la distribution selon le même principe.

Les Sapeurs Pompiers, le SAMU et les forces de l'ordre seront prioritaires lors des distributions dans les différents centres.



B2 : PROTECTION CONTRE L'IRRADIATION

1. Rappels du RAD 1

Au cours d'une désintégration radioactive, il y a émission de particules. Ces dernières peuvent être corpusculaire (ex : α ou β) ou bien électromagnétique (ex : γ ou X). On mesure un radioélément à son activité, qui correspond au nombre de désintégrations par secondes au sein de son noyau.

Ces rayonnements traversent la matière en cédant de l'énergie de manière directe ou indirecte. Elle est dite irradiée. En radioprotection, lorsque la source n'est pas en contact avec une matière, on dira que cette matière subit une irradiation externe totale ou partielle.

La dose absorbée correspond à l'énergie absorbée par kg de matière, dans le système international l'unité est J/kg. En radioprotection on utilise le Gray (Gy). Pour mémoire : 1 Gy = 100 Rad. Le Rad étant l'ancienne unité, plus utilisée de nos jours.

Le débit de dose correspond à la dose absorbée par unité de temps, l'unité est le Gy/h ou le Rad/h avec la Babyline.

L'équivalent de dose correspond aux effets biologiques de la dose absorbée sur l'homme, multipliée par le facteur de pondération. L'unité est le Sievert (Sv). Pour mémoire : 1 Sv = 100 Rem. Le Rem étant l'ancienne unité, plus utilisée de nos jours. Le facteur de pondération rayonnement noté W_r est fonction du type de rayonnement, ainsi il est égal à : $\alpha = 20$, $\beta = 1$, γ et $X = 1$.

Le débit d'équivalent de dose correspond à l'équivalent de dose par unité de temps, Sv/h.

2. Radioprotection contre l'irradiation externe

Afin de se protéger du risque d'irradiation externe, il existe trois moyens de radioprotection qui sont :

- **Le temps** : s'exposer le moins longtemps possible.
- **Les écrans** : se positionner judicieusement derrière un écran naturel ou artificiel. Ce dernier devra être adapté au type de rayonnement rencontré.
- **La distance** : rester le plus loin possible de la source. On privilégiera l'utilisation de télésondes ou de pinces à distance.

Le respect de ces principes nécessite une réflexion en amont et permet de diminuer autant que possible l'absorption de la dose pour les intervenants. On appliquera une réflexion globale du risque radiologique basée sur le principe ALARA.



Il est donc primordial de les avoir à l'esprit à chaque exposition à une source radioactive. Pour chacun des trois principes, il existe des règles d'application à connaître, afin d'en tenir compte lors de la mise en place des différentes tâches à accomplir.

1. Protection par le temps

Les doses absorbées sont directement proportionnelles à la durée d'exposition, il conviendra donc de préparer soigneusement en amont les différentes tâches à accomplir : préparer le matériel à utiliser, vérifier qu'il soit bien adapté et effectuer des essais à « blanc » de l'opération à réaliser. Le temps d'intervention pourra également être partagé entre plusieurs binômes. La prise en compte de la période devra être également nécessaire, en particulier pour les radioéléments à vie courte, voire très courte.

La durée d'exposition doit être la plus courte possible. La dose reçue croît linéairement avec le temps, suivant la formule :

$$D = D^{\circ} \times t$$

D = dose reçue

D° = débit de dose

t = temps d'exposition

Exemple : un corps soumis à un débit de dose de 6 $\mu\text{Sv/h}$ pendant 10 minutes, il aura donc absorbé : 1 μSv .

Ce résultat est obtenu par le raisonnement suivant : 6 μSv pour 1 heure (60 minutes), donc pour 10 minutes la dose est divisée par 6. 6 μSv / 6 = 1 μSv en dose absorbée sur 10 min.

2. Protection par la distance

La protection par la distance est le second moyen de protection. Toutefois, il conviendra dans un premier temps d'estimer le débit de dose émis par un radioélément.

Seuls les rayonnements γ , β et X avec une énergie supérieure à 100 KeV nécessiteront une protection par la distance. Les électrons avec une énergie inférieure à 100 KeV et les particules α ne présentent pas de risque d'exposition externe, compte tenu qu'ils ne dépassent pas la couche basale de l'épiderme.

3. Calcul du débit de dose

La méthode la plus simple est la lecture directe avec un débitmètre. Attention toutefois au rendement propre de votre détecteur, ainsi qu'à l'angle de détection.

Afin de préparer au mieux son intervention (démarche ALARA), il conviendra de calculer en amont le débit de dose susceptible être rencontré. Pour cela, on utilise des formules empiriques avec une précision allant jusqu'à 10%. Il sera nécessaire de connaître l'activité et le(s) rayonnement(s) rencontrés.



- Cas des rayonnements γ avec une énergie (E) ≥ 60 KeV

$$\dot{D}_{1m} = 1.3 \cdot 10^{-10} \times A \times \sum \left(E \times \frac{I}{100} \right)$$

Attention aux unités utilisées dans la formule :

$\dot{D}_{1m}$ = débit de dose, exprimé en **mGy/h**

A = activité, exprimée en **Bq**

E = énergie, exprimée en **MeV**

I = pourcentage de l'émission considérée en %

Attention cette formule donne un débit de dose à 1m.

- Cas des rayonnements β^- pour une distance de 10 cm et une énergie (E) > 300 KeV

$$\dot{D}_{10\text{ cm}} = 9.7 \cdot 10^{-7} \times A \times \frac{I}{100}$$

Attention aux unités utilisées dans la formule :

$\dot{D}_{10\text{ cm}}$ = débit de dose, exprimé en **mGy/h**

A = activité, exprimée en **Bq**

I = pourcentage de l'émission considérée en %

Attention cette formule donne un débit de dose à 10 cm.

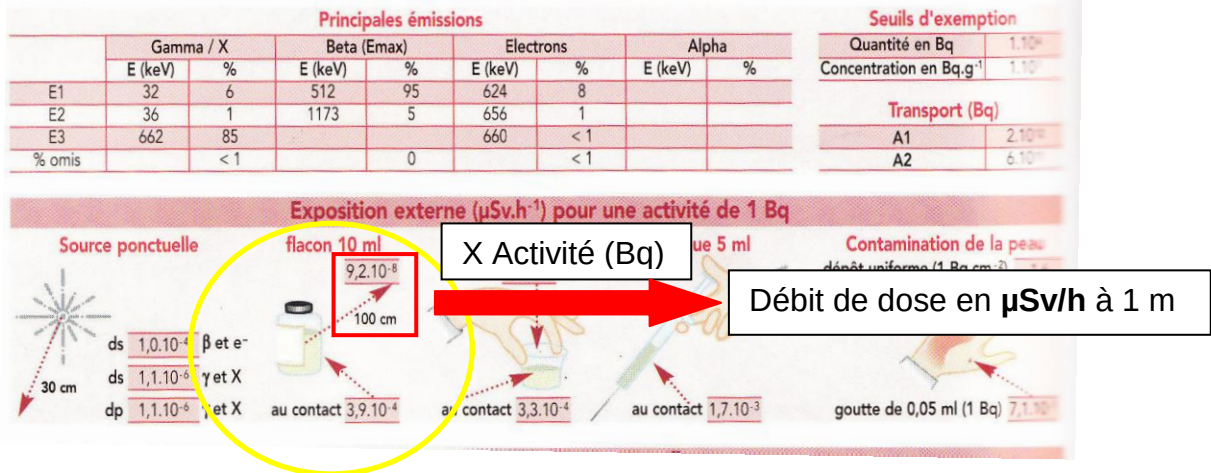
En complément de la détermination du débit de dose par le calcul, la documentation opérationnelle permet également de le déterminer. Il s'agit d'une méthode plus rapide et plus adaptée à une situation d'urgence. Pour cela on utilisera le Guide Pratique Radionucléide et Radioprotection (livre bleu).

Dans notre détermination du débit d'équivalent de dose, on considérera notre source comme le **flacon de 10 ml**. Ce qui nous permet d'estimer le débit à 1 m et au contact pour une activité de 1 Bq. Ce raccourci par rapport à la source ponctuelle, permet de faciliter le calcul par rapport à celui de 30 cm, de plus la différence de résultat est minime.

Il faut alors multiplier tout simplement la valeur du débit de dose (en $\mu\text{Sv/h}$) par l'activité (en Bq) de la source concernée pour obtenir son débit de dose à 1 m. Ce résultat pourra être extrapolé à d'autres distances (cf. partie sur la protection par la distance.).



Césium - 137 / Baryum - 137m



4. Protection par la distance

Dans la pratique les sources radioactives sont assimilables à des sources ponctuelles. Cette assimilation est possible si la distance source – opérateur ou source – détecteur est grande au regard de la dimension de la source (environ 5 fois le plus grand coté de la source). A contrario, les canalisations transportant des liquides radioactifs en CNPE par exemple, seront considérées comme des sources linéaires et non ponctuelles.

Ainsi, pour des **sources ponctuelles**, le **débit de dose** décroît avec la distance, et ce de manière inversement proportionnelle au carré de la distance. Nous pouvons donc écrire que :

$$\frac{\dot{D}_1}{\dot{D}_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

Cette équation peut s'écrire également de la manière suivante :

$$\dot{D}_1 \times d_1^2 = \dot{D}_2 \times d_2^2$$

Avec $\dot{D}_1$: débit de dose initial (Gy/h), $\dot{D}_2$: débit de dose final (Gy/h)
 d_1 = distance initiale, d_2 = distance finale.

Attention à bien conserver la même unité pour le débit de dose et la distance, ainsi que le même multiple.

Cette équation s'applique également pour les débits d'équivalent de dose, soit :

$$\dot{H}_1 \times d_1^2 = \dot{H}_2 \times d_2^2$$

Avec $\dot{H}_1$: débit de dose initial (Sv/h), $\dot{H}_2$: débit de dose final (Sv/h)
 d_1 = distance initiale, d_2 = distance finale.



Exemple :

Un colis intact affiche un débit de dose à 1 mètre de 2 $\mu\text{Gy/h}$. Quel sera son débit de dose à 4 mètres ?

$$\dot{D}_1 \times d_1^2 = \dot{D}_2 \times d_2^2$$

$$\text{Soit : } 2 \mu\text{Gy/h} \times 1^2 = \dot{D}_2 \times 4^2$$

Ainsi : donc notre débit de dose à 4 m sera de 0,125 $\mu\text{Gy/h}$.

$$\dot{D}_2 = \frac{2 \times 1^2}{4^2}$$



5. Protection par les écrans

Le troisième principe de radioprotection est la protection contre les rayonnements ionisants par écrans adaptés aux rayonnements rencontrés. Ces derniers pourront être naturels (murs, piliers bétons, véhicules ...) ou « artificiels », c'est-à-dire utilisés lors d'exposition à des rayonnements ionisants (tabliers de plomb, lunettes au verre plombé, plaque de plexiglas ...). Il faut garder à l'esprit que la nature de l'écran dépend de :

- Type et de l'énergie du rayonnement
- L'activité de la source
- Taux de réduction d'exposition souhaité

Les rayonnements ionisants sont atténués ou arrêtés selon leurs caractéristiques par des écrans adaptés à savoir :

Particules	Ecrans
α	Peau, papier
β moins	Plexiglas, aluminium
β plus	Plomb, béton (annihilation)
γ	Plomb, béton
X	Plomb, béton

Dans le cas des rayonnements α et β^- les écrans respectifs arrêtent les rayonnements en totalité. Ce qui n'est pas le cas des rayonnements électromagnétiques. Leurs écrans les atténuent en partie seulement. Ainsi, pour ce type de rayonnement nous chercherons à les atténuer vers des valeurs les plus basses possibles compte-tenu des moyens à notre disposition. Ainsi, l'efficacité d'un écran dépend de sa nature, sa densité et de son épaisseur. Par exemple un abri antiatomique : l'épaisseur des murs en béton armé est de 50 à 60 cm.



En fonction de leur effet sur la diminution de la dose absorbée, on parlera pour les rayonnements électromagnétiques :

- D'écran moitié, si la dose est divisée par 2
- D'écran dixième, si la dose est divisée par 10

6. Ecran moitié

Un écran moitié permet de diviser le débit de dose par deux d'un rayonnement ionisant initial. L'épaisseur de cet écran est donnée en fonction du matériau constitutif de l'écran (plomb, acier, béton ...). Cette valeur est notée $x_{1/2}$ dans la bibliographie.

Exemple : un agent est exposé à une source dont le débit de dose est de 10 mSv/h à 4 mètres. L'étude de la documentation opérationnelle vous informe qu'un mur en béton joue le rôle d'écran moitié. Son chef de cellule lui demande de faire une mesure au contact, au moyen de la perche 4 mètres. Il se trouve justement un mur en béton à 4 mètres de la source.

L'agent va donc se protéger pour réaliser sa mission et le débit de dose auquel il sera soumis sera de : $\frac{10 \text{ mSv/h}}{2}$ soit 5 mSv/h.

7. Ecran dixième

Un écran dixième permet de diviser le débit de dose par dix d'un rayonnement ionisant initial. L'épaisseur de cet écran est donnée en fonction du matériau constitutif de l'écran (plomb, acier, béton ...). Cette valeur est notée $x_{1/10}$ dans la bibliographie. Il existe une relation entre les écrans moitié et dixième : $x_{1/10} = 3.32 \cdot x_{1/2}$

Exemple : un agent est exposé à une source dont le débit de dose est de 10 mSv/h à 4 mètres. L'étude de la documentation opérationnelle vous informe qu'un mur en béton joue le rôle d'écran dixième. Son chef de cellule lui demande de faire une mesure au contact au moyen de la perche 4 mètres et il se trouve justement un mur en béton à 4 mètres de la source.

L'agent va donc se protéger pour réaliser sa mission et le débit de dose auquel il sera soumis sera donc de : $\frac{10 \text{ mSv/h}}{10}$ soit 1 mSv/h.

8. Multiplication des écrans

Afin de mettre en place une démarche ALARA la plus judicieuse possible, à savoir recevoir la plus petite dose possible. Nous pouvons multiplier et panacher les différents types d'écrans. Pour cela on utilisera les formules suivantes :

Pour les écrans moitié
$$\dot{D} = \frac{\dot{D}_0}{2^n}$$



➤ Pour les écrans dixièmes

$$\dot{D} = \frac{\dot{D}_0}{10^n}$$

$\dot{D}$ = débit atténué après écran

$\dot{D}_0$ = débit initial

n = nombre d'écran moitié ou dixième

3. Exercice de synthèse

Un colis 7B affichant un indice de transport de 0,4 a été retrouvé sur la voie publique. L'emballage est intact et contient un radioélément émetteur gamma. Le tablier de plomb est un écran $\frac{1}{2}$. Le chef de CMIR donne la mission suivante au binôme 1 : réaliser une mesure à 4 mètre au moyen du Télé - Radiagem. Il estime que l'opération ne durera pas plus de 10 secondes.

Quelle dose sera prise par le binôme ?

Calculs :

Grace à l'indice de transport (IT) de 0,4, nous savons que l'IT $\times 100$ donne le débit de dose à 1 mètre en mSv/h. Donc, IT = $\dot{D}_{1m} \times 100$.

Soit, $\dot{D}_{1m} = \frac{IT}{100} = \frac{0.4}{100} = 0.004 \text{ mGy/h}$ ou $4 \mu\text{Gy/h}$.

Calcul du débit de dose à 4m de distance :

$$\dot{D}_1 \times d_1^2 = \dot{D}_2 \times d_2^2 \text{ on cherche } \dot{D}_2$$

$$\dot{D}_2 \times = \frac{\dot{D}_1 \times d_1^2}{d_2^2} \text{ donc } \dot{D}_2 = \frac{4 \times 1^2}{4^2} = 0.25 \mu\text{Gy/h}$$

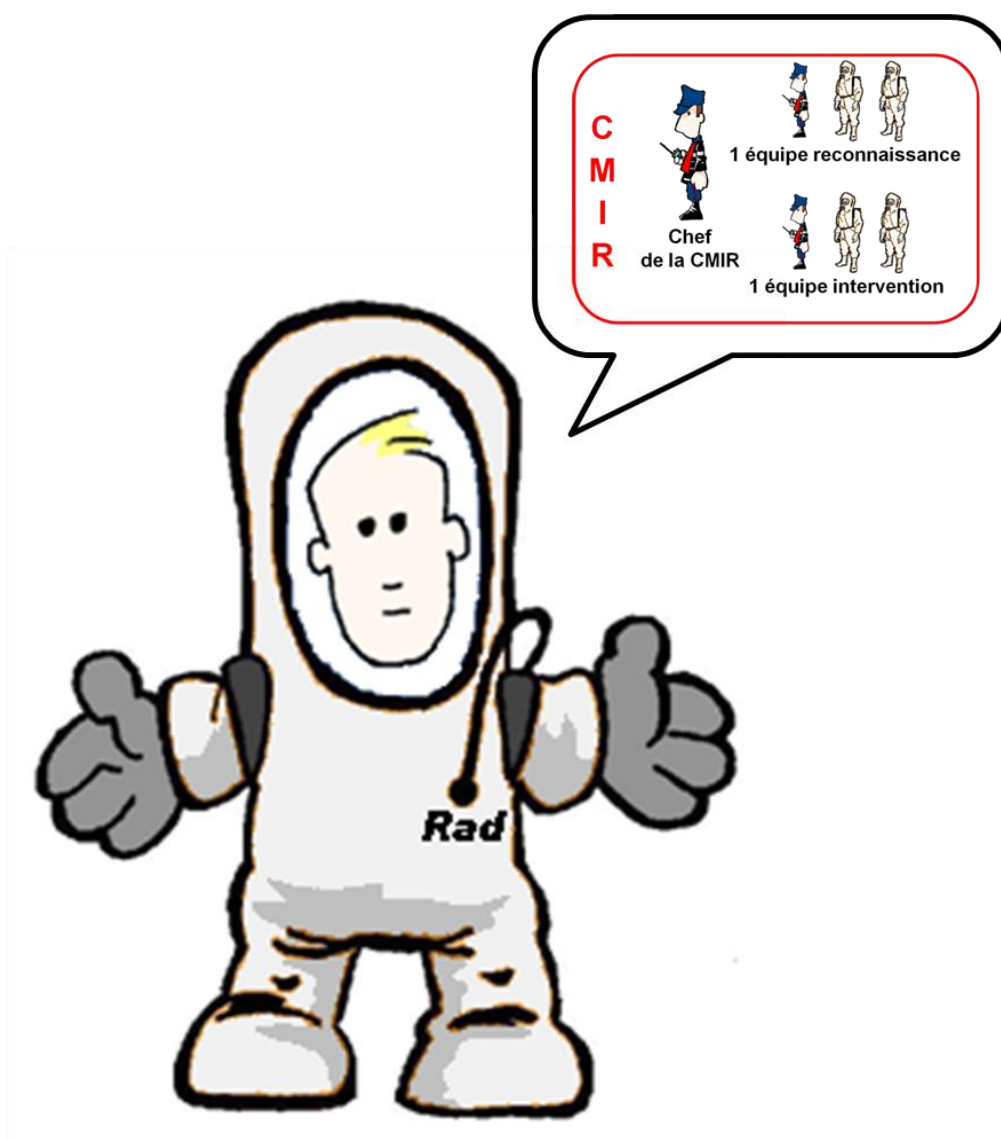
Calcul de la dose reçue sur 10 s :

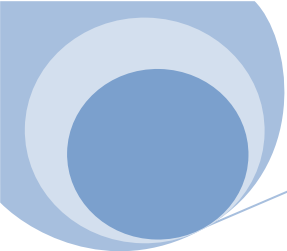
1 heure est égale à 3600 secondes. Donc en 10 secondes il recevra la dose suivante : $D_{4m/10s} = \frac{\dot{D}_2}{3600} \times 10$. Soit, $D_{4m/10s} = \frac{0.25}{3600} \times 10 = 0.00069 \mu\text{Gy}_{10s}$. On peut l'écrire aussi 0.69 nGy_{10s} .

La dose reçue sans écran sera de $0,69 \text{ nGy}$ pour 10 secondes de manipulation.

3 : L'équipe Intervention

➤ C1. Dispositif national intervention	71
➤ C2. Mission de l'équipe d'intervention	79
➤ C3. Matériel de détection	84
➤ C4. Matériels de prélèvement	95





3^{ème} partie – Équipe Intervention



Pompiers

Risques Techno.fr



C 1 : DISPOSITIF NATIONAL D'INTERVENTION

1. Organisation nationale



1. L'autorité de sûreté nucléaire :

L'autorité de sûreté nucléaire (ASN), Autorité administrative indépendante créée par la loi n°2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire, est chargée de contrôler les activités nucléaires civiles en France.

Elle assure, au nom de l'Etat, le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France pour protéger les travailleurs, les patients, le public et l'environnement des risques liés à l'utilisation du nucléaire. Elle contribue également à l'information des citoyens.

Les missions de l'ASN s'articulent autour de trois métiers « historiques » de l'ASN :

- **La réglementation** : l'ASN est chargée de contribuer à l'élaboration de la réglementation, en donnant son avis au Gouvernement sur les projets de décrets et d'arrêtés ministériels ou en prenant des décisions réglementaires à caractère technique.
- **Le contrôle** : l'ASN est chargée de vérifier le respect des règles et des prescriptions auxquelles sont soumises les installations ou activités qu'elle contrôle.
- **L'information du public** : l'ASN est chargée de participer à l'information du public, y compris en cas de situation d'urgence.

L'ASN regroupe la DGSNR (direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection) et les DSNR (divisions de la sûreté nucléaire et de la radioprotection) situées au sein des DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'aménagement et du logement).

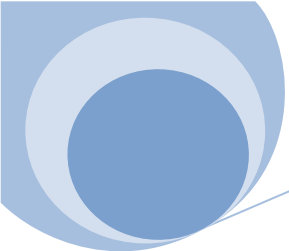
En cas d'évènement deux inspecteurs de la DSNR concernée sont dépêchés auprès du DOS.

2. L'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire :



Regroupement de l'ex-IPSN (Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire) et de l'ex-OPRI (Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants). L'IRSN a été créé en février 2002 par l'article 5 de la loi n°2001 – 398 du 9 mai 2001, et par le décret d'application du 22 février 2002.

L'IRSN est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) placé sous la tutelle conjointe des ministères chargés de l'environnement, de la santé, de l'industrie, de la recherche et de la défense.



L'IRSN est l'expert public en matière de recherche et d'expertise dans les domaines d'activités suivants :

- Environnement et intervention
- Radioprotection de l'homme
- Prévention des accidents majeurs
- Sûreté des réacteurs
- Sûreté des usines, des laboratoires, des transports et des déchets
- Expertise nucléaire de défense

L'IRSN dispose d'un centre technique de crise (CTC) et de moyens qu'il peut envoyer sur le terrain pour assurer également ces missions en situation d'urgence.

3. *La Mission d'Appui à la gestion du Risque Nucléaire (MARN)*

La DGSCGC au sein du bureau de gestion des risques dispose de la Mission Nationale d'Appui à la gestion du Risque Nucléaire (MARN) qui constitue une mission d'appui en situation de crise (MASC). Cette entité conseille la DDSC sur le risque nucléaire et coordonne l'action des moyens sur le terrain en apportant son concours au ministre de l'Intérieur et aux Préfets.

4. *Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection (DGSNR)*

Ex-DSIN (Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires), la DGSNR a été créé par le décret n°2002-255 du 22 février 2002. Son rôle est de proposer, mettre en œuvre et contrôler la politique de sûreté et de radioprotection :

- Sûreté des installations nucléaires, des transports
- Réglementation technique radioprotection
- Inspection des INB
- Inspection domaines industriel, médical et recherche
- Veille permanente et surveillance radiologique
- Rejets INB
- Réglementation et contrôle de la gestion des déchets radioactifs
- Organisation technique en cas de crise
- Information des ministères sur la sûreté
- Information des populations



5. Commissariat à l'Energie Atomique :

Le CEA a pour mission la recherche, le développement et l'innovation dans les domaines de l'énergie, des technologies pour l'information et la santé, et la Défense.



En cas d'événement, le CEA peut :

- Répondre à sa responsabilité d'exploitant nucléaire (exploitation des installations et transports)
- Assurer une mission spécifique d'appui et d'assistance auprès du ministre de la défense, en cas d'accident concernant un système d'armes, un élément de ce système ou les chaufferies nucléaires embarquées
- Assurer une mission spécifique d'appui auprès du ministre de l'intérieur, en cas d'acte de malveillance ou de terrorisme nucléaire ou radiologique
- Assurer une mission générale d'assistance et de réponse aux demandes que les pouvoirs publics peuvent lui adresser dans un cadre contractuel ou réglementaire d'intervention

Les missions spécifiques auprès des ministères de la défense et de l'intérieur font l'objet de conventions et de protocoles particuliers. Pour sa mission générale au profit des pouvoirs publics, le CEA dispose de moyens d'intervention répartis au sein :

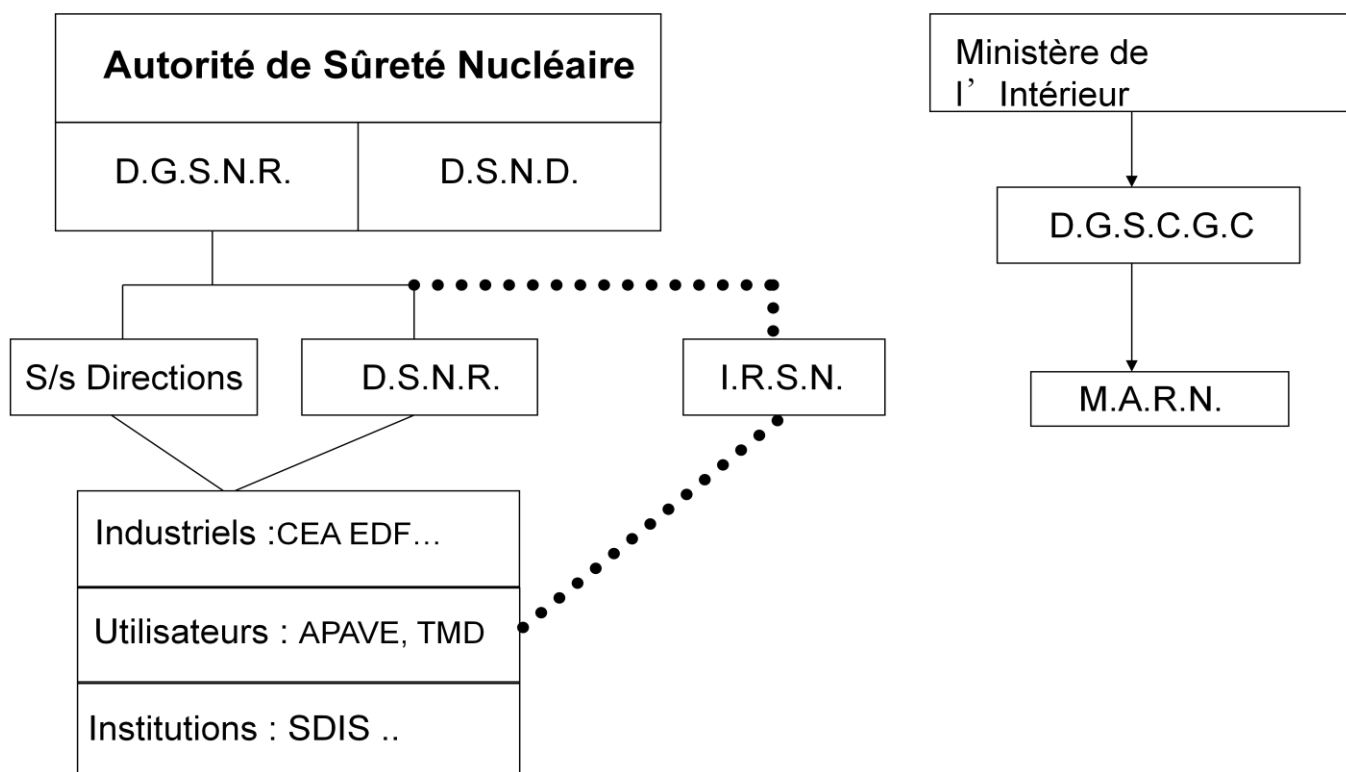
- D'équipes des **zones d'intervention de premier échelon (ZIPE)**,
- Renforcées, le cas échéant, par des **équipements spécialisés d'intervention (ESI)**.

En cas de mise à disposition de ces moyens, le CEA place un conseiller auprès du directeur des opérations de secours et si de besoin, de l'autorité militaire. Ce conseiller est le responsable local des moyens engagés sur le terrain par le CEA et représente le CEA auprès de cette autorité.

Les missions d'assistance consistent à conseiller sur l'utilisation des moyens du CEA et à réaliser, sur demande, un diagnostic radiologique de la situation et un balisage de la zone.

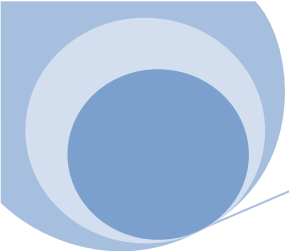


Schéma de synthèse



Organismes intervenant lors d'une situation de crise :

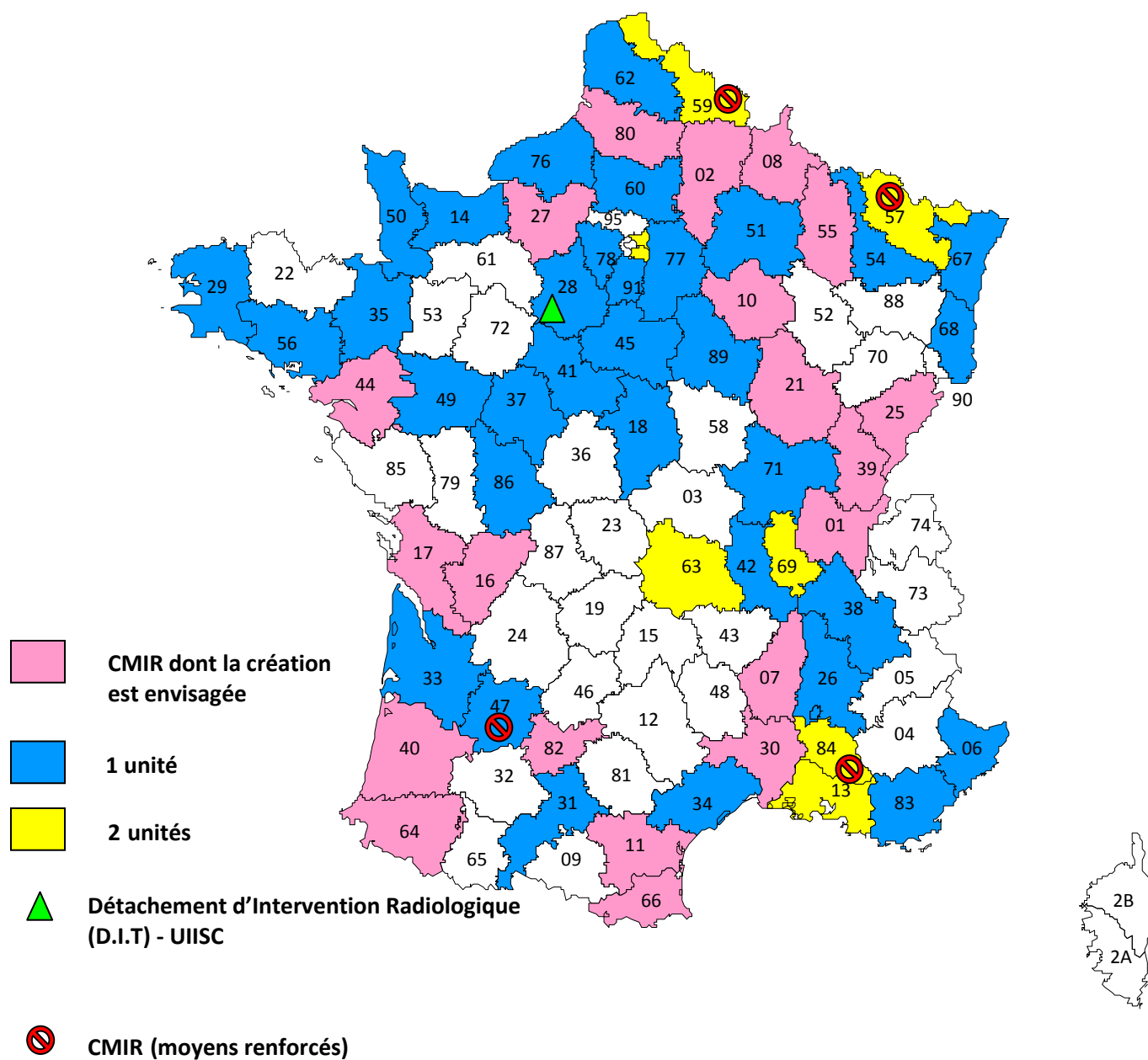
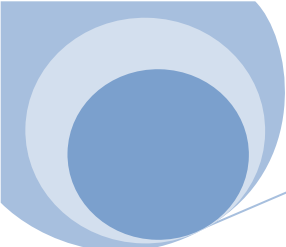
- **ASN** : Assiste le Gouvernement en donnant des recommandations sur les mesures à prendre sur les plans médical, sanitaire ou de sécurité civile. Informe le public via des communiqués de presse.
- **DSNR** : Envoi deux experts auprès des préfets (COD, PCM).
- **MASC** : Mission d'Appui en Situation de Crise.
- **MARN** : Activée sur demande du Préfet ou du COGIC.
- **SDIS** : Par l'envoi de moyens spécialisés dans le risque radiologique (CMIR ou équipes de reconnaissances), afin de réaliser des circuits de mesures ainsi qu'un contrôle de la population.
- **IRSN** : Cellules Mobiles, Centre Technique de crise, Gemini (antropogammamétrie).
- **ZIPE** : Zone d'Intervention de Premier Echelon, composée d'un ingénieur et de deux techniciens (CEA ou AREVA).

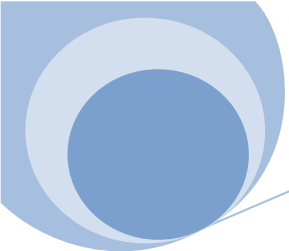


2. Les moyens nationaux

1. Les moyens publics

- **Les CMIR** : les moyens opérationnels pour les risques radiologiques s'articulent autour des équipes reconnaissance et intervention constituées ou non en CMIR. Elles proviennent des SDIS, de la BSPP et du BMPM.
- **Les CMIR-G (GEMINI)** : se sont des CMIR dotées de véhicule d'anthropogammamétrie servant au contrôle de la contamination interne des populations. Plus en service auprès des SDIS, véhicules remplacés par des moyens de l'IRSN (bus, wagon, camionnettes).
- **L'UIISC** : le détachement d'intervention technologique peut s'impliquer dans une situation d'urgence par rapport au risque radiologique.
- **L'IRSN** : peut détacher des équipes d'intervention ainsi que des moyens avec entre autre des masters (véhicule utilitaire) ou wagon GEMINI pour réaliser des contrôles anthropogammamétriques.
- **Les ZIPE et ZIDE** : moyens et personnels dit de « zone d'intervention de premier (ou deuxième) échelon mis à disposition par le CEA ou par AREVA en soutien des pouvoirs public. Le premier échelon correspond à une équipe d'intervention armée par un ingénieur et deux techniciens. Le deuxième échelon est créé selon le besoin.
- **L'armée** : le ministère de la défense dispose de moyens spécialisés dans le risque radiologique qu'il pourrait mettre à profit.
- **GIE INTRA** : groupement d'intérêt économique créé suite à la catastrophe de Tchernobyl par EDF, CEA et AREVA, afin de disposer en France de moyens d'interventions lourds. Les moyens sont variés :
 - ✓ Moyens de terrassement lourds téléguidés : camions, bulldozers, tractopelles ...
 - ✓ Robots téléguidés avec bras équipés de pinces et de caméras.
 - ✓ HELINUC : hélicoptère équipé de capteurs permettant de réaliser rapidement une cartographie d'une zone contaminée.





2. Les moyens privés :

➤ **Expéditeur TMD :**

Il est de la responsabilité de **l'expéditeur** de s'assurer que :

- ✓ La marchandise est classée conformément aux règlements nationaux et internationaux
- ✓ Les restrictions concernant le transport de certaines marchandises sont respectées
- ✓ Les marchandises sont emballées et marquées correctement
- ✓ Les documents nécessaires accompagnent les marchandises

➤ **Transporteur TMD :**

Les responsabilités du transporteur sont :

- ✓ D'équiper le véhicule conformément aux exigences nationales et internationales
- ✓ De s'assurer que les travailleurs et les conducteurs sont formés au transport de marchandises dangereuses
- ✓ De planifier le transport, en d'autres termes de choisir le parcours de manière à éviter les zones à forte densité d'habitation, et de prévoir une surveillance lors du stationnement

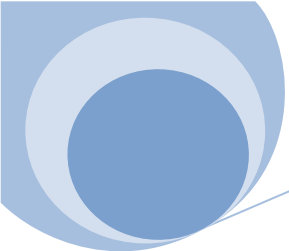
➤ **Conducteur TMD :**

Quant à lui, il doit :

- ✓ Avoir à portée de main les documents concernant le chargement
- ✓ Accepter de prendre en charge uniquement des conteneurs non endommagés, marqués ou étiquetés
- ✓ Vérifier qu'il dispose des informations complètes concernant les détails du transport
- ✓ Suivre les instructions qu'on lui donne, concernant notamment le port des équipements de protection individuelle, et ne pas entreprendre seul certaines tâches

➤ **Organismes privés :**

- ✓ **Circulaire du 30 juillet 2003** relative aux procédures à suivre en cas de déclenchement de portique de détection de radioactivité sur les centres d'enfouissement technique, les centres de traitement par incinération, les sites de récupération de ferrailles et les fonderies



- ✓ Mise en place d'une procédure par certaines villes pour la gestion de matières radioactives susceptibles d'arriver dans une déchetterie ou un centre de transfert.
- ✓ **Si déclenchement de détecteur portable sur un site de la ville ou du portique chez le récupérateur** (ferrailles de la ville) :
 - ◇ Lancement de la procédure par le personnel de la déchetterie (formé)
 - ◇ Intervention de l'organisme privé, titulaire du marché (recherche et mise en sécurité de déchets contenant des radioéléments, par du personnel qualifié en radioprotection, avec un diamètre, spectromètre...)
 - ◇ Transport des déchets sur une entreprise spécialisée.
- ✓ **Si contamination d'une personne** : demande d'intervention de la CMIR. En cas d'évacuation, transport de la victime sur le service de médecine nucléaire.



C 2 : Mission de l'équipe d'intervention

1. Généralités

L'équipe d'intervention est, après l'équipe de reconnaissance, la deuxième entité susceptible d'intervenir dans le risque radiologique.

Elle intervient pour l'exécution des manœuvres et la mise en œuvre des matériels lors d'incident ou d'accident comportant un risque radiologique, sous l'autorité du chef d'équipe d'intervention. Elle peut intervenir isolément ou au sein d'une CMIR.

Elle est composée de 3 agents :

- 1 Chef d'équipe titulaire au minimum des UV RAD2 + GOC1
- 2 équi-piers titulaires au minimum de l'UV RAD2.

2. Missions de l'équipe d'intervention

L'équipe d'intervention a des missions qui lui sont propre compte-tenu du niveau de formation de ses membres. Toutefois, elle peut se voir confier des missions normalement dévolues à l'équipe de reconnaissance dans un contexte de dispositif important ou elle peut être amenée à les réaliser si elle intervient seule.

Les missions de l'équipe d'intervention sont définies dans le Guide National de Référence Risques Radiologiques.

Elles s'articulent autour de 4 pôles :

1. Mesures conservatoires

- Mettre en place le ou les sas d'entrée et sortie de zone
- Assurer la protection des intervenants dans le cadre de leurs missions
- Proposer des mesures de sauvegarde pour la population impliquée
- Procéder au contrôle de la contamination externe des intervenants et éventuellement à leur décontamination succincte
- Procéder au contrôle de la contamination des matériels d'intervention et réaliser leur décontamination succincte
- Procéder, avec d'autres services éventuellement, au contrôle de la contamination externe des victimes d'un incident n'ayant pas nécessité le déclenchement d'un PUR
- Procéder au conditionnement d'une victime avant son évacuation vers un CHR.



2. Qualification du risque

- Déterminer ou confirmer la nature du risque radioactif (mesures d'irradiation ou détection de la contamination).
- Détecter la contamination atmosphérique.

3. Soutien

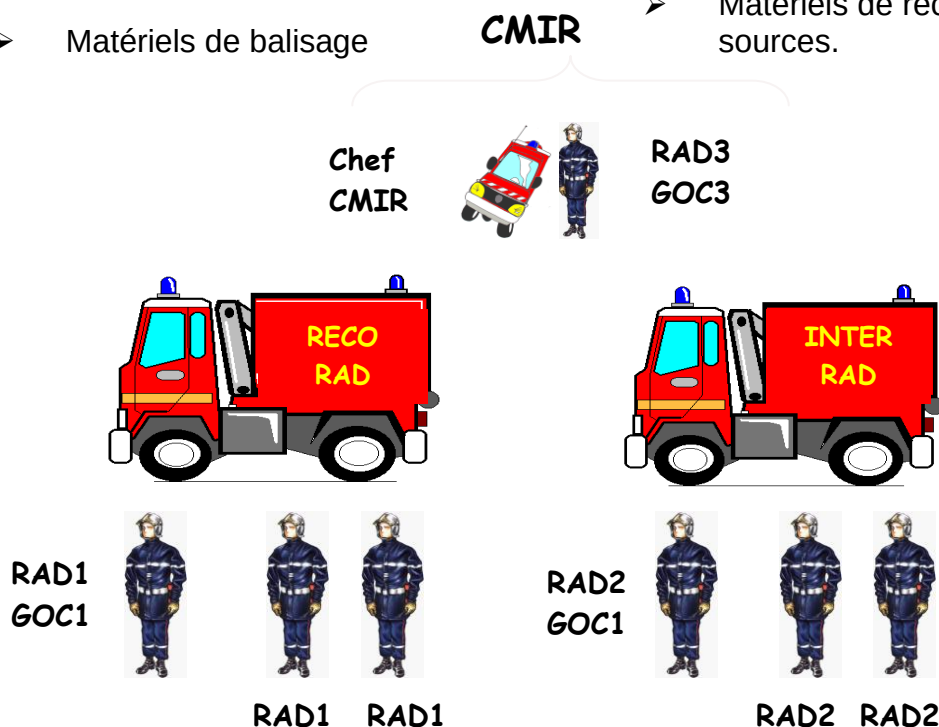
- Prélever des échantillons
- Participer dans le cadre d'un PUR, au contrôle de contamination externe des populations sous la responsabilité de l'IRSN

4. Résolution de l'incident

- Repérer l'origine des émissions radioactives
- Procéder à la limitation de ses effets
- Prendre toutes les dispositions pour limiter le transfert de contamination.

Les matériels de l'équipe d'intervention se composent de :

- | | |
|--|---|
| ➤ Matériels de dosimétrie individuelle | ➤ Matériels de recherche et de localisation |
| ➤ Matériels de protection individuelle | ➤ Matériels de prélèvements |
| ➤ Matériels de balisage | ➤ Matériels de récupération de sources. |



Toutefois, il convient de noter que certaines missions imposent la présence d'un Chef de CMIR sur l'intervention.



3. Missions de l'équipe d'intervention dans le cadre d'un plan d'urgence

1. Le Plan d'Urgence Interne (PUI)

L'exploitant d'une installation nucléaire de base a la responsabilité de la sûreté et de la radioprotection au sein de son installation.

Son objectif : ramener l'installation dans un état sûr et limiter les conséquences de l'accident.

Le PUI précise l'organisation et les moyens à mettre en œuvre sur le site, il comprend également les dispositions permettant d'informer rapidement les pouvoirs publics.

2. Le Plan Particulier d'Intervention (PPI)

Son objectif : protéger à court terme les populations en cas d'accident sur une installation nucléaire de base (INB).

Il précise les missions des différents services concernés, les schémas de diffusion de l'alerte et les moyens matériels et humains.

Au niveau départemental, le préfet doit être informé par les chefs d'installations de tout incident ou accident survenant dans leur établissement, ceci dans le cadre d'une convention d'information qui doit exister entre le préfet et chaque installation nucléaire de base.

Si le préfet le juge opportun, en particulier si l'accident risque d'avoir des conséquences dépassant les limites de l'établissement, il peut décider de l'intervention des moyens de secours dont il dispose.

L'intervention de ces moyens a été prévue et organisée pour chaque établissement par la préfecture du département et fait l'objet d'un PPI.

3. Le Plan ORSEC

Au cas où l'accident a une importance telle qu'il risque de déborder sur le voisinage immédiat de l'installation, le préfet peut mettre en œuvre le plan ORSEC, qui lui permet de recourir à des moyens de secours spéciaux et nationaux.

En cas de déclenchement du plan ORSEC, la DDSC anime et coordonne l'action des services chargés de la mise en œuvre des mesures de prévention et de secours.

En cas de déclenchement du PPI, la DGSNR est chargée de suivre l'évolution de l'accident et, en liaison avec l'exploitant, de préconiser les mesures à prendre pour en limiter l'extension et ramener l'installation dans une situation sûre. Pour cela, elle met en place :

- un PC-direction, au ministère de l'Industrie



- Une équipe de crise, au centre technique de sûreté du centre d'études nucléaires de Fontenay-aux-Roses
- Une mission locale répartie entre le site de l'accident et la préfecture concernée.
- Localement, le préfet dirige l'action des équipes de secours mises en place :
- Les sapeurs-pompiers et leurs CMIR
- Les forces de police et la gendarmerie
- Les équipes médicales
- Les équipes envoyées en renfort depuis les autres départements ou les moyens d'organismes nationaux envoyés sur place.

Le préfet s'appuie sur les maires des communes concernées, à qui est confié un certain nombre de missions dans le cadre des PPI.

4. Le Plan de Secours Spécialisé de Transport de Matières Radioactives (PSS-TMR)

Il est établi par le préfet.

Son objectif : protéger à court terme les populations en cas d'accident sur un transport de matières radioactives.

Il précise les missions des différents services concernés, les schémas de diffusion de l'alerte et les moyens matériels et humains.

La mission de contrôle des actions de l'exploitant par l'ASN s'exerce sur l'expéditeur, le transporteur des colis impliqués et éventuellement le commissionnaire du transport.

5. Consignes

- **Le confinement** : il s'applique en cas d'accident risquant de conduire à des rejets de produits radioactifs dans l'environnement et ayant conduit au déclenchement par le préfet du PPI. Lorsque l'alerte est donnée, la population doit se mettre à l'abri, à l'intérieur des maisons et dans un local clos, afin d'éviter d'inhalier des éléments radioactifs qui pollueraient l'air extérieur à la suite des rejets par la centrale.
- **L'absorption de pastille d'iode** : dans le cas des réacteurs électronucléaires, l'élément radioactif constituant le principal contaminant des rejets serait de l'iode radioactif (131I). À titre préventif une distribution de pastilles d'iode non radioactive a été organisée auprès de la population habitant dans un rayon de **cinq kilomètres autour de la centrale**. Sur consigne du préfet, par radio, les habitants seraient invités à absorber ces pastilles d'iode. Cet iode



stable a pour effet de se fixer sur la thyroïde (organe qui retient l'iode), la saturer et éviter qu'ensuite l'iode radioactive inhalée par respiration, se fixe sur cette thyroïde provoquant son irradiation.

Des pastilles d'iode en **dépôt dans les pharmacies et directement chez les habitants**, sont à la disposition de la population dans la couronne située **entre cinq et dix kilomètres autour de la centrale.**





C3 : MATERIEL DE DETECTION

Aucun de nos sens ne permet la détection des rayonnements ionisants, seul l'emploi de détecteurs adaptés permet la mise en évidence de tels rayonnements. Dans tous les cas, un dosimètre opérationnel et un débitmètre devront être utilisés pour toute intervention à caractère radiologique.

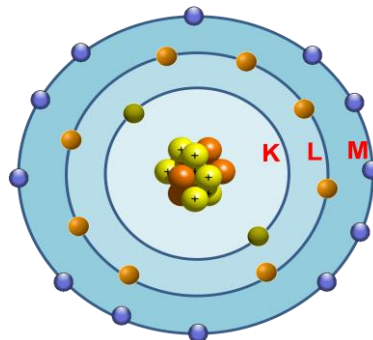
Il existe plusieurs types de détecteurs, des débitmètres et des ictomètres qui fonctionnent selon des technologies différentes. D'autre part, il s'agit de matériel fragile qu'il conviendra de ménager lors de formations ou d'interventions.

1. Principes généraux de fonctionnement

La détection des rayonnements ionisants se fera au travers de leurs interactions dans le milieu. On observera donc les « effets » produits par l'énergie cédée par un rayonnement ionisant au milieu qu'il traverse. Les différents détecteurs utilisés par les CMIR exploitent donc :

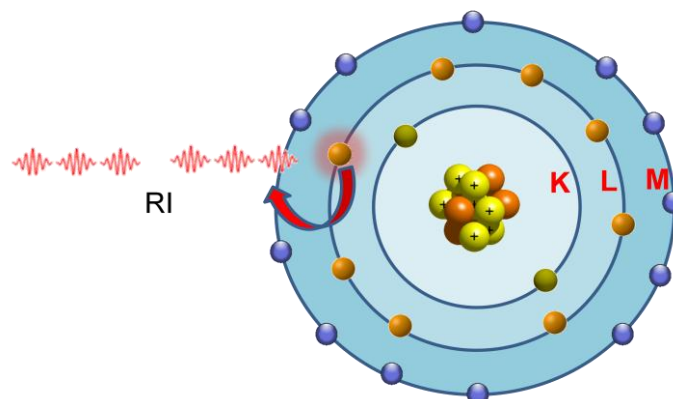
- Le phénomène d'excitation
- Le phénomène d'ionisation.

A l'origine l'atome se trouve dans un état fondamental. C'est-à-dire, il correspond à la répartition « normale » des électrons sur les différentes couches électroniques d'un élément considéré.



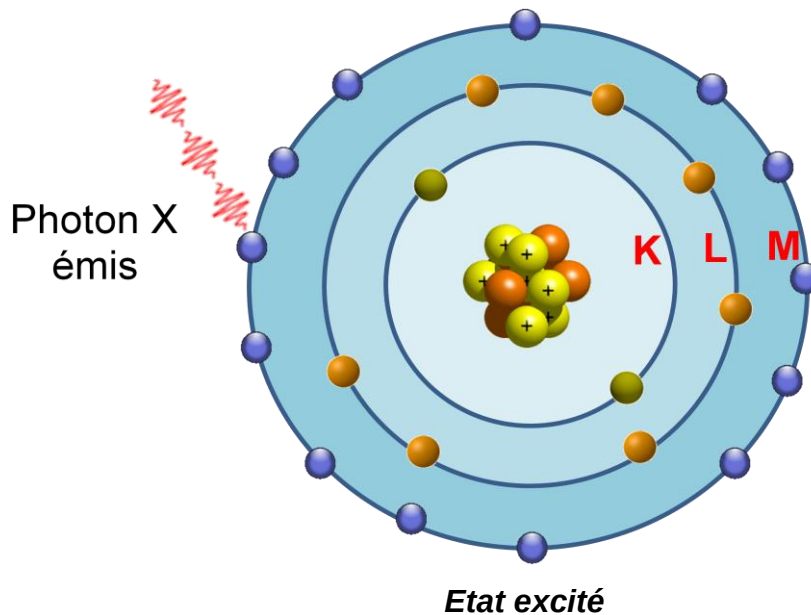
Etat fondamental

Un atome se trouve dans un **état excité**, si l'énergie transmise à un électron est peu importante, ce dernier saute sur une couche électronique extérieure dont l'énergie de liaison est plus faible. **L'atome est alors excité.**

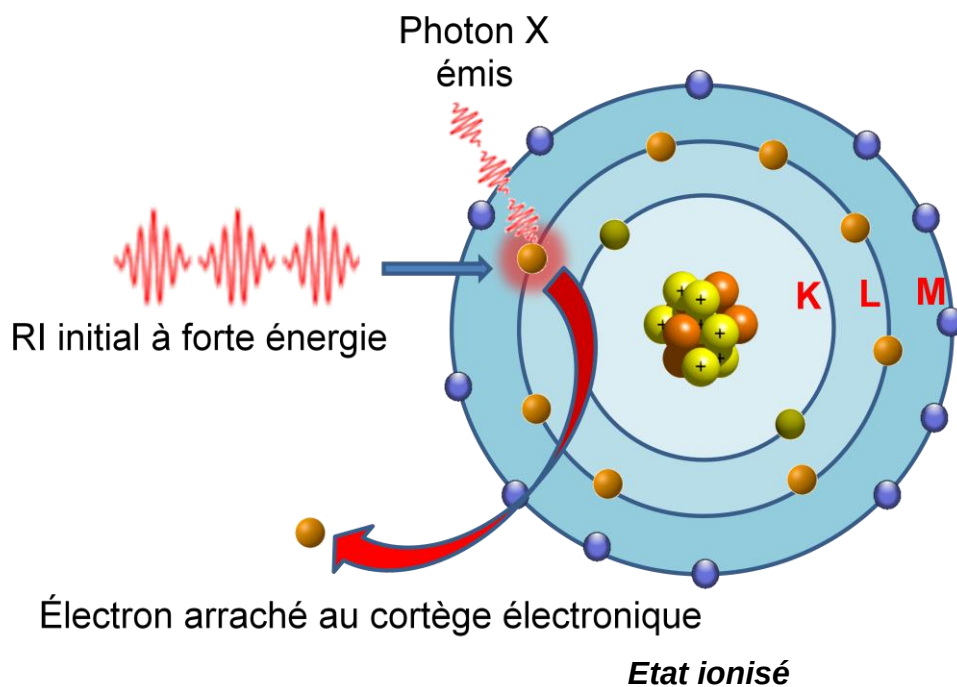




Cette perturbation entraîne une réorganisation du nuage électronique qui s'accompagne de l'émission de rayonnements électromagnétiques de type X.

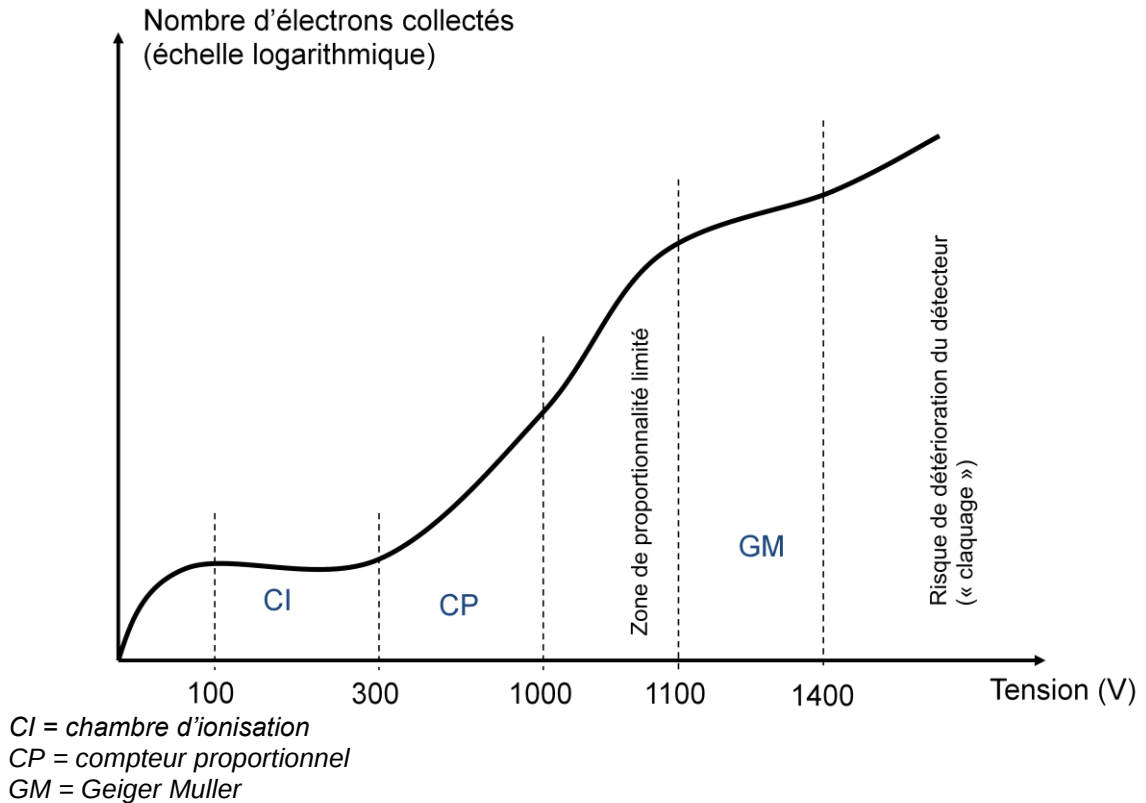


Un atome se trouve dans un état ionisé, si l'énergie cédée par le rayonnement ionisant est importante, l'électron peut alors être arraché de l'attraction du noyau. L'atome est alors **ionisé**, devient positif et forme avec l'électron une paire d'ions.



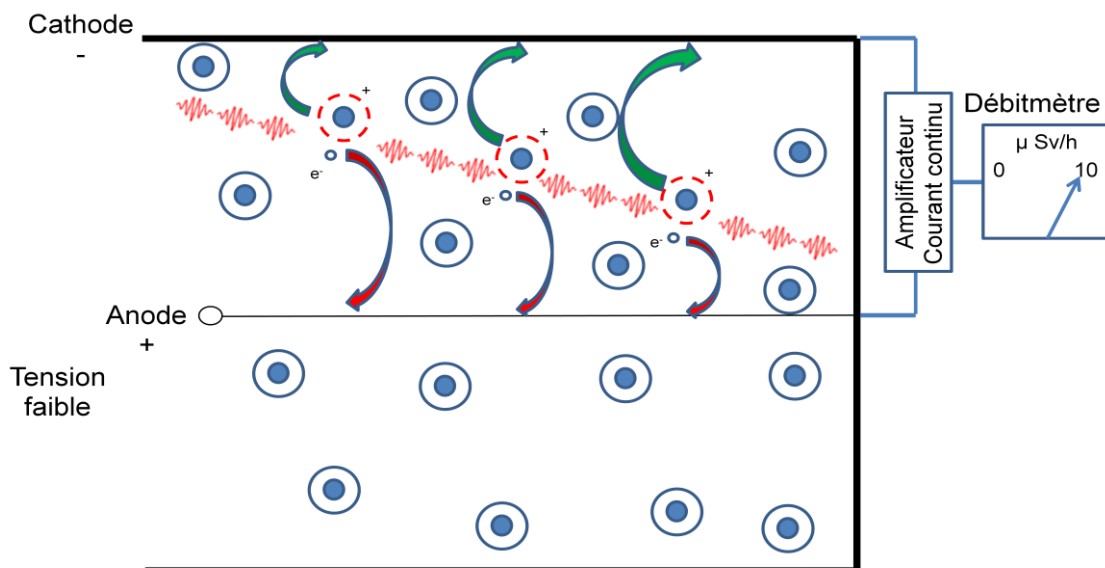
1. Détecteurs à gaz

Les détecteurs à gaz fonctionnent selon le principe de l'ionisation d'un gaz se trouvant dans une chambre soumise à une différence de potentiel. En fonction de la tension appliquée entre l'anode et la cathode, il existe plusieurs régimes de fonctionnement.



a. Régime de chambre d'ionisation

Dans une chambre de gros volume (300 à 500 cm³), on applique une différence de potentiel assez faible dans le but de créer des ionisations suite au passage d'un rayonnement ionisant. Le gaz ionisé peut être par exemple de l'air ou de l'argon. Dans ce régime, **le nombre d'électrons collectés sera le nombre d'électrons créés**. De plus, le temps mort entre deux mesures d'un événement est très faible (environ 1ms). Ce type de détecteur offre une très bonne réponse spatiale. Les chambres d'ionisation sont utilisées uniquement dans la conception de débitmètres, comme la Babyline 81 ou la Victoreen.

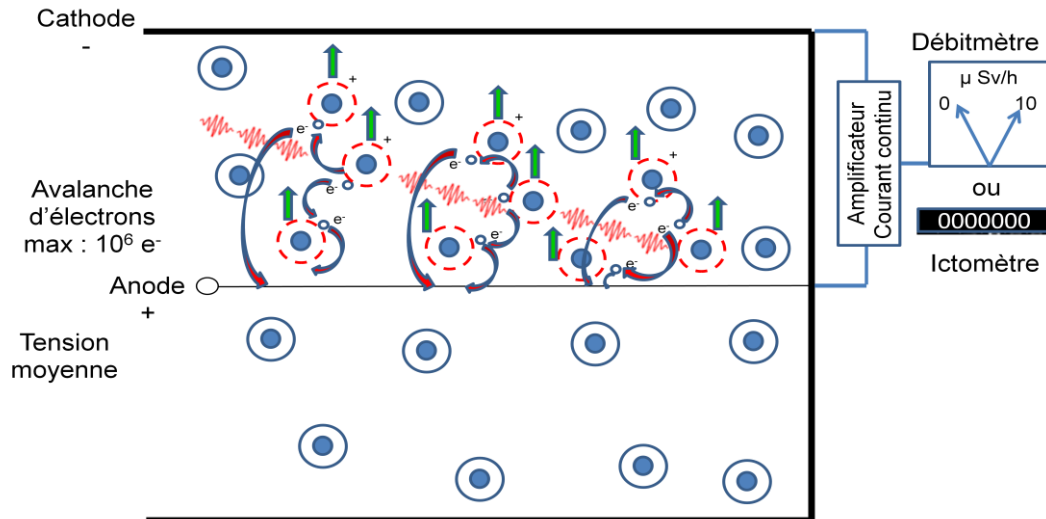


Nombre d'électrons collectés = Nombre d'électrons créés



b. Régime de compteur proportionnel

Dans ce régime de fonctionnement on augmente la tension appliquée entre l'anode et la cathode afin de créer une avalanche d'électrons, suite à de multiples ionisations (ionisations primaires et secondaires). **Le nombre d'électrons collectés est proportionnel au nombre d'électrons créés.** Compte-tenu du nombre d'événements créés, la valeur du temps mort entre deux mesures augmente également (environ 10 ms). Ce type de détecteur est utilisé pour la fabrication de débitmètres (FH40) ou d'ictomètres.

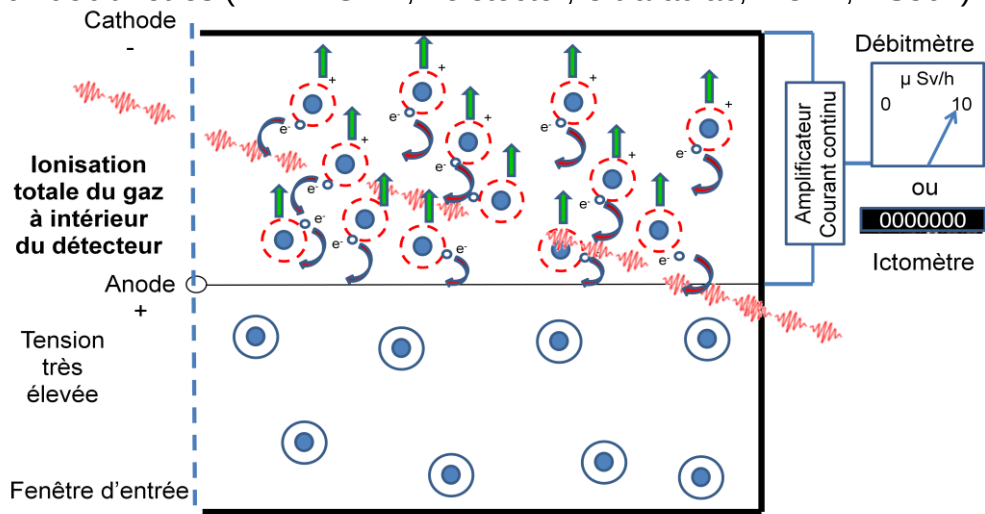


Nombre d'électrons collectés = Nombre d'électrons créés X k

c. Régime Geiger Muller

Dans ce régime de fonctionnement, on applique une tension très élevée supérieure à 2000 volts entre l'anode et la cathode. L'objectif, est de créer une **ionisation totale du gaz contenu dans le détecteur**. Pour cela, une seule ionisation primaire provoquée par un rayonnement ionisant est nécessaire à créer une avalanche d'électrons. 10^9 à 10^{10} électrons sont ainsi collectés. Compte-tenu de cette ionisation le temps mort entre deux mesures est assez long (environ 100 ns).

Ce type de détecteur se trouve sur les sondes bêta mous, bêta-gamma et sur de nombreux débitmètres (RADIAGEM, Télétector, Ultraradiac, MCB1, DS501).



Nombre d'électrons collectés = 10^9 à 10^{10} électrons créés

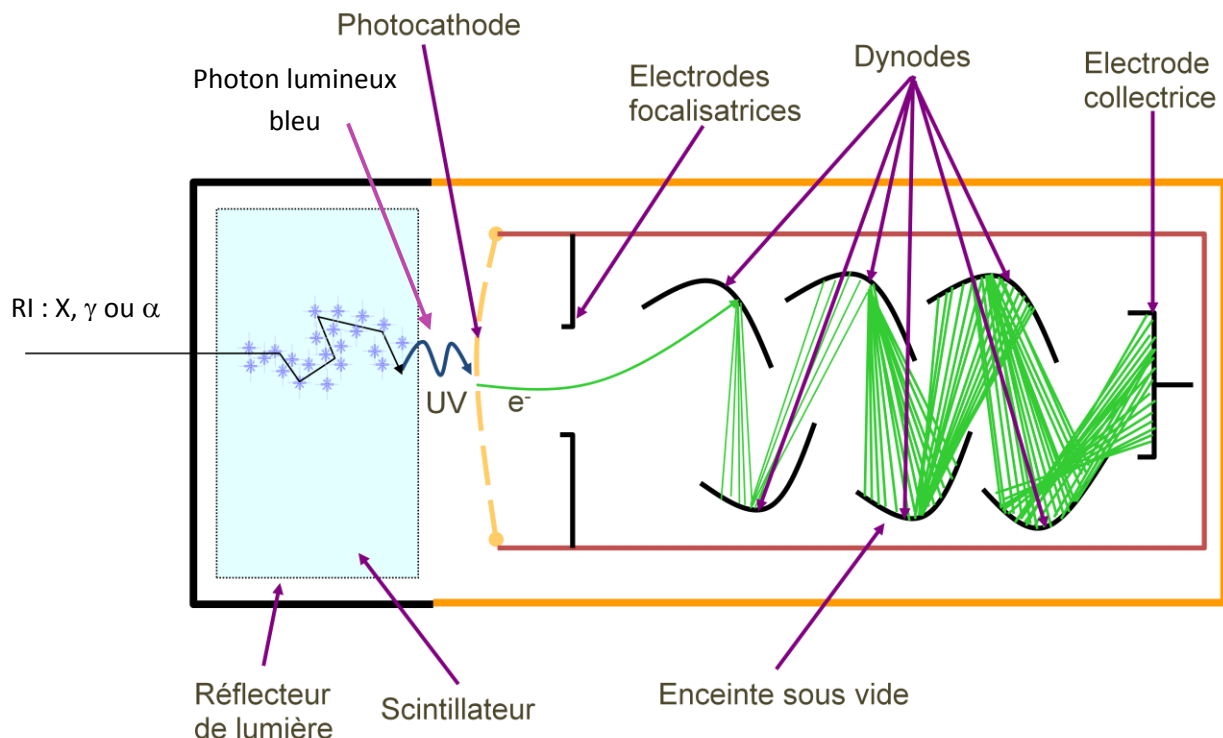


2. Détecteurs à scintillation

Les détecteurs à scintillation exploitent le phénomène de l'excitation, provoqué par un rayonnement ionisant.

a. Principe de fonctionnement

L'excitation est provoquée par un scintillateur placé dans un flux de rayonnements, dont les atomes vont être excités. La désexcitation provoque l'émission d'un photon ultraviolet spécifique de couleur bleue. **Le photon ainsi créé, est transformé en électron via une photocathode.** Le rendement de conversion étant très faible, une amplification du courant par un photomultiplicateur est nécessaire. Ainsi, le nombre d'électrons qui arrivent sur l'anode est proportionnel au nombre d'événements initiaux.



La présence du photomultiplicateur explique la forme allongée des détecteurs à scintillation. Ce dernier étant en verre, il en est très fragile et ne supporte aucun choc.

b. Le scintillateur

L'utilisation d'un scintillateur en entrée de détecteur, permet une détection des faibles niveaux d'énergie et surtout une « sélection » des rayonnements. Cette sélection s'effectue en fonction de la constitution du scintillateur :

- Scintillateur ZnS (sulfure de zinc) : pour la détection des particules α (sonde SMIA 70)
- Scintillateur **plastique** : pour la détection des particules β avec énergie > 30 KeV
- Scintillateur NaI (TI) mince 2 mm (iodure de sodium dopé au thallium): pour la détection des photons X et γ faible énergie (sonde X)



- Scintillateur NaI (TI) épais 2 cm (iodure de sodium dopé au thallium) : pour la détection des photons X et γ de forte énergie (sonde γ).

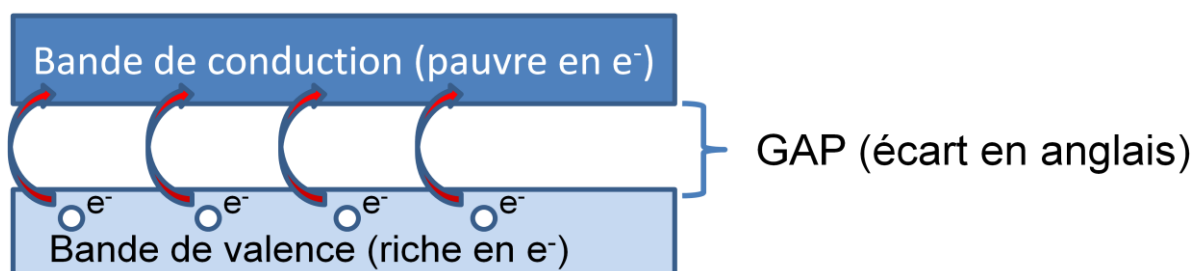
3. Synthèse des détecteurs employés avec les ictomètres

Sonde	Appellation	Type de compteur	Rayonnements détectés	Sensibilité aux autres rayonnements	Mouvement propre
Alpha	SA	SZn	α	neutrons	1 à 2 i/mn
Bêta Faible énergie	SBM Ou Sonde α, β, γ	GM	Tous β ($E_{\beta\max} > 40 \text{ keV}$) et α	photons	1 à 2 i/s
Bêta	SB	Scintillateur Plastique	β ($E_{\beta\max} > 200 \text{ keV}$)	X et γ	1 à 5 i/s
X	SX	NaI mince	X et γ	β et électrons de forte énergie	10 à 30 i/s
gamma	SG	NaI épais	γ	-----	20 à 40 i/s

4. Les détecteurs à semi-conducteurs

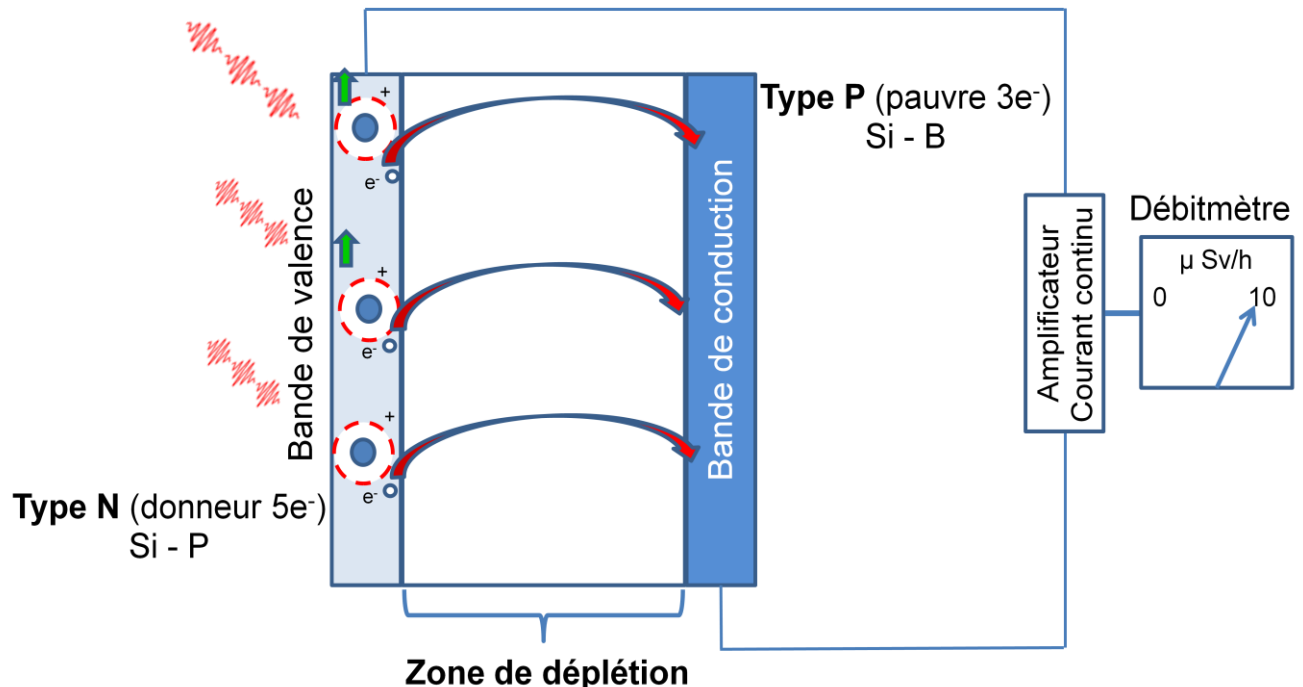
a. Principe de fonctionnement

Le détecteur est constitué d'une bande de conduction pauvre en électrons et d'une bande de valence riche en électrons. Elles sont séparées par un espace dénommé GAP (écart en anglais). Suite à des ionisations des atomes se trouvant dans le GAP, un mouvement d'électrons va se produire de la bande de valence vers la bande de conduction, créant ainsi un courant électrique.





Pour les détecteurs au silicium (majorité des cas), la bande de valence également dénommée « type N », est constituée d'un mélange silicium – phosphore (Si – P). La bande de conduction également dénommée « type P », est constituée d'un mélange silicium – bore (Si – B). Dans la zone de déplétion, le rayonnement ionisant va provoquer des ionisations, qui produiront un courant électrique.



L'énergie moyenne pour créer une paire électron – ion dans la zone de déplétion, est de 3 eV soit 10 fois moins que dans un gaz. Cela permet une détection des faibles niveaux d'énergie des rayonnements ionisants, mais également d'obtenir des détecteurs de petite tailles.

b. Conditions d'utilisation

Ce type de détecteur est utilisé dans :

- Les dosimètres électroniques : DMC 2000 et Dosicard
- L'anthropogammamétrie avec un détecteur au Germanium.

L'inconvénient de ce type de détecteur est une surchauffe dans les détecteurs de grande taille, ainsi qu'un coût de fabrication pour ces derniers.

5. Détecteurs luminescents

Ce type de détecteurs est utilisé afin d'assurer la dosimétrie passive des personnels soumis à des rayonnements ionisants.

a. Principe de fonctionnement

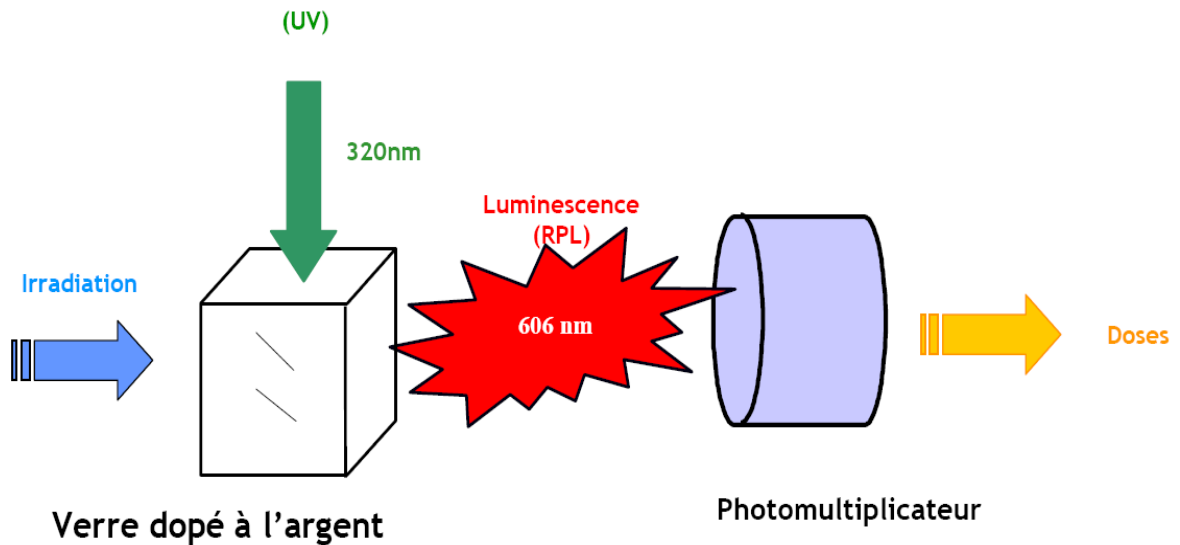
Un rayonnement ionisant (bêta, gamma ou X) vient arracher des électrons à la structure du détecteur en verre. Ces électrons sont ensuite piégés par les impuretés contenues dans le verre (particules d'argent).



Figure 1.

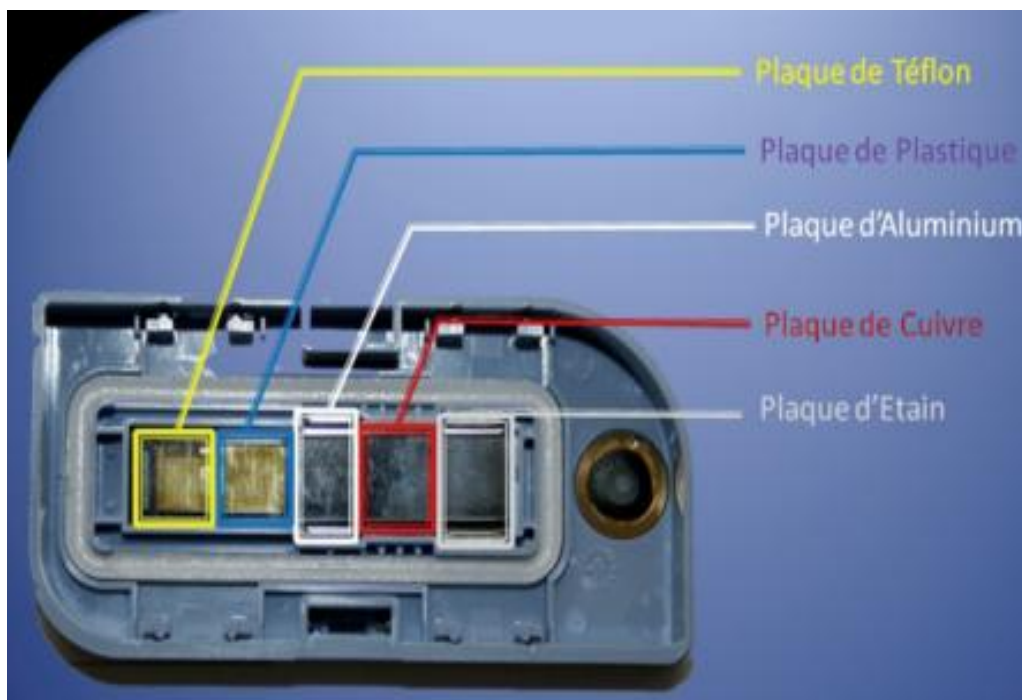


Ensuite, un faisceau ultra violet de longueur d'onde 320 nm, va exciter les électrons piégés dans la plaque de verre. Ces derniers, en se désexcitant, vont émettre une luminescence orange spécifique d'une longueur d'onde de 606 nm. La quantité de lumière émise est proportionnelle à la dose reçue.



Cinq filtres placés devant la plaque de verre, permettent de classer les rayonnements en fonction de leur nature et de leur énergie (fonction d'écran) :

- Bêta : faible et forte énergie
- Photons : faible, moyenne et forte énergie





b. Conditions d'utilisations

Les films dosimétriques passifs doivent être portés au plus près du corps du porteur. **Ils sont obligatoires pour toute intervention à caractère radiologique.** Ces films sont nominatifs. Le film de protection permet de protéger le détecteur de tout risque de contamination. Ainsi, il convient de ne jamais le retirer.

Les films doivent être stockés toujours au même endroit et loin de tout rayonnement ionisant. Ils sont analysés tous les 3 mois avec possibilité de relecture si besoin.

	Gamme en énergie	Gamme en dose	
Photons X et γ	de 10 keV à 10 MeV ⁽¹⁾	< 0,02 mSv ⁽²⁾	10 Sv
Particules β	de 100 keV à 3 MeV ⁽¹⁾	< 0,02 mSv ⁽²⁾	10 Sv

2. Pertinence des mesures

Les matériels de détection doivent être utilisés avec précaution et en respectant le temps d'intégration propre à chacun. Ainsi, avant toute utilisation, il conviendra de vérifier les points suivants :

- La validité du contrôle périodique
- L'adéquation du détecteur au besoin (savoir ce que l'on cherche)
- L'état de charge de la batterie
- La pertinence du bruit de fond.

Les icromètres sont des détecteurs de faibles niveaux détectant des chocs par secondes (C/s). On les utilisera pour effectuer les :

- Recherche de sources
- Recherche de contamination : surfacique, sur les personnes, sur du matériel ...

Les débitmètres mesurent un débit d'équivalent de dose (Sv/h) ou une dose équivalente intégrée (Sv). Ils seront en permanence avec les binômes engagés en zone. Ils permettent l'évaluation de l'environnement et sécurité du binôme. En complément ils permettent d'effectuer :

- Des mesures au château : contact, 1 m ...
- La localisation précise de la source : télésonde.

La qualité d'une bonne mesure dépend de :

- L'immersion totale du capteur dans le flux de RI et de façon homogène ;
- La taille du capteur, en effet la précision de la mesure est proportionnelle à la taille du capteur ;
- **Attention au temps d'intégration**, bien attendre que la mesure soit stabilisée ;



- Attention aux types de rayonnement et aux énergies ;
- Bruit de fond à prendre en considération. Le bruit de fond correspond au mouvement propre de l'électronique, plus la radioactivité naturelle.

Avantages / inconvénients : débitmètres

Type de détecteur	Sensible aux rayonnements	Gamme de mesure	Avantages	Inconvénients
Chambre d'ionisation à paroi équivalent tissu	β , X, γ	1 μ Sv/h à 1 Sv/h	Bonne réponse spatiale Réponse équivalent tissus (!!) Interprétation facile de la lecture Réponse indépendante de l'énergie du rayonnement incident	Relativement fragile Volumineux Légèrement sensible aux conditions ambiantes (humidité, température)
Compteur proportionnel	α , β , X, γ , <u>neutrons</u>	Qq μ Sv/h à 30 Sv/h	Grande surface de détection Coût de fabrication faible Temps morts faibles	Mauvaise réponse spatiale Fenêtre d'entrée α , β fragile
Geiger-Muller	X, γ	Qq μ Sv/h à 10 Sv/h	Robuste, simple, encombrement réduit Particulièrement sensible Très grande stabilité Bonne résistance aux conditions ambiantes	Mauvaise réponse spatiale Point de coupure aux basses énergies Saturation pour les forts débits de dose reçus Interprétation de lecture délicate vieillessement

Avantages / inconvénients : ictomètres

Type de détecteur	Sensible aux rayonnements	Gamme de mesure	Avantages	Inconvénients
Geiger-Muller	β mou, β , γ	Qq coups/s à 10 000 cps/s	Grande sensibilité Simple, encombrement réduit Grande stabilité Résistance aux conditions ambiantes	Fragile (selon sondes) Sensible à la lumière (parfois) Point de coupure aux basses énergies Saturation (1500 à 2000 c/s) Interprétation de lecture délicate
scintillateur	α , β , X, γ	Qq coups/s à 10 000 cps/s	'Spécificité' du RI Grande sensibilité Fragile	Interprétation de lecture délicate Fragile



3. **Entretien du matériel**

1. **Base réglementaire**

La base réglementaire relative à l'entretien du matériel de radioprotection est l'arrêté du 21 mai 2010.

Cet arrêté prévoit :

- Un étalonnage tous les 5 ans, lorsque l'instrument de mesure est équipé d'un contrôle permanent de bon fonctionnement.
- Un étalonnage tous les 3 ans, lorsque l'instrument de mesure n'est pas équipé d'un contrôle permanent de bon fonctionnement.
- Un étalonnage tous les ans des appareils de dosimétrie individuelle opérationnelle (DMC / Dosicard), afin d'assurer une protection correcte et juste des porteurs.
- Contrôle mensuel du bon fonctionnement des appareils, si l'appareil n'a pas été utilisé durant le mois en cours.

2. **Exemple du fonctionnement du SDIS 31**

Le contrôle annuel de l'ensemble du parc par une société tierce agréée par l'IRSN. Il s'agit de la société MPE. Quatre envois sont effectués dans l'année, afin de toujours garantir une réponse opérationnelle.

Une procédure de bon fonctionnement mensuelle est en cours de mise en place.



C4 : MATERIELS DE PRELEVEMENT

1. Généralités

L'équipe d'intervention a pour mission de quantifier le risque radiologique. Si, dans bien des cas, l'utilisation d'appareils de mesure peut suffire à réaliser cette quantification, certaines circonstances peuvent nécessiter l'utilisation de techniques particulières destinées à fournir des éléments d'analyse complémentaires.

Parmi ces techniques, les prélèvements constituent une méthode très régulièrement employée. Ainsi ils peuvent permettre de :

- Déterminer l'activité d'un radioélément
- Orienter les dispositions de protection individuelle
- Déterminer la nature d'un radioélément.

Ils sont de toute façon nécessaires lorsqu'un contrôle direct s'avère impossible ou lorsque l'ambiance du site perturbe toute mesure.

De plus, ils font partie intégrante des moyens à mettre en œuvre dans le cadre de plans de secours afin de déterminer les mesures de protection des populations et, à ce titre, les prélèvements effectués devront être transmis aux laboratoires compétents pour analyse complète.

2. Les différents types de prélèvements

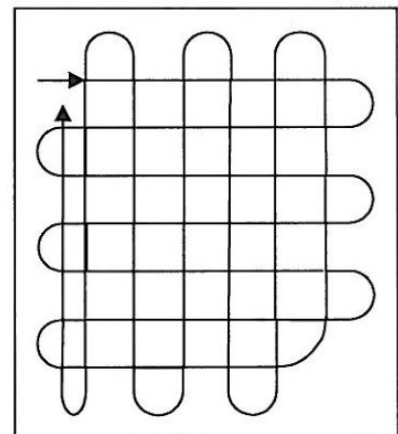
Les prélèvements sont à réaliser en présence d'une contamination surfacique ou d'une contamination volumique. Selon les renseignements recueillis sur l'événement initiateur du risque, il conviendra donc de privilégier certains types de prélèvements.

On distingue deux groupes de prélèvements :

- Les frottis
- Les prises directes.

1. Les frottis

Le frottis permet de vérifier la présence d'une contamination surfacique non fixée. Il consiste à ramasser sur un support les poussières déposées sur une surface de dimension connue. En règle générale, la surface d'étude est constituée d'un carré de 10 x 10 cm ou de 30 x 30 cm qu'il convient de frotter avec un papier filtre ou un filtre tissu sur toute sa surface en un seul passage. **Cette règle s'applique lorsque la mesure directe en α est supérieure à 1 C/S ou 5 fois le bruit de fond en β .**





Lorsque la mesure directe en α est inférieure à 1 C/S ou 5 fois le bruit de fond en β , il conviendra de réaliser un frottis sur une surface de 1m².

Selon les cas, on peut distinguer le frottis sec et le frottis humide. Le frottis humide piège la totalité des particules déposées sur la surface à étudier. Par contre, les particules α ne seront pas mesurées sur un frottis humide, seul le frottis sec leur correspond.

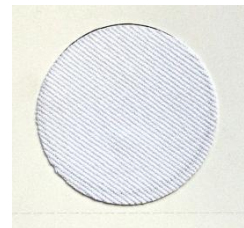
Une fois effectué, le frottis est mis dans un sac plastique avec identification afin d'être envoyé au laboratoire de mesure ou, dans le cas d'un PPI, collationné à la cellule mesures du PCO.

Dans le cadre d'une intervention classique, le frottis sera analysé par l'équipe d'intervention hors de la zone de recueil pour éviter toute perturbation de la mesure.

Il ne faut jamais oublier qu'une mesure nulle sur un frottis peut tout à la fois indiquer une absence totale de contamination surfacique non fixée ou la présence d'une contamination surfacique fixée.

Récapitulatif de la méthode :

- Déterminer les points de contamination à vérifier ;
- Procéder au frottis sur la surface définie ;
- Placer le frottis dans la pochette plastique ;
- Inscrire un numéro d'ordre sur la pochette ;
- Joindre la fiche d'identification renseignée (**pas à l'intérieur de la pochette**) ;
- Veiller à la concordance entre le numéro de fiche et le numéro de pochette.



2. Les prises directes

Les prises directes sont constituées par le prélèvement dans l'environnement d'échantillons suffisamment importants pour apprécier le niveau de contamination du site. Elles peuvent donc concerner :

- Les liquides ;
- Les végétaux ;
- Les sols ;
- L'air.

a. Les prises directes de liquides

Les prises directes de liquides correspondent au besoin de détermination d'une contamination d'une zone liquide ou d'un liquide déterminé par des :

- Particules en suspension ou solubilisables
- Liquides radioactifs miscibles ou formant une émulsion ou formant un film flottant.

Elles sont réalisées au moyen de flacons en matière plastique (sauf incompatibilité avec le produit ou le liquide) de 400 ou 500 cm³.



Il ne faut pas perdre de vue que le risque de contamination du personnel assurant le prélèvement est maximal. Lors de la recherche du point de prélèvement, il convient de s'assurer de la sécurité du lieu pour éviter qu'un intervenant ne tombe dans la zone liquide ou soit facilement aspergeable par le liquide.

Récapitulatif de la méthode :

- Rincer le flacon avant prélèvement. Dans le cas de l'eau potable, laisser couler à grand débit pendant 2 minutes avant prélèvement ;
- Prélever en surface un échantillon en remplissant entièrement le flacon ;
- Vérifier qu'aucune fuite n'existe ;
- Placer le flacon dans une pochette plastique ;
- Inscrire un numéro d'ordre sur la pochette
- Joindre la fiche d'identification renseignée (**pas à l'intérieur de la pochette**) ;
- Veiller à la concordance entre le numéro de fiche et le numéro de pochette.

b. Les prises directes de sols

Les prises directes de sols correspondent au besoin de détermination d'une contamination d'un sol en surface ou en profondeur par des :

- Poussières ou des particules après dépôt
- Liquides après absorption ou pénétration en couches moyennes.

Elles sont réalisées au moyen de sacs en matière plastique renforcée d'un volume minimal de 10 litres. Le prélèvement lui-même est réalisé au moyen d'outils (bêches, pelles, pioches, ...) qui seront très certainement contaminés lors du prélèvement et qu'il conviendra de traiter comme déchets.

Le volume à prélever sera de 20 x 20 cm (400 cm²) sur une profondeur de 10 cm, soit environ 2 à 3 kg de matière qui sera exempte de toute substance étrangère (racines, herbes, cailloux, ...). Il conviendra au préalable de dégager la couche superficielle de terre sur une hauteur de 5 cm, afin de la dégager de tous végétaux, racines et cailloux.



Le risque de contamination du personnel assurant le prélèvement existe :

- Soit par contact avec le sol ;
- Soit par perforation de la tenue de protection par les outils.



Récapitulatif de la méthode :

- Choisir un sol non remué et découvert ;
- Prélever sur la surface déterminée avec les précautions prévues (surface 20 cm x 20 cm, après avoir enlevé la couche superficielle sur 5 cm) ;
- Placer le prélèvement dans un sac plastique renforcé et fermer le sac très solidement ;
- Inscrire un numéro d'ordre sur le sac au stylo indélébile ;
- Joindre la fiche d'identification renseignée (**ne pas mettre la fiche dans le sac**) ;
- Veiller à la concordance entre le numéro de fiche et le numéro de pochette.



c. Les prises directes de végétaux

Les prises directes de végétaux correspondent au besoin de détermination d'une contamination de la flore par des radioéléments :

- Déposés sur le feuillage ;
- Assimilés par les racines et intégrés au métabolisme.

Elles sont réalisées au moyen de sacs en matière plastique renforcée d'un **volume minimal de 10 litres percé de petits trous afin d'éviter tout phénomène de fermentation**. Le prélèvement lui-même est réalisé au moyen d'outils (faucilles, cisaille, serpettes, ...) qui seront très certainement contaminés lors du prélèvement et qu'il conviendra de traiter comme déchets.

Le volume à prélever sera d'au moins 10 litres et de préférence du même type de végétal (trier les espèces). **Le prélèvement se fera à plus de 3 cm du sol pour éviter le mélange avec le sol environnant sur une surface de 1m².**

Le risque de contamination du personnel assurant le prélèvement existe soit par contact avec la végétation, soit par perforation de la tenue de protection par les outils.

Récapitulatif de la méthode :

- Choisir une zone adaptée au prélèvement ;
- Prélever sur cette zone les végétaux dans les conditions requises (1 m² avec une seule espèce de végétaux coupés à 3 cm du sol) ;
- Placer le prélèvement dans un sac plastique renforcé percé de petits trous afin d'éviter la fermentation et fermer le sac très solidement ;
- Inscrire un numéro d'ordre sur le sac au stylo indélébile ;





- Joindre la fiche d'identification renseignée (**ne pas mettre la fiche dans le sac**) ;
- Veiller à la concordance entre le numéro de fiche et le numéro de pochette.

d. Les prises directes d'air

Les prises directes d'air correspondent au besoin de détermination d'une contamination volumique ou atmosphérique par des poussières radioactives issues d'une source d'émission.

Elles sont réalisées au moyen d'un échantillonneur d'air muni d'un filtre approprié. Le filtre devra avoir un diamètre de maille inférieur à la taille du polluant à recueillir.

La durée du prélèvement sera d'au moins 30 minutes. Une durée inférieure est envisageable dans le cadre de volumes clos où du personnel doit pénétrer à brève échéance. Dans ce cas, le temps minimal est de 10 minutes car cette méthode n'est utilisée que pour confirmer la présence ou l'absence de contamination volumique et non pas pour la quantifier.

Il convient de noter impérativement, selon l'appareil utilisé, le volume aspiré ou le débit horaire.

Le risque de contamination par voie respiratoire du personnel assurant la mise en place de l'échantillonneur d'air est évidente. La plus grande prudence est donc de rigueur dans la démarche et cette mise en place doit se faire sous protections vestimentaire et respiratoire adaptées.

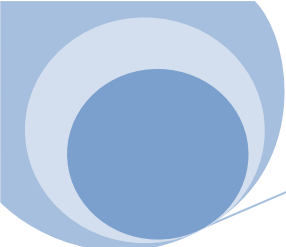
La recherche du point de prélèvement devra tenir compte de la facilité de progression du personnel dans les locaux éventuels ainsi que de l'absence de contamination surfacique non fixée à proximité du point d'échantillonnage. Les appareils utilisés disposent en effet d'un fort débit d'air et peuvent remettre en suspension, et par suite déposer sur le filtre, une contamination de surface qui serait assimilée à tort à une contamination volumique.

Le risque de contamination du matériel est important. Il convient donc aussi d'en assurer la protection par des moyens adaptés mais sans boucher la circulation d'air en entrée et sortie.

Récapitulatif de la méthode :

- Choisir une zone adaptée pour le positionnement de l'appareil
- Positionner l'appareil et le mettre en œuvre pour la durée prévue
- Retirer le personnel pendant la durée du prélèvement
- Récupérer le filtre et le placer dans une pochette plastique
- Fermer hermétiquement la pochette
- Inscrire un numéro d'ordre sur la pochette





- Joindre la fiche d'identification renseignée (**ne pas mettre la fiche dans la pochette**)
- Veiller à la concordance entre le numéro de fiche et le numéro de pochette.

3. Le traitement des prélèvements

Sauf cas particuliers où les prélèvements servent à lever un doute sur une éventuelle contamination ponctuelle, le traitement des prélèvements relève de l'IRSN, qui déterminera le laboratoire agréé chargé de l'analyse.

Dans le cas du déclenchement d'un plan d'urgence, les prélèvements sont tous acheminés vers la cellule mesures du PCO afin d'être inventoriés et envoyés ensuite vers le laboratoire désigné. En complément, l'IRSN basé à Agen, dispose d'un laboratoire mobile de prélèvement et de premières mesures avant l'envoi pour analyses plus fines.

4. Protection d'un personnel

La réalisation de prélèvements concerne nécessairement une zone contaminée. En conséquence, les plus extrêmes précautions doivent être prises sur le plan de la protection vestimentaire et respiratoire des intervenants chargés de cette réalisation.

5. Remarque particulière

Il ne faut jamais perdre de vue que la présence de personnes impliquées dans une zone contaminée permet de réaliser :

- Un prélèvement atmosphérique simple en faisant moucher les personnes dans un mouchoir en papier qui sera ensuite mesuré et conservé avec les indications sur la personne dans une pochette plastique. Une réponse positive orientera vers une contamination volumique de la zone.
- Un frottis simple en vérifiant les vêtements des personnes au moyen d'une sonde appropriée.

Notes personnelles :

.....

.....

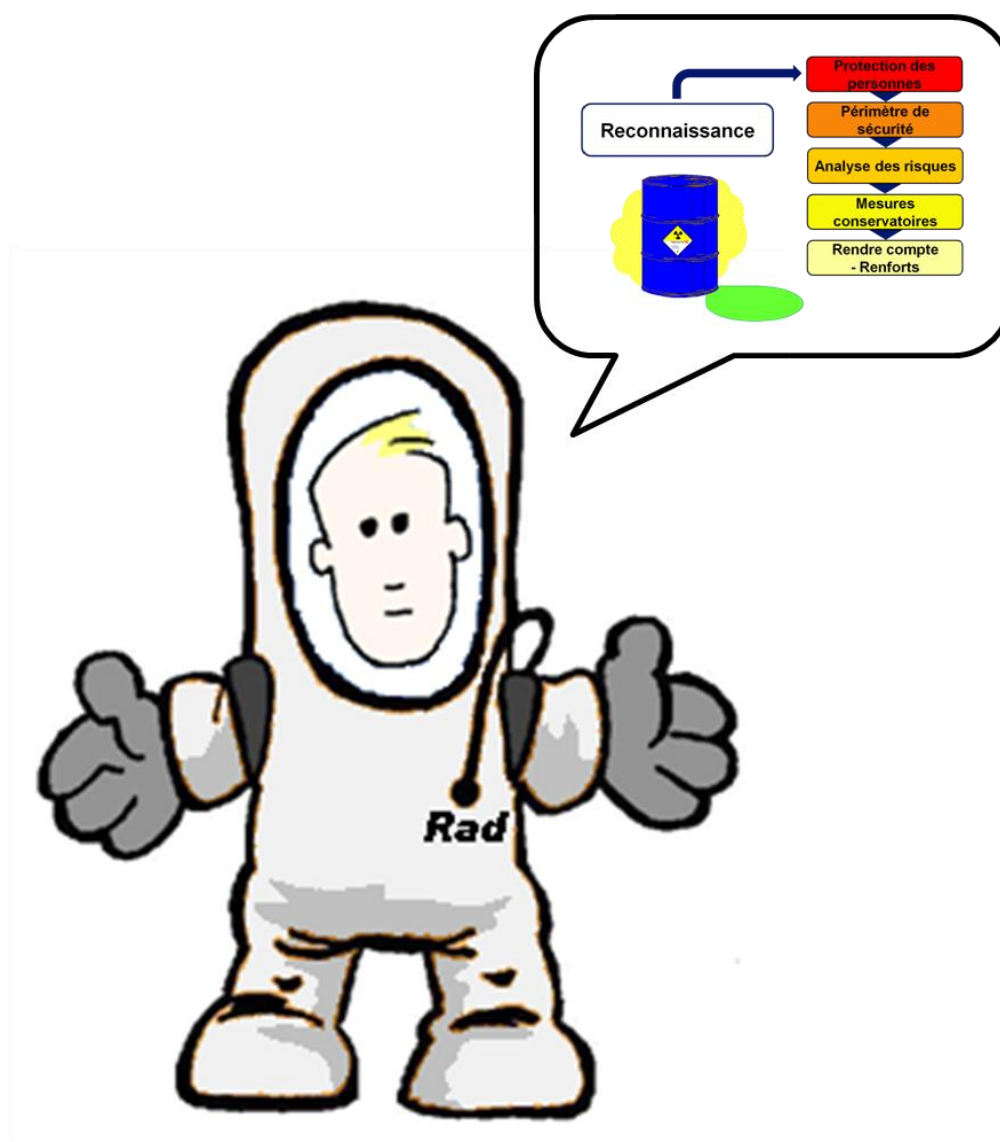
.....

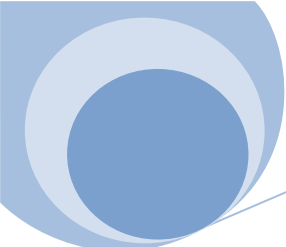
.....

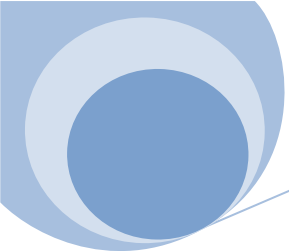
.....

4 : Intervention en milieu radiologique

- D1. Déroulement d'une intervention 105
- D6. Participation à un plan d'urgence 110







D1 : DEROULEMENT D'UNE INTERVENTION

A l'image des interventions courantes, il convient d'appliquer une méthodologie bien précise, afin de mener à bien une intervention à caractère radiologique. Ainsi, trois phases apparaissent comme clairement identifiées : phase réflexe, phase réfléchie et phase de retour à la normale.

1. Phase réflexe

A travers des actions bien distinctes, la phase réflexe permet de répondre à deux objectifs :

- Prendre les premières mesures conservatoires
- Définir les modes actions futurs.

1. *Etude sommaire de l'intervention*

Il conviendra de recueillir des informations techniques :

- Nature et quantité de matière en cause
- Activité et débit de dose de la source
- Nature de l'accident radiologique
- Expéditeur, destinataire, transporteur s'il s'agit d'un colis.

Il conviendra de recueillir également des informations environnementales :

- Y a-t-il des impacts humains ? Sauvetages, blessés, impliqués dans la zone d'intervention ?
- Conditions météo du jour et prévision à T + 2h et T + 4H
- Type de bâtiments impliqués ? Points sensibles à proximité ?

2. *Préparation des personnels*

Adapter la tenue vestimentaire aux risques encourus : tenue SPF1 (risque d'irradiation), tenue de feu et ARI (risque d'incendie) ou tenue trois couches (risque de contamination).

Assurer la radioprotection des intervenants par le port immédiat de leur film dosimétrique personnel, compléter par le dosimètre électronique. Renseigner le cahier de suivi dosimétrique.

Commencer à répartir les rôles de chacun, par des ordres clairs et précis. Pas de place à l'ambiguïté.



3. Préparation des matériels

Vérifier avant de partir le bon état de fonctionnement des matériels électroniques, y compris le niveau des piles ou des batteries. Noter précisément le bruit de fond de chaque appareil. **Toute anomalie devra être signalée rapidement.**

4. Déplacement sur site

Utiliser un itinéraire connu, pouvant être modifié si besoin et sécurisé. Pendant le trajet, vérifier la dosimétrie opérationnelle et l'évolution des débits de dose des détecteurs. Toujours arriver vent dans le dos.

Il conviendra également de dialoguer avec les personnels sur les missions et les mettre en confiance. On ne reste pas dans sa bulle.

5. Reconnaissance générale de la zone d'intervention

Mesurer le débit de dose ambiant, puis rechercher des informations complémentaires (chauffeur, industriel, PCR, laborantin ...), ainsi que des plans détaillés de la zone d'intervention (bâtiments, plans de masse, IGN ...).

Assurer un balisage réflexe de 100 m autour de la source, si non réalisé par les premiers engins sur place. Ce périmètre est étendu à 500 m lors d'un déclenchement d'un plan ORSEC TMR (source de forte activité, matière fissile, UF6).

A partir de cet instant la stratégie commence à se mettre en place pour le reste de l'intervention.

6. Sauvetages et mises en sécurité

Ils sont à réaliser rapidement, en effet **le risque courant prime toujours sur le risque radiologique**. Les sauvetages incombent au primo intervenants, mais les personnels de la CMIR doivent les réaliser, s'ils n'ont pas été réalisés.

Après la réalisation des sauvetages, il conviendra d'évaluer les doses reçues par les sapeurs pompiers non spécialistes.

2. Phase réfléchie

La phase réfléchie se décompose en 7 actions à réaliser.

1. Analyse fine

Valider les informations transmises lors de l'appel 18, puis informer les équipiers de la situation. Par rapport au type d'événement rencontré, ne pas improviser et appliquer les procédures opérationnelles.

Attention, une situation n'est jamais figée et peut évoluer à tout moment (sens du vent, sur accident, feu ...).



2. Mise en forme de l'intervention

Affiner le balisage réflexe par un circuit de mesure réalisé à **2.5 μ Sv/h**. Définir la position SAS en fonction de la situation de la zone chaude : **dos au vent**. Le SAS sera implanté au bruit de fond et non au périmètre public. Chaque intervenant verra sa mission lui être confirmée par le chef d'équipe intervention.

Définir également un point de rassemblement des victimes, afin de contrôler la présence de matière radioactive.

3. Quantification du risque

Bien identifier le risque principal : **irradiation, contamination ou les deux**. Trouver les caractéristiques des rayonnements : quels types d'émetteurs, les énergies des rayonnements, activité le jour de l'intervention, période radioactive et biologique ... Mesurer les débits de dose à 1 m et au contact.

Suite à cet incident ou accident, y a-t-il des impacts humains et/ou environnementaux à prendre à compte ?

4. Engagement en zone "chaude"

Limitier le personnel engagé, ainsi que la durée de leur mission. La rotation des personnels sera privilégiée.

Assurer une protection contre l'irradiation par la mise en place d'écrans (tabliers de plomb ou écrans naturels), également contre la contamination, par l'emploi de tenues 3 couches. Lors d'un engagement en zone, la sécurité des binômes doit être une priorité : **surveillance et présence d'un binôme de sécurité**.

Les missions doivent être clairement définies et comprises des personnels. **Donner les missions avant la mise en place de l'ARF**. Utiliser des matériels vérifiés et validés par le chef d'équipe intervention ou le RAD 3. **Ce n'est pas à l'équipier de choisir son matériel !!!** Les mesures effectuées devront être cadrées et précises.

5. Etude des modes de résolution

Avant de définir une idée de manœuvre, il faut savoir si elle est faisable dans des bonnes conditions de sécurité. Demander des renforts, si les moyens de l'équipe sont insuffisants : CMIR, RAD 3 ou 4, organismes extérieurs (IRSN ou ZIPE : équipiers de Zone d'Intervention de Premier Echelon du CEA).

Toujours penser à une procédure de repli. **C'est le plan B**. Ensuite, faire le bilan des moyens disponibles pour effectuer la mission : cheminements, méthode fine de repérage, matériels adaptés, écrans disponibles, balisage complémentaire, relèves en personnels éventuelles, procédure de récupération et zone de stockage.

Dans tous les cas, **s'il existe plusieurs possibilités, privilégier celle présentant la sécurité optimale**.



6. Renseignement des autorités

Le renseignement des autorités est un facteur primordial sur une intervention à caractère radiologique, **il vise à faire baisser la pression**. Ce type d'intervention peut vite monter très haut et très loin (ministres, médias ...). Il conviendra de renseigner correctement les autorités, la hiérarchie sapeur pompier, le chef de CMIR et le CTD.

La remontée d'information passe par des messages clairs et réguliers. Mais pas trop techniques. Ils devront être réels par rapport à la situation rencontrée. **Ne pas en rajouter !!!**

7. Vérification après résolution

Après la résolution de l'incident, toujours vérifier l'efficacité de notre action par une série de contres mesures : débits de dose au contact, à 1 m, absence de contamination (réalisation de frottis), confirmer la mise sous château.

3. Phase de retour à la normale

La phase de retour à la normale comprend 6 phases bien distinctes.

1. Le bilan dosimétrique

Le bilan dosimétrique concerne aussi bien les intervenants, que les impliqués.

Pour les intervenants, lecture immédiate de leur dosimètre électronique, puis saisie de la valeur dans le cahier de suivi. De retour au centre de secours, les films RPL devront être envoyés immédiatement au développement afin de confirmer la dose reçue. Le 3SM devra être prévenu des doses reçues.

Pour les impliqués, il faudra estimer la dose reçue : temps passé à proximité de la source (irradiation et ou contamination), cheminements ... Un suivi médical particulier sera effectué en milieu hospitalier.

2. Le bilan des acteurs et des impliqués

Toutes les personnes impliquées dans l'intervention doivent être répertoriées (SP, SAMU, Police, impliqués ...) et informées des doses éventuellement reçues (il faut être transparent sur ce sujet). Chaque personne impliquée devra faire l'objet d'un suivi médical individuel.

Les autorités devront être en possession de la liste complète des impliqués et des acteurs d'une intervention radiologique.

3. Reconditionnement du matériel

Dans un premier temps, il faut contrôler la non contamination du matériel. Puis, vérifier leur bon état de fonctionnement par un retour à la valeur initiale du bruit de



fond. Le matériel hors service devra être clairement identifié, retirer du circuit opérationnel et envoyé en révision.

Dès le retour à la caserne, les lots habillages devront être reconditionnés, ainsi que tout le matériel utilisé.

4. Désengagement du personnel

Avant de quitter les lieux de l'intervention, il faut vérifier le bon reconditionnement du matériel dans le véhicule (ne rien oublier sur place).

Effectuer sur place, un bilan sommaire et rapide de l'intervention avec les personnels. Il s'agit de faire une analyse à chaud, évoquer les particularités de l'intervention et procéder à un recadrage éventuel, si des points méritent d'être abordés sur place (sécurité par exemple). Puis remise en disponibilité ou pas de l'équipe d'intervention.

5. Ouverture de zone d'intervention

L'ouverture de la zone d'intervention peut se faire sans restriction, s'il y a absence de contamination et d'irradiation, mais également si tous les dispositifs de sécurité fonctionnent par exemple. Cette ouverture se fera après information et avis des autorités.

Mais, la zone d'intervention pourra également restée fermée si l'incident n'est pas terminé. Un balisage devra être maintenu pour le public et une entreprise privée prendra le relais. Les forces de l'ordre peuvent rester mobilisées afin d'assurer un balisage restrictif. Cette décision sera prise par les autorités après avis du chef d'équipe d'intervention ou du chef de CMIR.

6. Débriefing interne

Il doit être fait rapidement avec la totalité des intervenants. Tout le monde pourra s'exprimer s'il le désire. Un bilan détaillé de l'intervention devra y être présenté : points positifs et surtout points à améliorés. L'impact médiatique pourra également être évoqué, s'il est important.

Le bilan dosimétrique, s'il est connu, devra être communiqué aux personnels de façon individuelle.



D6 : Participation à un plan d'urgence

La réglementation française face aux risques industriels

« Un risque industriel majeur est un événement accidentel se produisant sur un site industriel et entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les populations environnantes, les biens et/ou l'environnement ».

1. Plans d'urgence : définitions et types

Les plans d'urgence sont des plans d'organisation des secours en cas de catastrophe ou d'évènement de grande ampleur.

Il en existe 2 types :

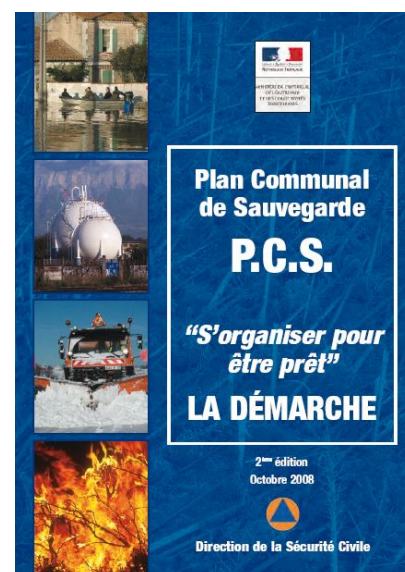
- **Le Plan Communal de Sauvegarde (PCS)** : il se situe au niveau de la commune,
- **Le plan ORSEC** : il se situe au delà de la commune, au niveau départemental, zonal et maritime.

1. Le Plan Communal de Sauvegarde (PCS)

Le PCS est le maillon local de l'organisation de la sécurité civile.

Il est régi par l'article 13 de la loi du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile et son décret d'application du 13 septembre 2005. Il est obligatoire pour les communes soumises à PPI.

Le PCS a pour mission, sous l'autorité du maire, d'organiser la commune pour assurer l'alerte, l'information, la protection et le soutien de la population.



Intérêts opérationnels

- La population est préparée à une éventuelle crise ;
- Des premières mesures sont prises avant l'arrivée des secours ;
- Moyens de la commune en corrélation avec le risque (pastilles d'iode, ...) ;
- La commune est pré-organisée : elle met en place un **Poste de Commandement Communal (PCC)**.



2. Le Plan ORSEC

C'est la base de réponse à l'événement quelle que soit la situation d'urgence.

Il se résume en :

- Un réseau de sécurité civile ;
- Une doctrine opérationnelle ;
- Des exercices ;
- Le retour d'expérience.

Il est régi par l'article 14 de la loi du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile, décret d'application du 13 septembre 2005 et circulaire du 29 décembre 2006. On parle maintenant d'Organisation de la réponse de Sécurité Civile.

Le plan ORSEC a pour mission, sous l'autorité du Préfet, d'organiser les secours pour assurer l'alerte, l'information et la protection de la population ainsi que la remise à niveau de la situation.

Le plan ORSEC comprend :

- Un inventaire et une analyse des risques et des effets ;
- Un dispositif opérationnel suite à l'analyse ;
- Les modalités de préparation et d'entraînement des intervenants.

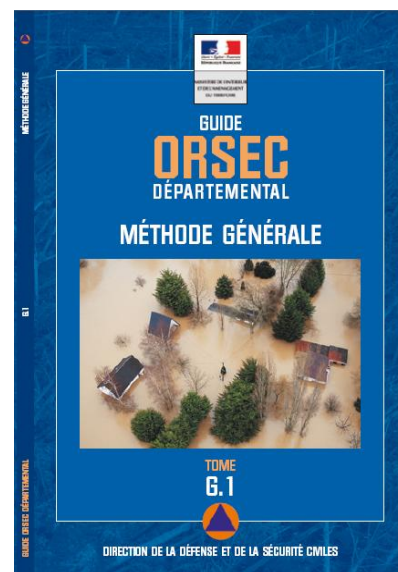
Intérêts opérationnels

- Les moyens du département sont en corrélation avec les risques (CMIR, ...) ;
- Des premières mesures sont prises dès l'arrivée de l'événement par les différents acteurs ;
- Il y a l'arrivée à la cellule « mesures » des experts (IRSN, ...) ;
- Le département est pré-organisé : il met en place le Centre Opérationnel Départemental (COD) et un Poste de Commandement Opérationnel (PCO).

2. La CMIR dans un PUI ou un PPI

La réussite d'une opération dépend, pour beaucoup, de sa préparation. Quand le risque est connu et localisé, nous pouvons utiliser des outils opérationnels :

- **Le Plan d'Urgence Interne (PUI)** : il est de la responsabilité de l'exploitant (Directeur des Opérations Internes). Il gère l'événement quand il est contenu à l'intérieur de l'établissement ;
- **Le Plan Particulier d'Intervention (PPI)** : il est de la responsabilité de l'Etat (Directeur des Opérations de Secours). Il gère l'événement quand il dépasse le périmètre de l'établissement.





1. Le Plan d'Urgence Interne (PUI)

L'exploitant d'une Installation Nucléaire de Base (INB) a la responsabilité de la sûreté et de la radioprotection au sein de son installation. À ce titre, il doit avoir mis en place l'organisation de l'intervention en cas d'accident à l'intérieur de son établissement. Les dispositions prises font l'objet d'un document officiel : le **PUI**.

Il permettra le moment venu, de réagir vite et bien, et de limiter autant que possible l'improvisation.

Le PUI définit les mesures d'organisation, les méthodes d'intervention et les moyens nécessaires que l'exploitant doit mettre en œuvre pour protéger le personnel, le public et l'environnement pour limiter les conséquences sur les populations et pour remettre l'installation en état sûr.

Il est régi par l'article **L.1333-6 du Code de la Santé Publique** et le décret du 31 mars 2003 (2003-295). Il est obligatoire pour les **INB**.

Le PUI a pour but d'organiser la lutte contre le sinistre.

Pour cela, **il doit permettre de :**

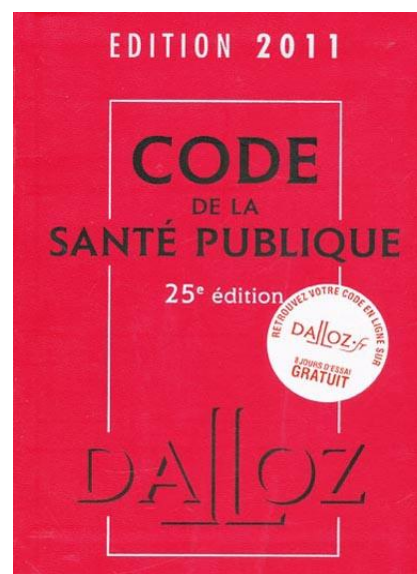
- Maîtriser la situation et limiter ses conséquences ;
- Porter secours, protéger et informer le personnel ;
- Communiquer ;
- Informer les pouvoirs publics.

Son contenu :

- L'organisation des secours ;
- Le plan de situation ;
- Les dispositions relatives à l'accueil des secours ;
- Le contenu des différentes sources radioactives.

Intérêts opérationnels

- Emplacement du **Poste de Commandement** ;
- Plan de situation ;
- Différents scénarii d'accidents déjà établis ;
- Des fiches des différentes sources radioactives contenues dans l'entreprise ;
- Des moyens de secours déjà présents sur le site.





2. Le Plan Particulier d'Intervention (PPI)

Il constitue un volet des dispositions spécifiques du plan ORSEC départemental.

Dès qu'un PUI a été rédigé, il nécessite la rédaction d'un PPI.

Le PPI met en œuvre les orientations de la politique de sécurité civile en matière :

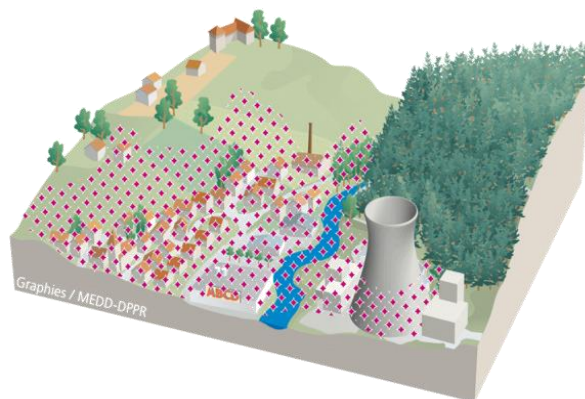
- De mobilisation de moyens ;
- D'information et d'alerte ;
- D'exercices et d'entraînements.

Il est régi par l'article 15 de la loi du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile et son décret d'application du 13 septembre 2004. Il est obligatoire pour les INB.

Le PPI, sous l'autorité du Préfet, a pour but d'organiser les secours pour assurer l'alerte, l'information et la protection de la population ainsi que la remise à niveau de la situation.

Il comprend :

- La description générale de l'installation,
- La description des scénarii d'accident et des effets.



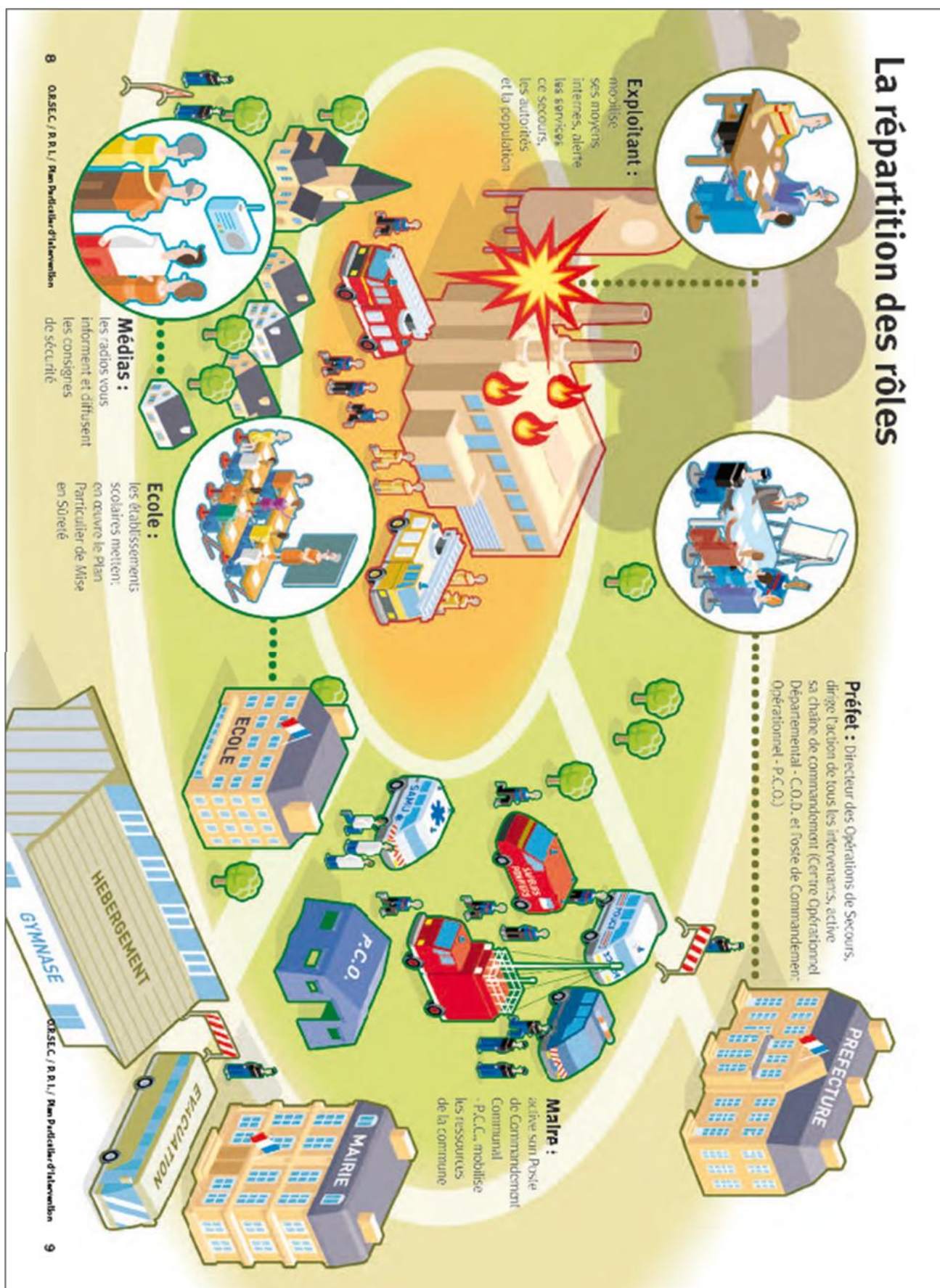
Intérêts opérationnels

- Les secours sont préparés à un éventuel risque (fiches scénarii) ;
- Premières mesures prises dès l'arrivée de l'évènement par l'exploitant ;
- Les moyens de l'exploitant sont en corrélation avec le risque ;
- L'établissement est pré-organisé : Poste de Commandement aménagé sur le site ou au voisinage ;
- Il y a la mise en place de cellule « mesures ».





Vue d'ensemble d'un PPI



Annexes

➤ SAS RAD	119
➤ Fiches matériels	121





Pompiers

Risques-Techno.fr

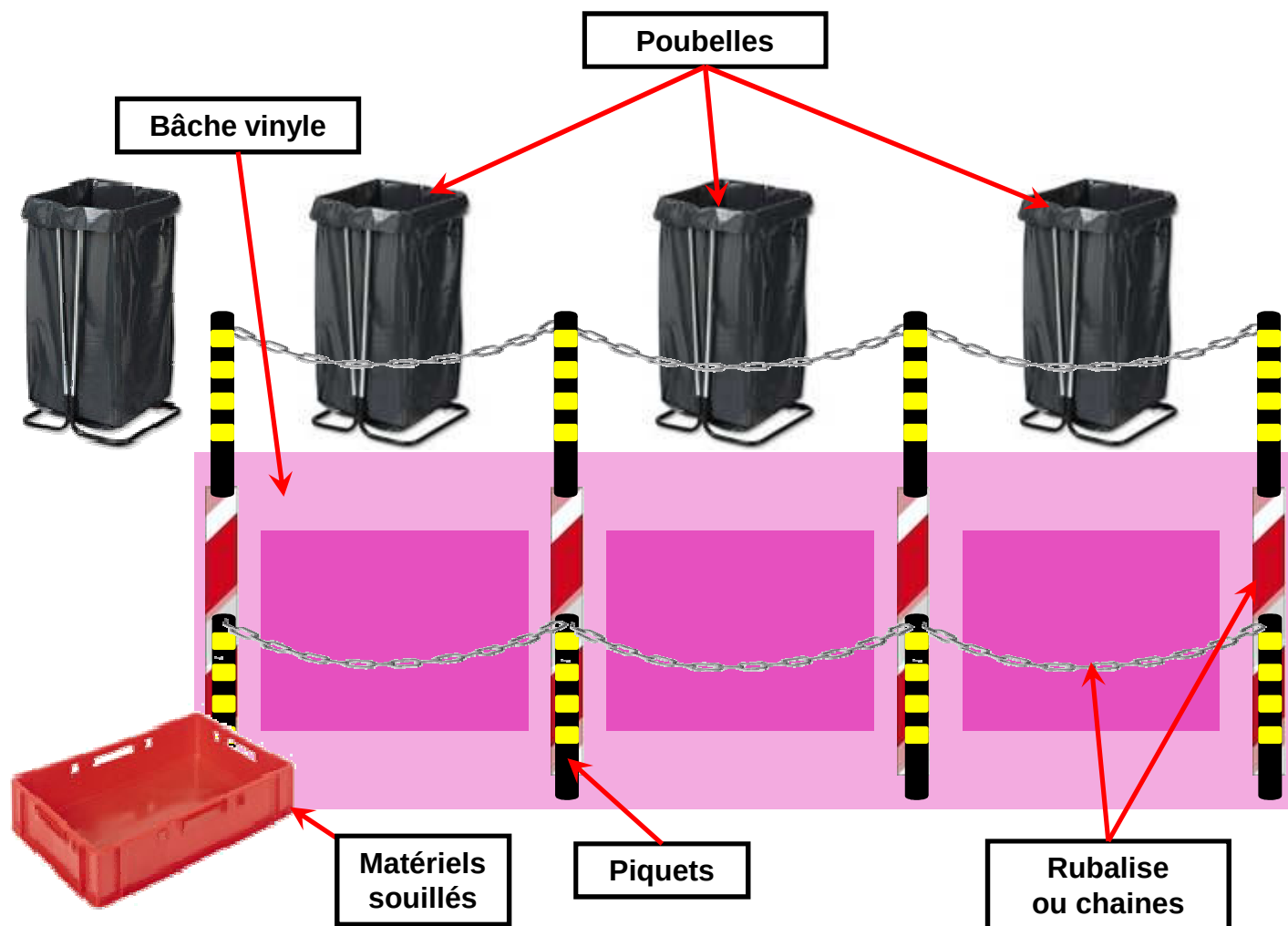
SAS (RAD)

Version du 30 octobre 2013

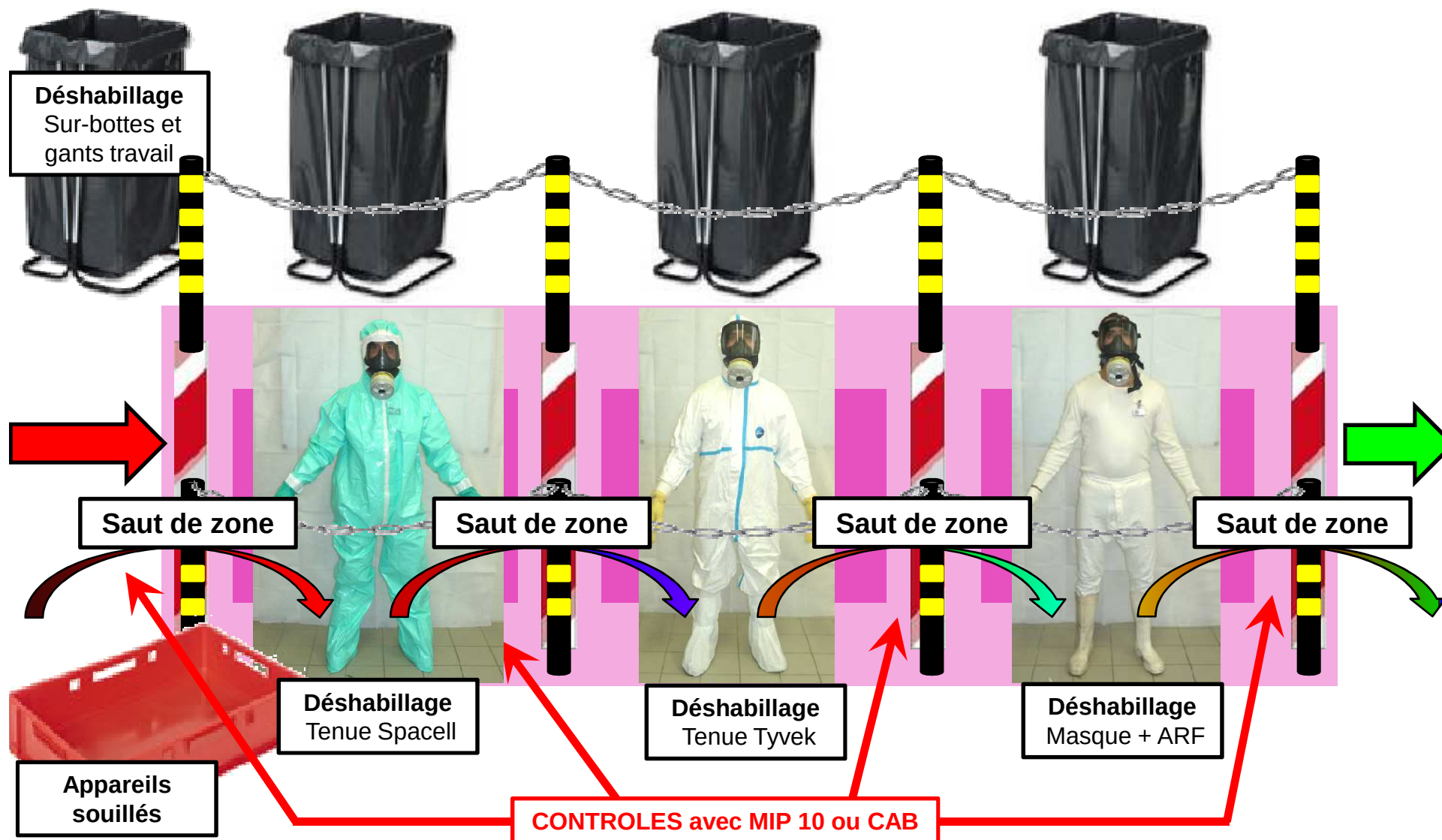
Domaine d'application

- ☐ Passage obligé pour accéder ou quitter la zone d'exclusion (au bruit de fond)
- ☐ Il doit permettre le contrôle de la contamination de tous les matériels et personnes provenant de la zone d'exclusion ainsi que leur déshabillage

Description



FONCTIONNEMENT SAS





Pompiers

Risques-Techno.fr

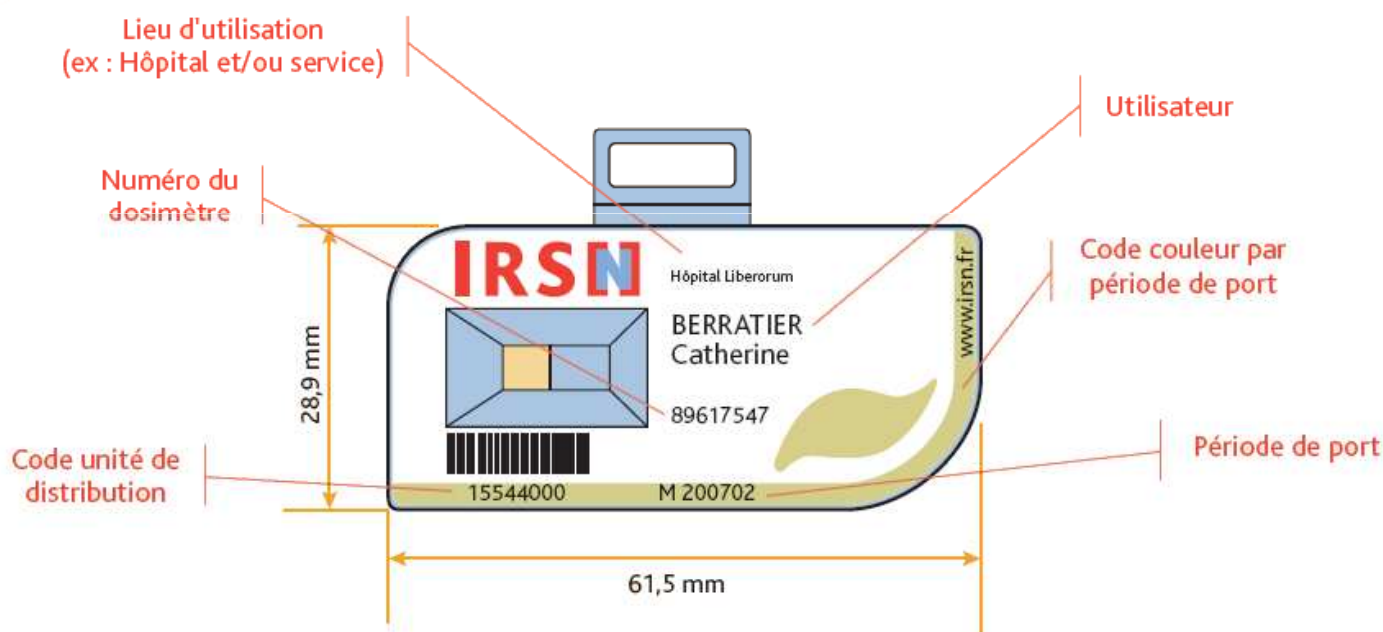
DOSIMETRE PASSIF RPL

Version du 17 mars 2012

Domaine d'application

- ☐ Dosimètre passif individuel à technologie RPL (luminescence)
- ☐ Dose cumulée sur une période de 3 mois, pour les rayonnements Gamma, X et Bêta
- ☐ Possibilité d'une relecture en cas de doute sur une dose reçue

Description

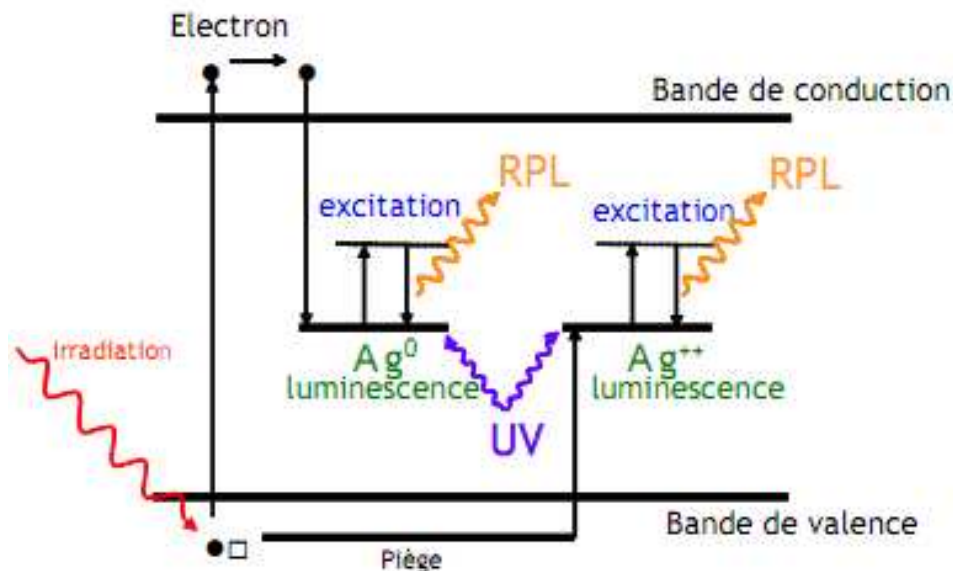


Gammes de mesures

	Gamme en énergie	Gamme en dose	
Photons X et γ	de 10 keV à 10 MeV ⁽¹⁾	< 0,02 mSv ⁽²⁾	10 Sv
Particules β	de 100 keV à 3 MeV ⁽¹⁾	< 0,02 mSv ⁽²⁾	10 Sv

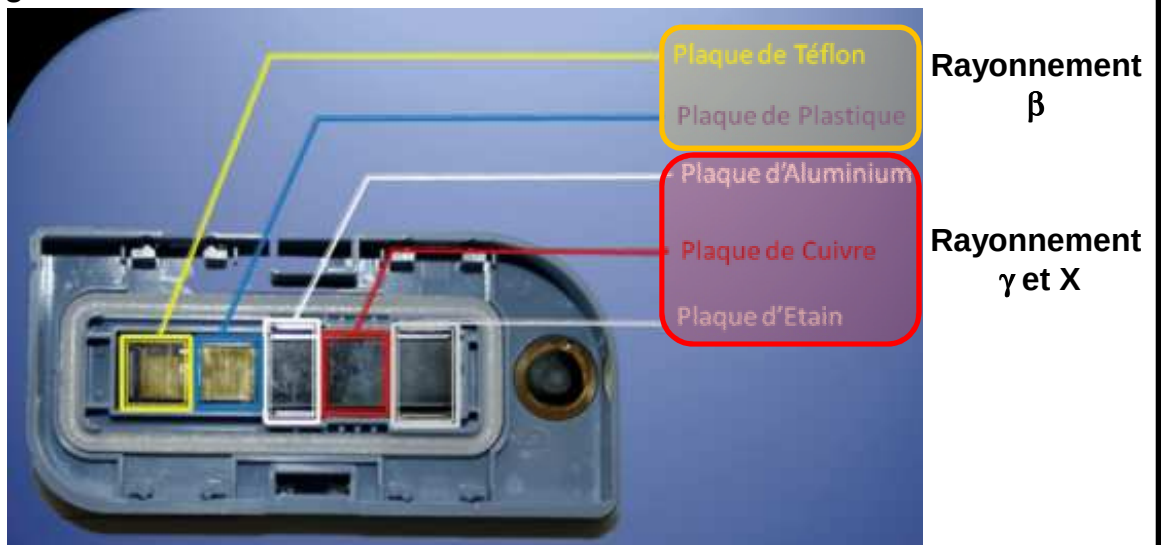
Principe de fonctionnement

- ❑ Suite à l'exposition à un rayonnement ionisant, des électrons sont piégés sur une plaque de verre dopée à l'argent
- ❑ Une exposition UV va provoquer un spectre lumineux (luminescence) RPL, qui va être amplifié et analysé afin d'en déduire la dose reçue



Composition d'un dosimètre

- ❑ Différents filtres permettent de classer les rayonnements en fonction de leur nature et de leur énergie



Limites d'utilisation

- ❑ Ne détermine pas la dose d'une exposition à un rayonnement α
- ❑ Pas de lecture immédiate de la dose reçue par le porteur
- ❑ Risque de faux positifs (dose intégrée hors exposition) lors de la lecture du film



Pompiers

Risques-Techno.fr

DMC 2000 S ET XB

Version du 06 février 2012

Domaine d'application

- ☐ Dosimètre électronique permettant d'afficher la dose et le débit de dose en lecture directe.

Description



CELLULE X et γ (DMC 2000 S)
CELLULE X, γ et β (DMC 2000 XB)

ECRAN LECTURE DIRECTE



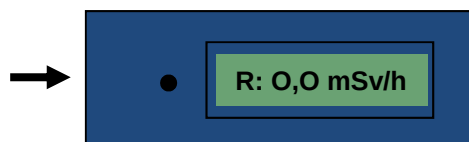
L'APPAREIL EST ETEINT LORSQU'IL AFFICHE :
PAUSE

Mise en marche :

1. Appuyer sur le **bouton noir** puis relâcher.
2. L'écran affiche « **change** » puis :



3. Appuyer sur le bouton
4. L'écran affiche « **in** »



5. L'appareil fonctionne

Éteindre :

1. Appuyer 10 secondes
2. Passer l'affichage « **change** » jusqu'à lire :



3. Relâcher à cet instant
4. L'appareil est éteint

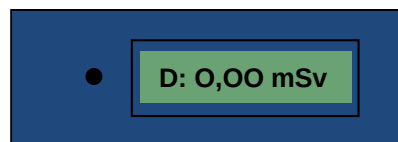
CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

- ☐ **Détecteur** : Diode silicium compensée en énergie
- ☐ **Dose** : 1 μ Sv à 10 Sv
- ☐ **Affichage** : 0,001mSv/h à 10 Sv/h
- ☐ **Gamme d'énergie** : 50 KeV à 6 MeV
- ☐ **Autonomie** : 1 an pour 8h/jour
- ☐ **Poids** : < 56 g
- ☐ **Humidité** : < 90% à 42°C
- ☐ **Utilisation** : -10°C à 50°C
- ☐ **Résistance** : aux chocs et vibrations

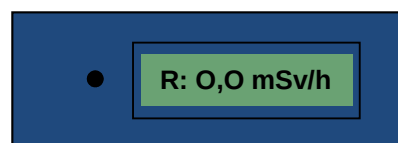
INTERPRETATION

Deux fonctions :

- ☐ La dose exprimée en Sv

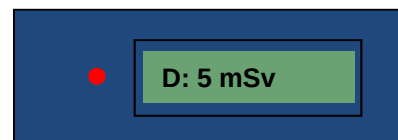


- ☐ Le débit de dose exprimé en Sv/h

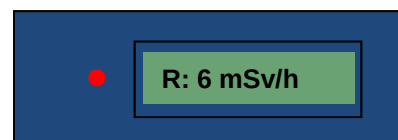


Alarmes

- ☐ Pré-alarme dose : 3 mSv **Acquittable**
- ☐ Alarme dose : 5 mSv **Non acquittable**



- ☐ Pré-alarme débit de dose : 2,5 mSv/h **Acquittable**
- ☐ Alarme débit de dose : 6 mSv/h **Non acquittable**



Limites d'utilisation

- ☐ Cellule γ uniquement (DMC 2000 S)
- ☐ Cellule β fragile (DMC 2000 XB)
- ☐ Nécessité de le protéger en l'emballant
- ☐ Difficultés de lecture avec tenue et dans l'obscurité



Pompiers

Risques-Techno.fr

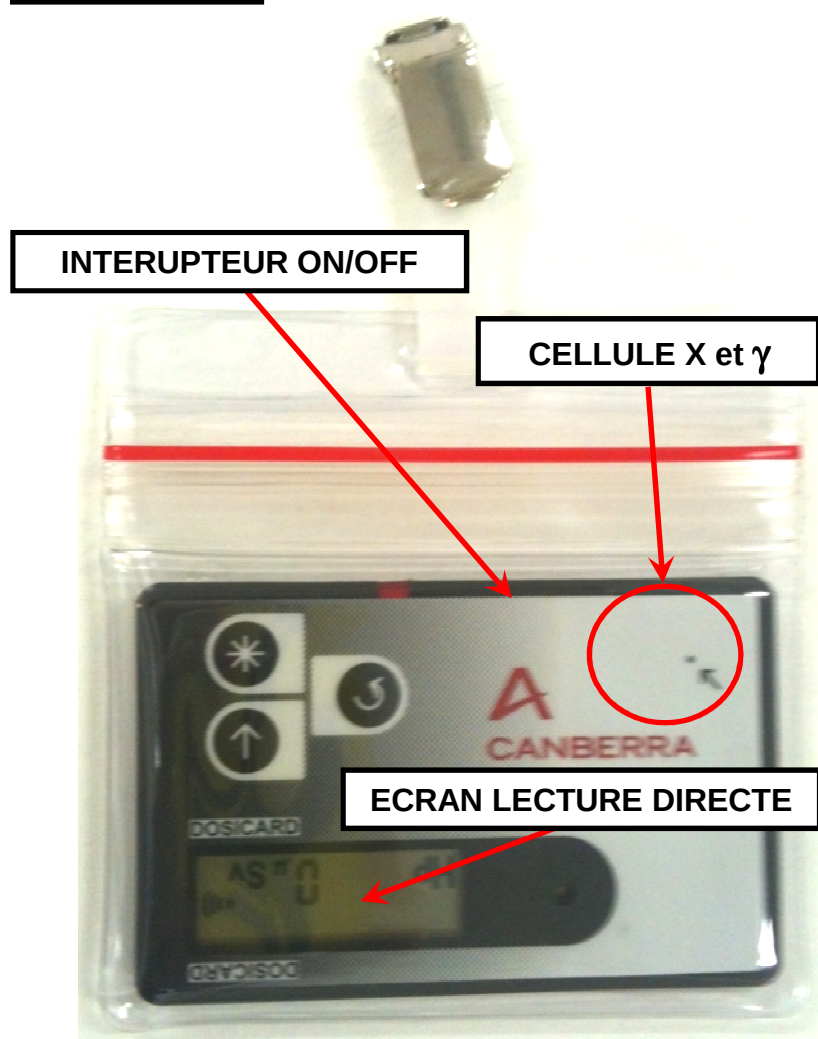
DOSICARD

Version du 17 mars 2012

Domaine d'application

- ☐ Dosimètre électronique permettant d'afficher la dose et le débit de dose en lecture directe.

Description



Mise en marche :

1. Interrupteur sur le dessus du dosimètre
2. L'appareil fonctionne

Éteindre :

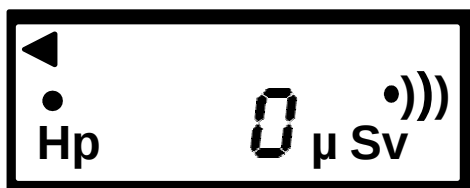
1. Interrupteur sur le dessus du dosimètre
2. L'appareil est éteint.

Précaution :

Toujours utiliser le dosimètre dans sa pochette de protection



Dose cumulée



**Débit de Dose
instantané**



**Dose courante
entre 1 et 99 min**

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

- ☐ **Détecteur** : Diode silicium compensée en énergie
- ☐ **Dose** : $1\mu\text{Sv}$ à 10 Sv
- ☐ **Débit de dose** : $1\mu\text{Sv/h}$ à 1 Sv/h
- ☐ **Affichage** : $1\mu\text{Sv/h}$ à 1 Sv/h
- ☐ **Affichage** : $1\mu\text{Sv}$ à 10 Sv
- ☐ **Gamme d'énergie** : de 50 KeV à 2 MeV
- ☐ **Autonomie** : 1 an pour 8h/jour
- ☐ **Poids** : < 65 g
- ☐ **Humidité** : < 80%
- ☐ **Utilisation** : -10°C à 60°C
- ☐ **Résistance** : aux chocs et vibrations
- ☐ **Buzzer** : 70 dB



Alarmes

- ☐ **Dose courante** : **5 mSv** ; Clignotement LED + 2 bips courts pendant 30 s.

Auto acquittement après 30 s

- ☐ **Débit de dose** : **6 mSv** ; Clignotement LED + 4 bips courts par seconde.

Non acquittable, mais qui s'arrête lorsque le débit de dose passe en dessous du seuil



Limites d'utilisation

- ☐ Cellule γ uniquement
- ☐ Nécessité d'être face au flux et de le protéger en l'emballant
- ☐ Difficultés de lecture, surtout en tenue 3 couches et dans l'obscurité



Pompiers

Risques-Techno.fr

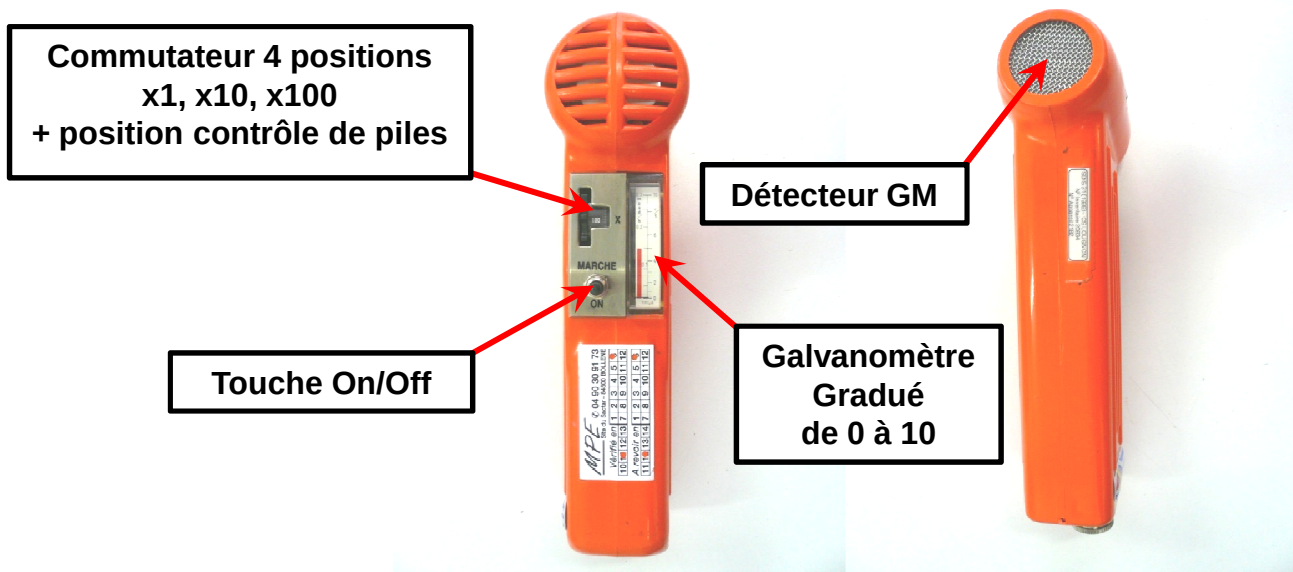
MCB1 & CB1C

Version du 17 mars 2012

Domaine d'application

- ☐ LE MCB1 est un appareil destiné à la protection et à la mesure de toutes les **contaminations dues à des rayonnements α , β , γ et X**
- ☐ De par son faible encombrement, il se prête facilement aux différentes configurations de contrôle et permet ainsi une localisation simple et précise de la contamination ou des fuites éventuelles.

Description



Mise en marche

1. Positionner le commutateur sur la position TEST
2. Appuyez sur la touche ON/OFF l'aiguille doit être hors de la zone rouge
3. Positionner le commutateur sur l'une des trois gammes de mesure
4. Maintenir appuyer le bouton poussoir pour effectuer la mesure.

Limites d'utilisation

- ☐ β d'énergie minimale 30 KeV
- ☐ Température de mesure comprise entre – 10 C et 45 C



Pompiers

Risques-Techno.fr

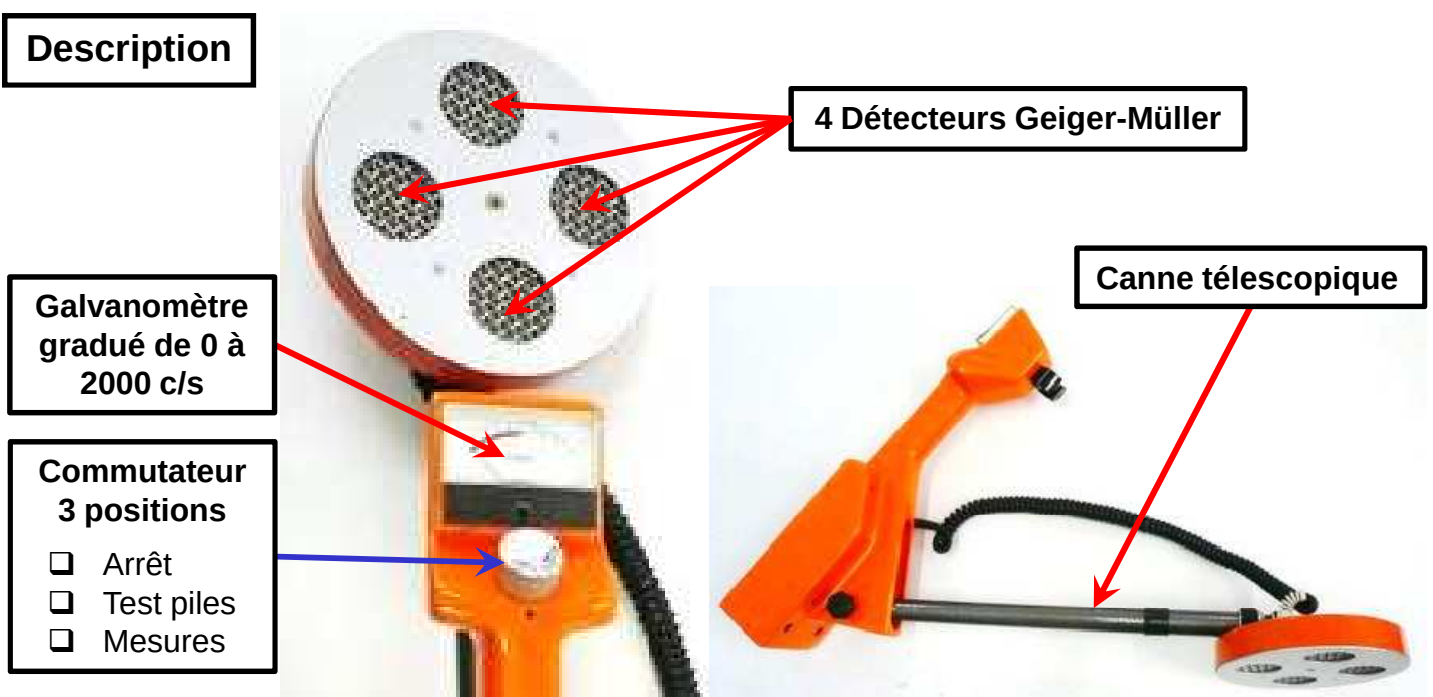
DS 501

Version du 17 mars 2012

Domaine d'application

- ☐ LE DS 501 est un appareil destiné à la protection et à la mesure de toutes les **contaminations dues à des rayonnements α , β , γ et X**
- ☐ De par sa canne télescopique de 1,20 m, il se prête facilement au contrôle de la **contamination surfacique** au niveau des sols.

Description



Mise en marche

1. Positionner le commutateur sur **TEST** : l'aiguille doit se trouver en dehors de la **zone rouge**
2. Positionner le commutateur sur **MESURES** : les indications lues sont en imp/s et une alarme sonne avec une fréquence proportionnelle aux taux de contamination
3. Lorsque la mission est terminée mettre le commutateur sur **ARRET**

Limites d'utilisation

- ☐ **β d'énergie minimale 30 KeV**
- ☐ Température de mesure comprise entre -10°C et 45°C
- ☐ Masse 2,5 kg



Pompiers

Risques-Techno.fr

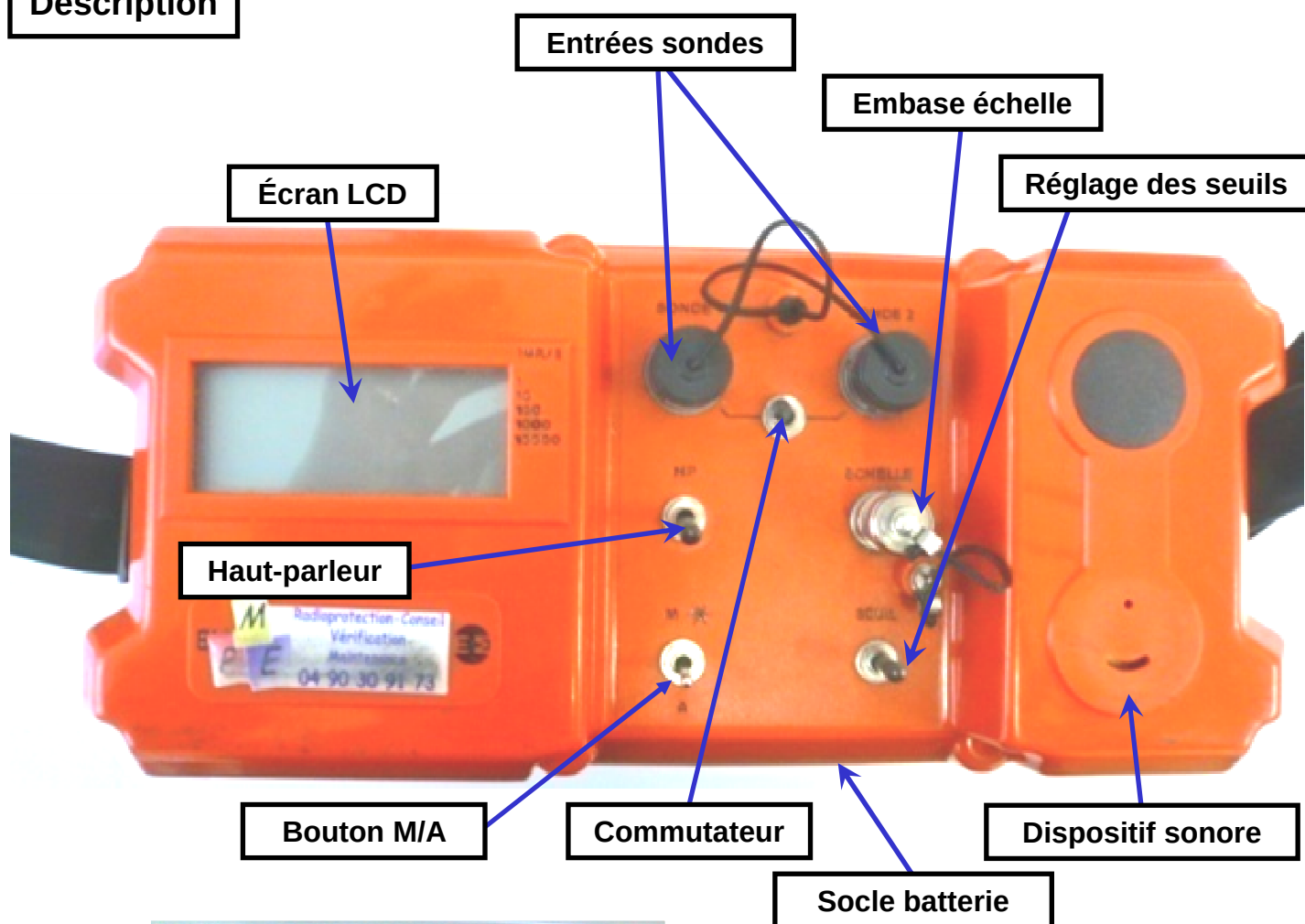
CAB - POLYRADIAMÈTRE

Version du 06 février 2012

Domaine d'application

- ☐ Polyradiamètre portatif destiné à mesurer des rayonnements α , β , X et γ **au moyen de sondes multiples**

Description



Les sondes du MIP10 peuvent être raccordées via un adaptateur présent dans la valise sondes

Sondes



Sonde α

Scintillation

- ☐ $E_{\gamma \text{ mini}} = 1 \text{ MeV}$



Sonde X

Scintillation

- ☐ $E_{\gamma \text{ mini}} = 5 \text{ KeV}$



Sonde β mou

Geiger Muller

- ☐ $E_{\text{mini } \alpha} = 2,5 \text{ MeV}$
- ☐ $E_{\text{mini } \beta} = 30 \text{ KeV}$
- ☐ $E_{\text{mini } \gamma} = 5 \text{ KeV}$



Sonde $\beta - \gamma$

Scintillation

- ☐ Avec capot : $E_{\text{mini}} = 2 \text{ MeV}$
- ☐ Sans capot : $E_{\text{mini } \beta} = 25 \text{ KeV}$
 $E_{\text{mini } \gamma} = 10 \text{ KeV}$



Sonde γ

Scintillation

- ☐ $E_{\text{mini}} = 30 \text{ KeV}$

Limites d'utilisation

- ☐ Nécessité de changer de sondes en fonction de l'émetteur
- ☐ Sondes très fragiles : non immergeables
- ☐ Appareils + sondes encombrants



Pompiers

Risques-Techno.fr

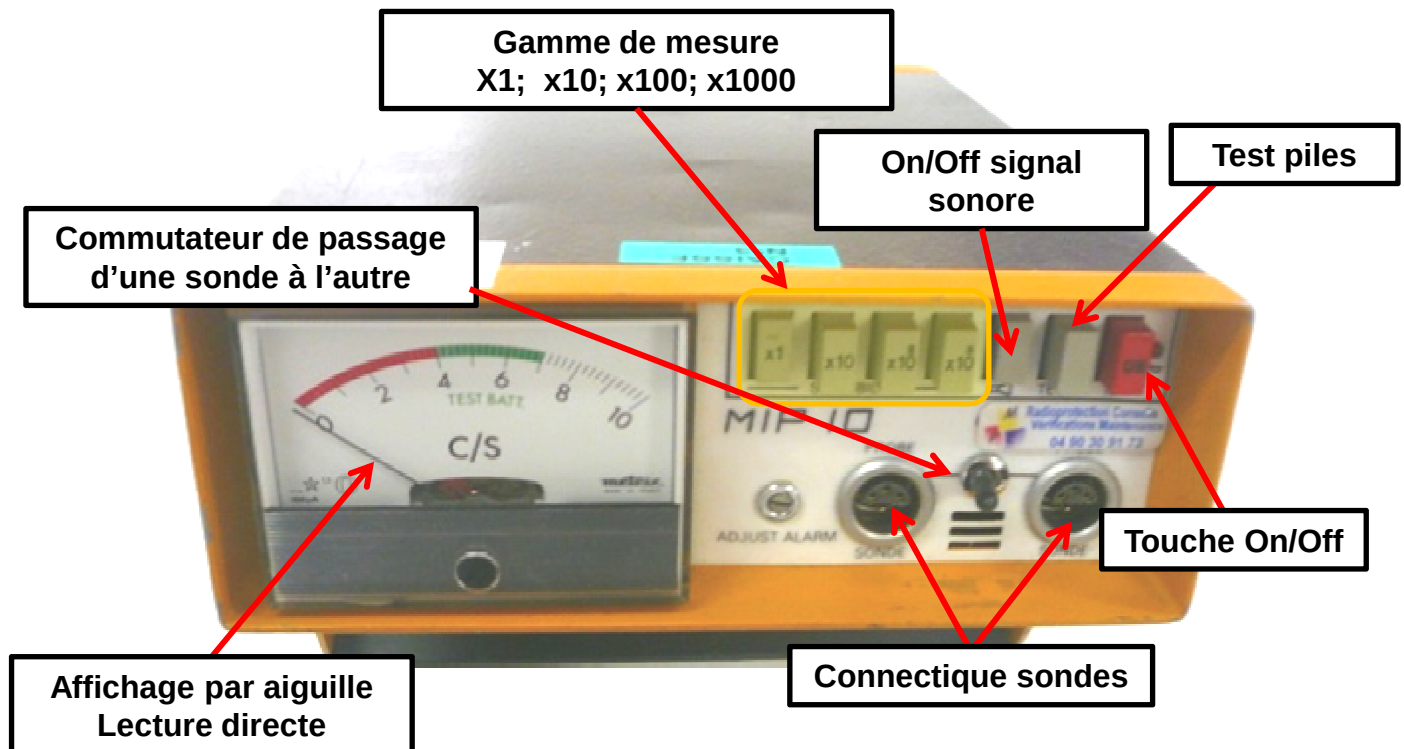
MIP 10

Version du 06 février 2012

Domaine d'application

- ☐ MIP 10 permet d'effectuer des mesures variées de contamination de surface mais également d'irradiation grâce à **une gamme de sondes spécialisées adaptables (α , β , γ , X)**.
- ☐ Possibilité de connecter deux sondes en simultané.

Description



Mise en marche

1. Appuyez sur la touche **ON/OFF**
2. Choisir la gamme de mesure la plus grande et réduire si besoin.

Limites d'utilisation

- ☐ **Gamme de mesure en coups par seconde de 0,2 à 10 000**
- ☐ Température de mesure comprise entre – 10 C et 50 C



Pompiers

Risques-Techno.fr

SPP2

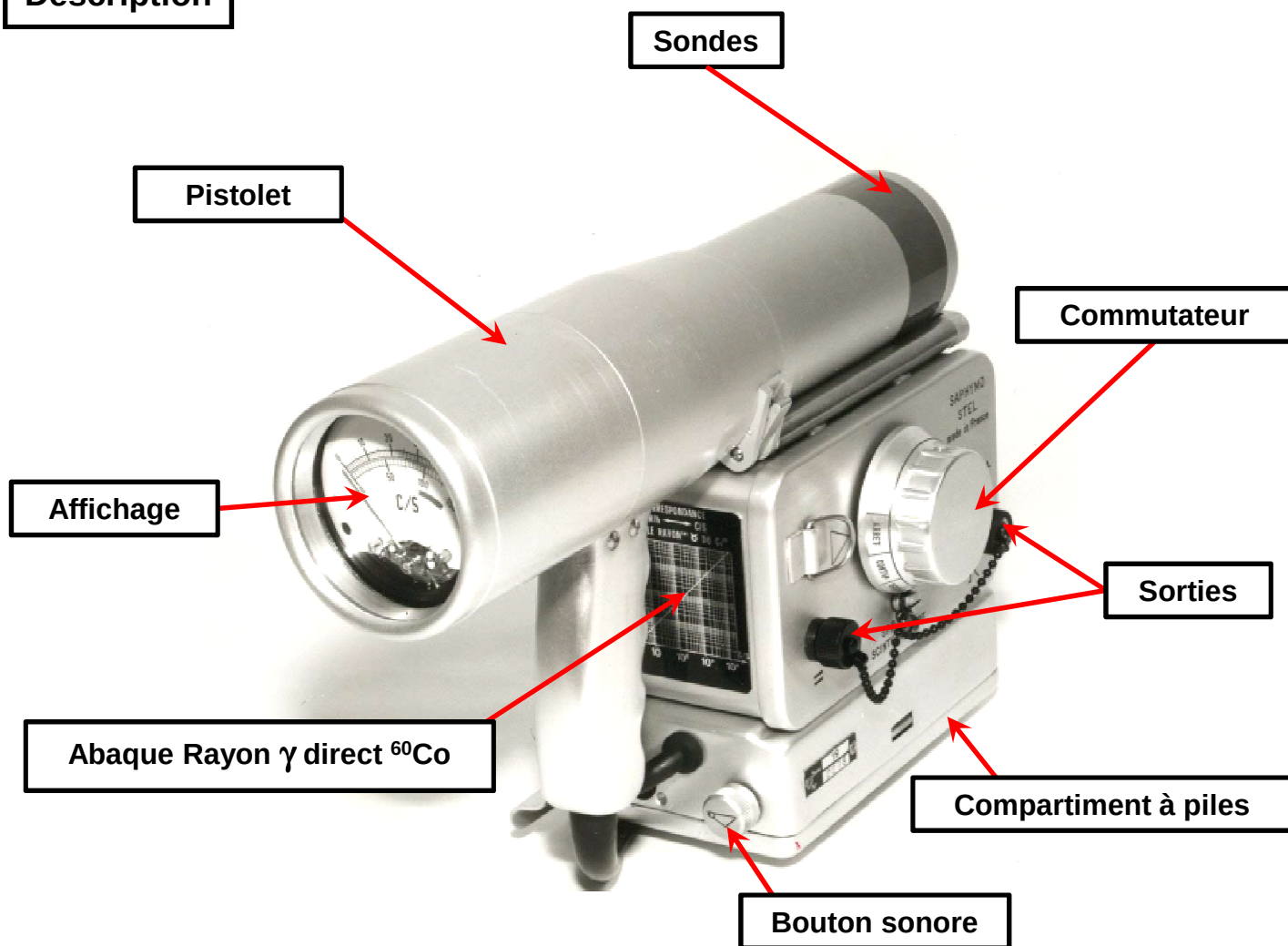
SCINTILLOMÈTRE PORTATIF DE PROSPECTION

Version du 17 mars 2012

Domaine d'application

- ☐ Détection et mesure des rayonnements γ

Description

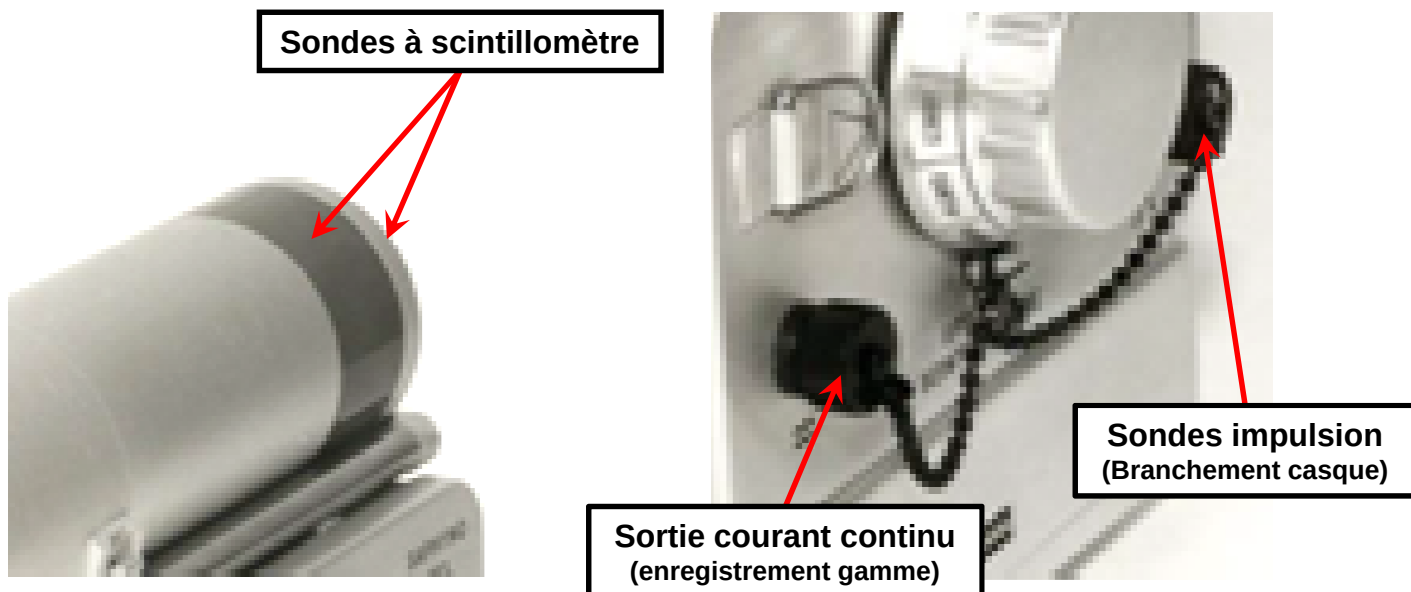


Mise en marche :

1. Tourner le commutateur sur **CONTRÔLE**
2. Puis choisir le mode et l'échelle.

Éteindre :

- ☐ Tourner lentement le commutateur en sens inverse jusqu'à **ARRET**



CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

- ☐ **Affichage** : 0 à 15000 cp/s
- ☐ **Gamme d'énergie** : 30 KeV mini
- ☐ **Autonomie** : 80 heures
- ☐ **Poids** : 3,60 Kg
- ☐ **Humidité** : < 90% à 42°C
- ☐ **Utilisation** : -20°C à 60°C

ECHELLES

Mode **L**ent :

- ☐ 0 à 150 cp/s

Mode **R**apide :

- ☐ 0 à 150 cp/s
- ☐ 0 à 500 cp/s
- ☐ 0 à 5000 cp/s
- ☐ 5 à 15000 cp/s

Limites d'utilisation

- ☐ Appareil encombrant et lourd
- ☐ Difficultés de lecture
- ☐ Changement d'échelle manuel



Pompiers

Risques-Techno.fr

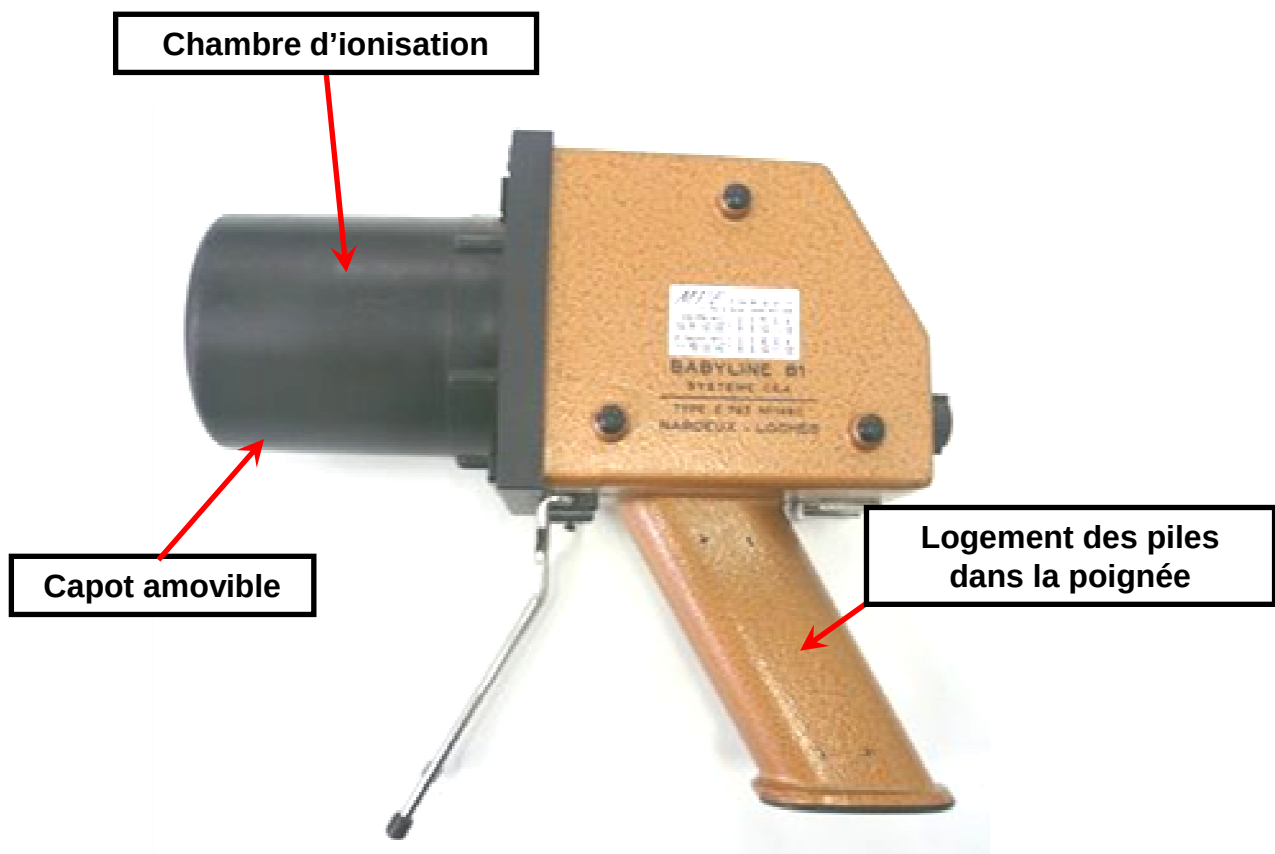
BABYLINE

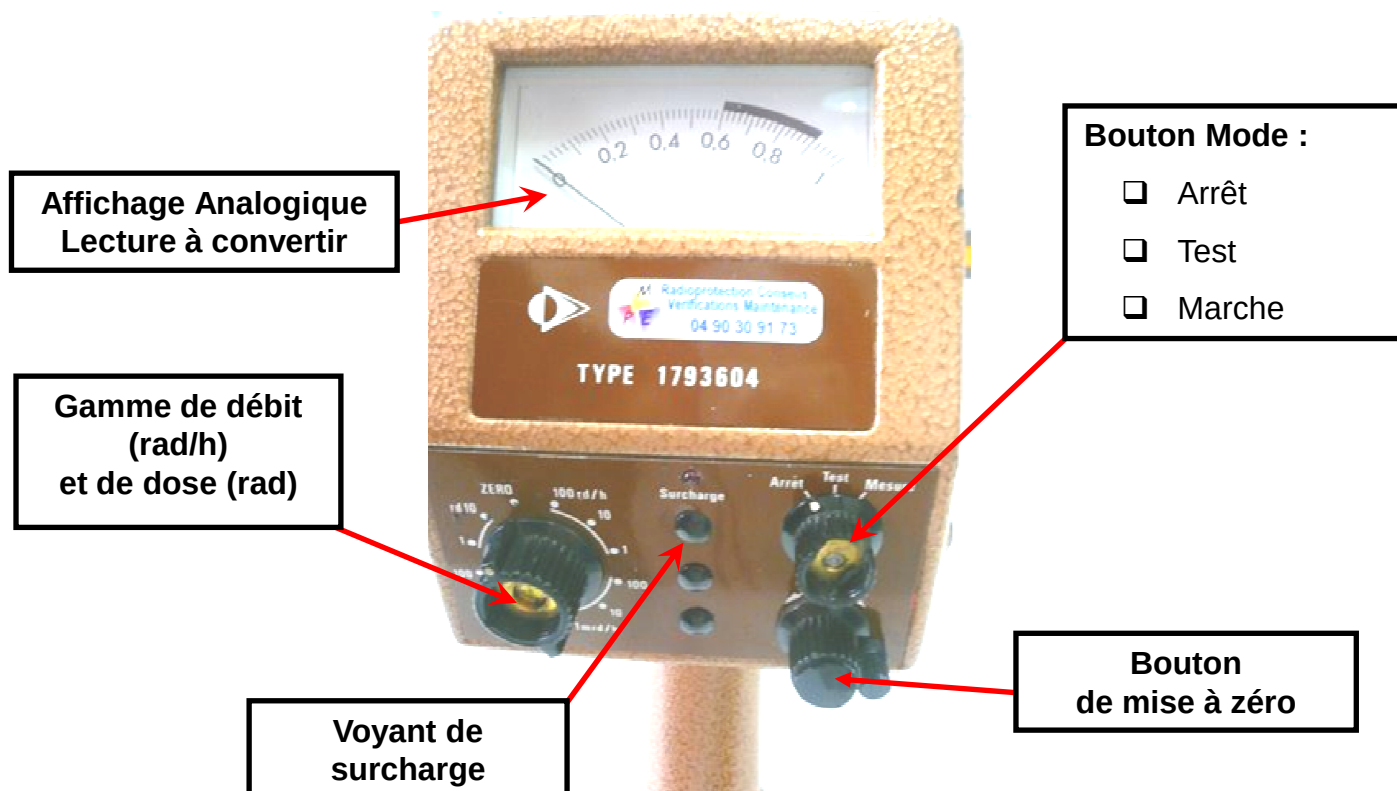
Version du 06 février 2012

Domaine d'application

- ☐ Débitmètre / dosimètre à réponse linéaire
- ☐ Détection de **rayonnement γ et X** pour des énergies comprises entre 8 KeV et 10 MeV
- ☐ Détection de **rayonnement β** (sans capot)
- ☐ Évaluation irradiation au niveau de la couche basale de l'épiderme (avec le capot)
- ☐ Évaluation irradiation tissus mous (sans le capot)
- ☐ 1mRad/h = 10 μ Sv/h

Description





Mise en marche

1. Mettre en marche à l'aide du bouton **Mode**
2. Vérifier l'état des piles en se positionnant sur « test » (aiguille dans la plage noire)
3. Vérifier le zéro en position « zéro » (le régler si besoin avec le bouton « zéro »)
4. Sélectionner la gamme de mesure en allant de la plus haute à la plus basse (**descendre lentement les plages de mesures**)
5. **Lecture** : Affichage aiguille x Gamme

Arrêt du détecteur

1. Mettre le bouton Mode sur « **Arrêt** ».

Limites d'utilisation

- ☐ Calibrée pour les rayonnements γ et X mais **pas pour les β ni les α**
- ☐ Par temps froid, prendre en considération un temps d'allumage et de chauffe de la chambre d'ionisation plus long
- ☐ Gamme de mesure en débit de dose de 0,1mRad/h à 100 Rad/h
- ☐ Température de mesure comprise entre -10°C et 50°C



Pompiers

Risques-Techno.fr

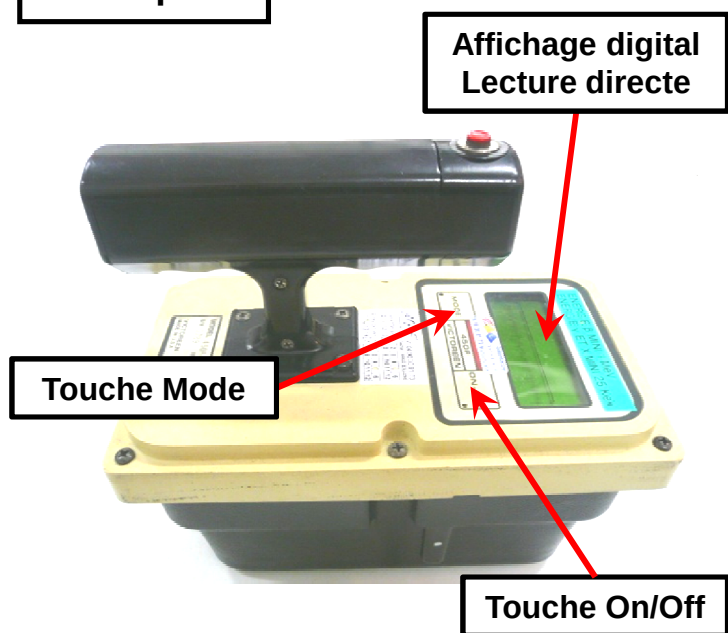
VICTOREEN

Version du 17 mars 2012

Domaine d'application

- ☐ Mesure d'un débit de dose ou d'une dose
- ☐ Détection du rayonnement γ et X pour des énergies comprises entre 25 KeV et 2MeV
- ☐ Détection du rayonnement β^- pour des énergies supérieures à 1 MeV
- ☐ Détection du rayonnement α pour des énergies supérieures à 4 MeV.

Description

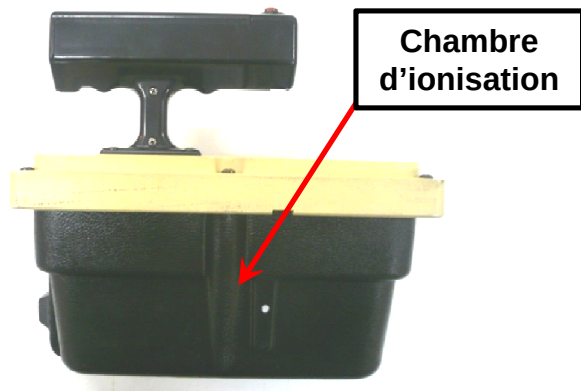


Mise en marche

1. Appuyez sur la touche **ON/OFF**
2. Une initialisation se met alors en place
3. Le détecteur est prêt pour la mesure généralement **en 1 min**

Arrêt du détecteur

- ☐ Appuyez sur la touche **ON/OFF**

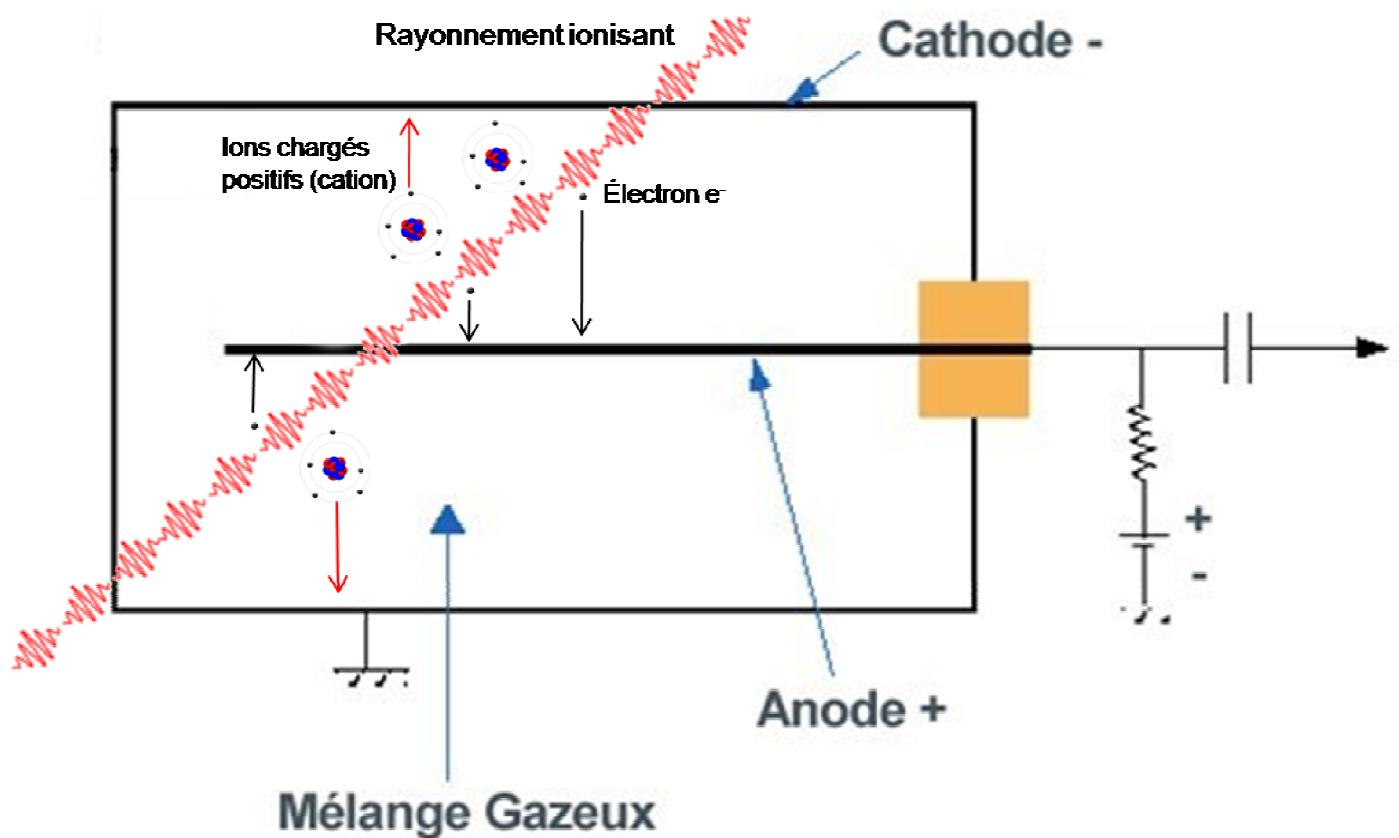


Mesure de la dose

1. Appuyer sur la touche **MODE**
2. Une mesure ne pourra être effective **qu'après 30s** de mise en marche de l'appareil
3. La mesure de débit de dose maximale pouvant être prise est de **1Sv**

Fonctionnement

- ☐ Chambre d'ionisation pressurisée ;
- ☐ Dans la chambre, **le rayonnement ionise les atomes du gaz**
- ☐ **L'application d'une différence de potentiel** entre l'anode et la cathode permet de collecter les ions
- ☐ Il y a apparition d'un micro courant quantifiable
- ☐ Le nombre d'ions collectés est égal au nombre d'ions formés lors de l'irradiation, ce qui permet de mesurer la quantité d'électricité transportée par ces ions.



Limites d'utilisation

- ☐ Calibrée pour les rayonnements γ et X mais **pas pour les β ni les α** .
- ☐ Gamme de mesure en débit de dose de 0 à 50 mSv/h
- ☐ Par temps froid, prendre en considération un temps d'allumage et de chauffe de la chambre d'ionisation plus long
- ☐ Température de mesure comprise entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $50\text{ }^{\circ}\text{C}$



Pompiers

Risques-Techno.fr

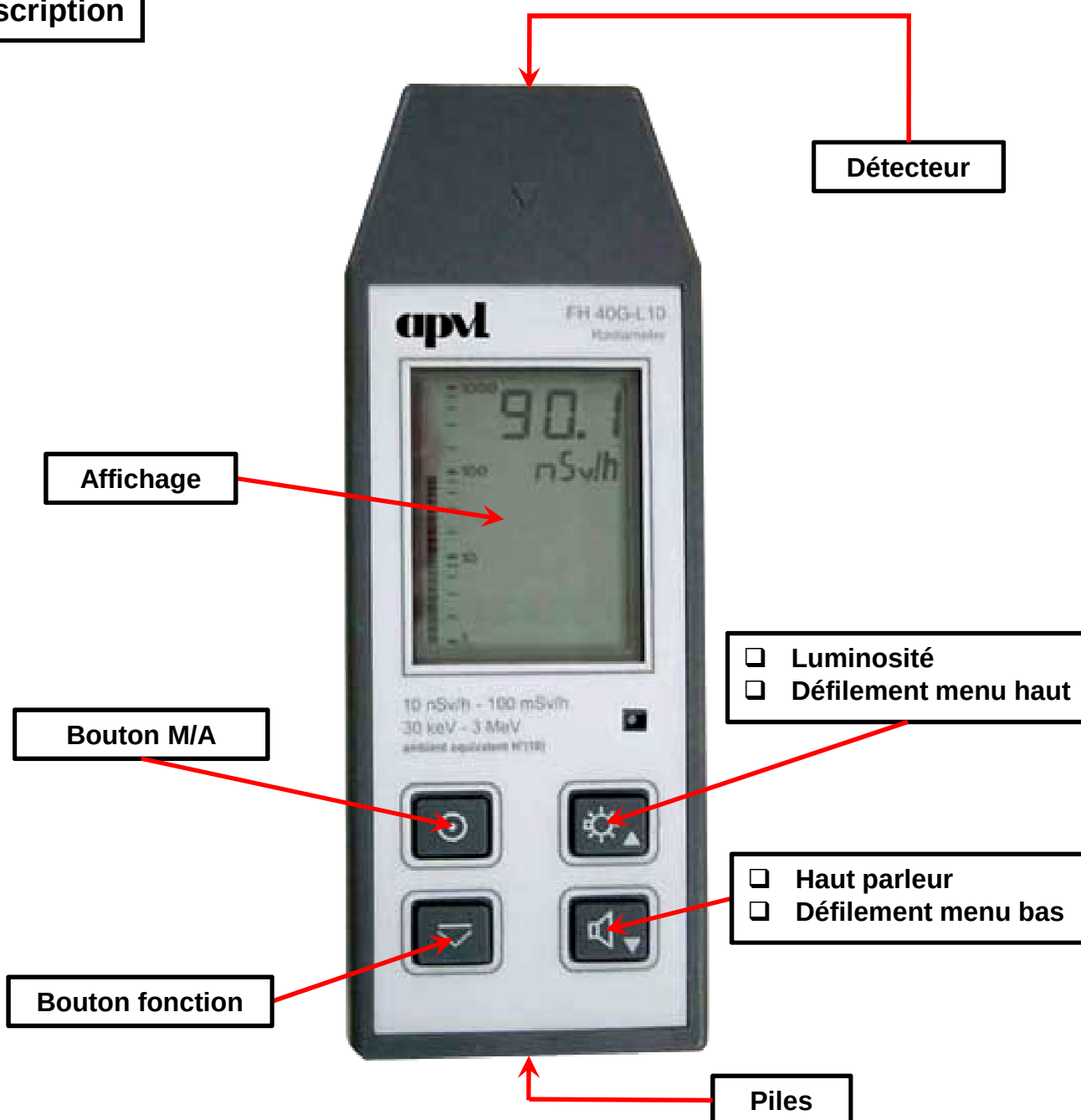
FH 40

Version du 17 mars 2012

Domaine d'application

- ☐ .Débitmètre d'équivalent de dose pour les rayonnements X et γ
- ☐ Gamme de mesure: 10 nSv/h à 100 mSv/h

Description



Mise en marche :

- ☐ Appuyer sur le bouton
- ☐ Pour remettre les valeurs à 0, il faut enlever les piles



Éteindre :

- ☐ Appuyer 5 secondes sur le bouton



SIGNIFICATION DES FONCTIONS D'AFFICHAGE

- ☐ **ALARM** : Seuil d'alarme du débit de dose
- ☐ **MAX** : Valeur maximum du débit de dose depuis la mise en marche / remise à zéro
- ☐ **DOSE** : Dose γ du détecteur interne (depuis la dernière remise à zéro de la dose)
- ☐ **MEAN** : Moyenne du débit de dose depuis la dernière mise en marche / remise à zéro
- ☐ **MEM** : Mémoire des données

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- ☐ **Détecteur** : Compteur proportionneur
- ☐ **Gamme d'énergie** : 60 KeV à 3 MeV
- ☐ **Particularité** :
 - Fonctionne également sur perche 4 mètres
 - Mémoire de données

Alarmes

- ☐ **Débit de dose** : 1 mSv/h **Non acquittable**
- ☐ **Alarme dose** : 250 μ Sv **Non acquittable**

Limites d'utilisation

- ☐ Limité à 100 mSv/h
- ☐ Démarre à 60 KeV
- ☐ En anglais



Pompiers

Risques-Techno.fr

ULTRARADIAC

Version du 17 mars 2012

Domaine d'application

- ☐ Mesure d'un débit de dose ou d'une dose
- ☐ Détecteur : Geiger Müller compensé en énergie
- ☐ Détection du rayonnement γ et X pour des énergies comprises en 58 kev et 1,25 Mev
- ☐ Gamme de mesure en débit : 1 μ Sv/h à 5 Sv/h
- ☐ Gamme de mesure en dose cumulée : 1 nSv à 999 Sv

Description

Détecteur Geiger Müller

Voyant alarme
Débit de dose

Voyant alarme
dose cumulée

Mesure
Débit de dose

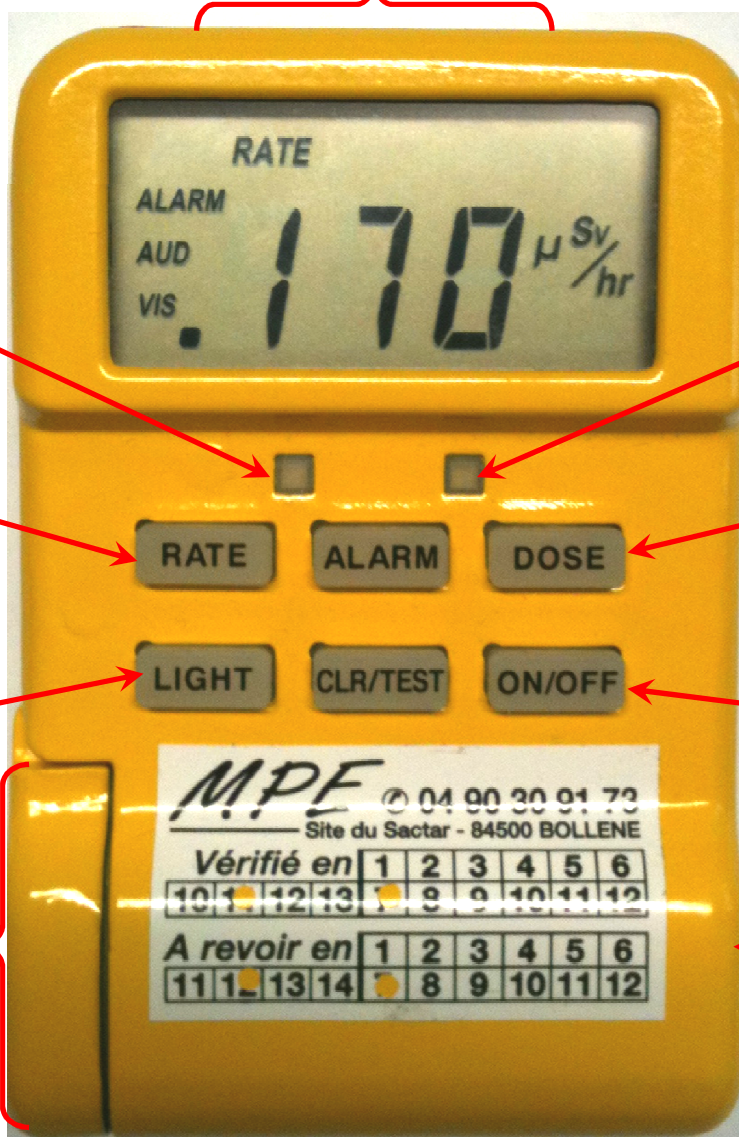
Mesure
Dose cumulée

Eclairage
afficheur

Bouton
Marche / Arrêt

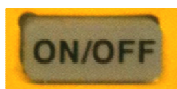
Compartiment
des piles

Buzzer



Mise en marche

- ☐ Appuyer sur le bouton



Arrêt du détecteur

- ☐ Appuyez sur le bouton



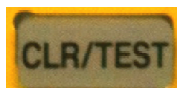
Jusqu'à l'affichage



Puis relâcher

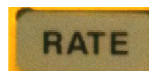
Test des alarmes

- ☐ Appuyer sur le bouton



attendre 3s, relâcher, attendre 2s puis appuyer sur

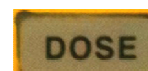
En fonction de l'alarme testée ⇒



ou



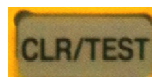
ou



Seuils des alarmes

	Seuil bas	Seuil haut
Débit de dose	1 mSv/h	100 mSv/h
Dose cumulée	1 mSv	100 mSv

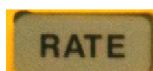
- ☐ Acquiescement des alarmes par le bouton



Mode localisation de sources (variation de fréquence du buzzer)

Activation

- ☐ Appuyer et maintenir

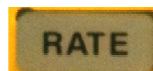


jusqu'à l'affichage d'un "1", puis relâcher



Arrêt localisation

- ☐ Appuyer et maintenir



jusqu'à l'affichage d'un "0", puis relâcher



Spécifications techniques

- ☐ Temps de réponse inférieur à 1 min
- ☐ Précision de la mesure : +/- 15% jusqu'à 3.5 Sv/h, puis +/- 20 % jusqu'à 5 Sv/h
- ☐ Autonomie : 150 h en mesures continues
- ☐ Températures de fonctionnement : -47 C à + 65 C
- ☐ Humidité 0 à 100 %

Limites d'utilisation

- ☐ Calibré pour les rayonnements γ et X, **mais pas pour les β , ni les α**
- ☐ Énergie des photons limité à 1,25 Mev



Pompiers

Risques-Techno.fr

RADIAGEM 2 RADIAGEM 2000

Version du 06 février 2012

Domaine d'application

- ☐ Mesure d'un débit d'équivalent de dose : $\dot{H}$ (10)
- ☐ Détecteur : Geiger Müller compensé en énergie
- ☐ Connexion d'une sonde « β mous » et d'une télésonde

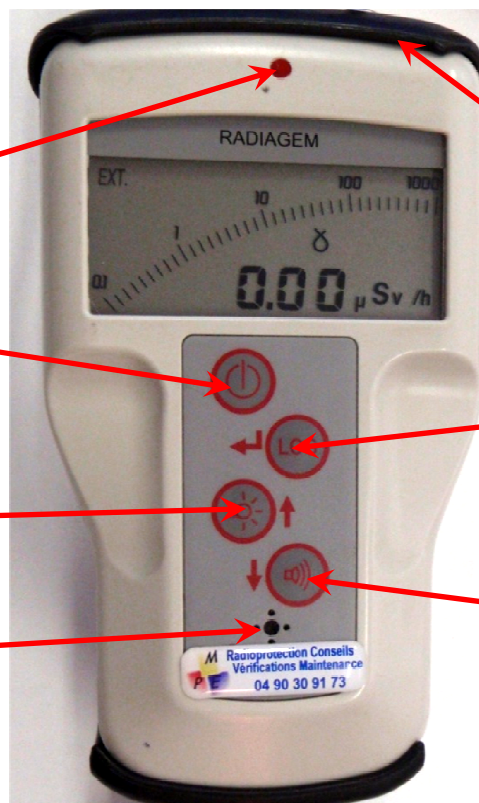
Description

Détecteur Geiger Müller

Bouton
Marche / Arrêt
Appuyer 3 s

Eclairage
afficheur

Buzzer



Connexion sondes :
 β Mous - Télésonde γ

Enregistrement des
mesures

Haut parleur
Marche / Arrêt

Spécifications techniques RADIAGEM 2

- ☐ Détection du rayonnement γ et X pour des énergies comprises en 30 Kev et 2 Mev
- ☐ Gamme de mesure en débit :
0.1 μ Sv/h à 100 mSv/h (précision +/- 15 %)

Spécifications techniques RADIAGEM 2000

- ☐ Détection du rayonnement γ et X pour des énergies comprises en 40 Kev et 1.5 Mev
- ☐ Gamme de mesure en débit :
3 μ Sv/h à 100 mSv/h (précision +/- 15 %)

Spécifications techniques RADIAGEM 2 et 2000

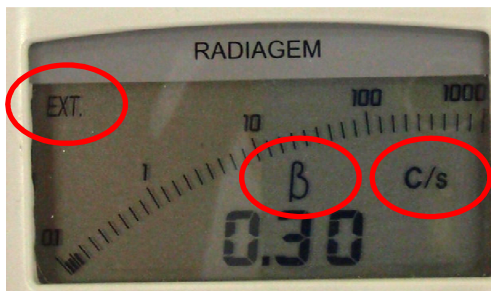
- ☐ Gamme de mesure en C/S : 0.1 C/S à 999 C/S
- ☐ Autonomie : 80 h en mesure continue
- ☐ Températures de fonctionnement : -10 C à + 50 C

ALARMES

- ☐ Débit de dose : 1 mSv/h
 - ☐ Dose : 1 mSv
-  +  Visualisation seuils alarmes

Sonde extérieure β mous : SB29

- ❑ **Reconnaissance automatique** par le RADIAGEM lors de l'emboitement par une émission de 2 bips et l'affichage logos : **EXT - β - C/s**

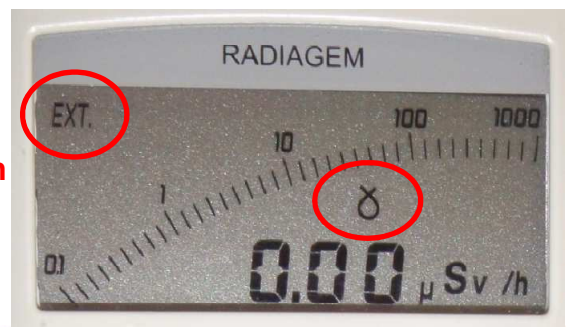


- ❑ **Compteur Geiger Muller + feuille de mica de 2 mg/cm²**
- ❑ **Surface de mesure : 6 cm²**
- ❑ **Bruit de fond de la sonde : 15 à 20 C/s**
- ❑ **Rendements :**
 - > 28 % pour ⁶⁰Co
 - > 22 % pour ³⁶Cl
 - > 25 % pour ⁹⁰Sr + ⁶⁰Y



Sonde extérieure γ forts débits d'équivalent de dose : STHF

- ❑ **Reconnaissance automatique** par le RADIAGEM lors de l'emboitement par émission de 2 bips et l'affichage logos : **EXT - γ**
- ❑ **Détecteur :** Diode Silicium compensée en énergie de 50 KeV à 2 MeV – Précision +/- 30 %
- ❑ **Gamme de mesure en débit : 10 μ Sv/h à 1000 Sv/h**
- ❑ **Dose intégrée maximale par la sonde : 5000 Sv**
- ❑ **Longueur 1.1 m à 4 m – Poids 1.8 Kg**



- ❑ **Attention support de fixation du RADIAGEM sur la sonde FRAGILE, emboiter le détecteur DOUCEMENT**

Limite d'utilisation

- ❑ **Seuil de détection bas de 3 μ Sv/h pour le RADIAGEM 2000 – Pas adapté à la mesure des faibles débits d'équivalent de dose**



Pompiers

Risques-Techno.fr

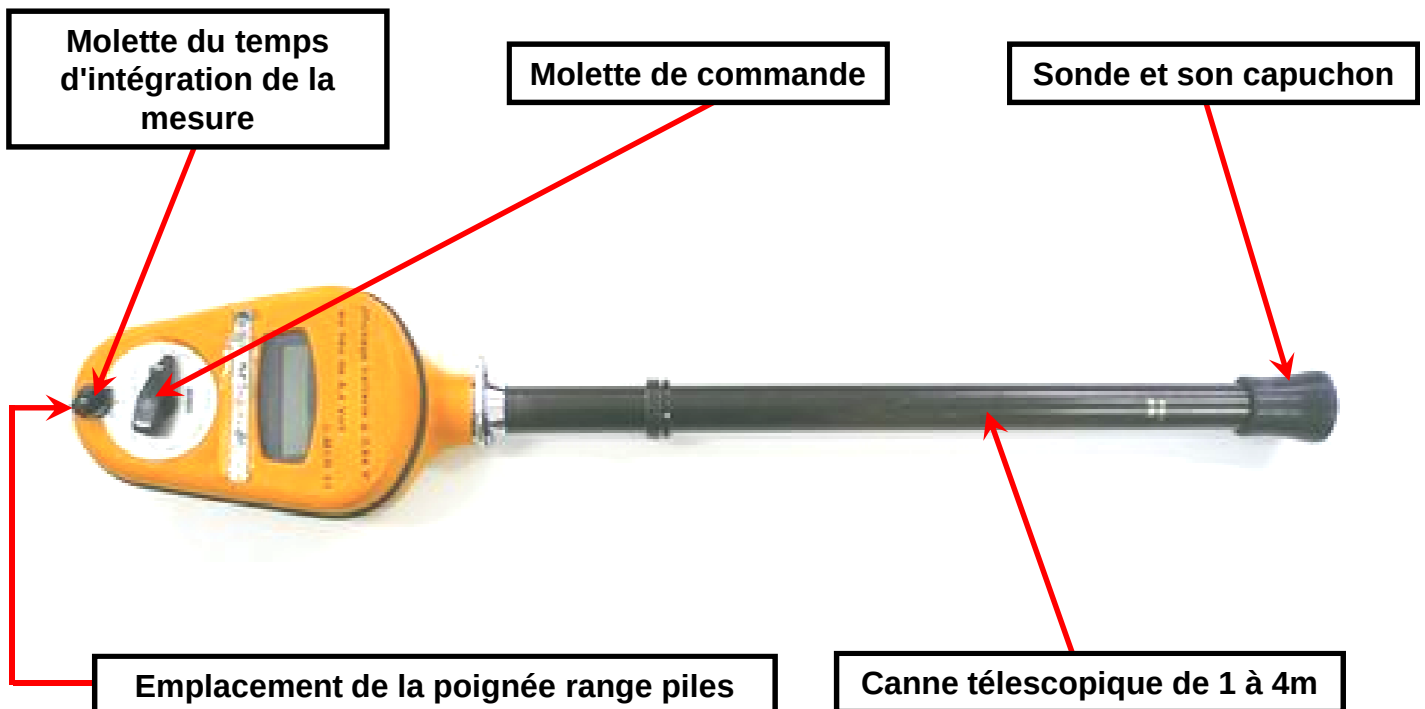
TELETECTOR

Version du 17 mars 2012

Domaine d'application

- ☐ Débitmètre à lecture directe de type Geiger Müller (GM)
- ☐ Mesure d'un débit de dose à distance de 1 m à 4 m de 0,5 μ à 10 Sv/h
- ☐ Détection de rayonnements β , γ et X pour des énergies comprises entre 80 KeV et 2 MeV
- ☐ Mesure des rayonnements β sans le capuchon
- ☐ Unité en μ Sv/h - mSv/h - Sv.

Description





Mise en marche

1. Mettre les piles dans le tube range piles, le visser à la base du boîtier de commande ;
2. Mettre en marche à l'aide de la molette de commande ;
3. Vérifier l'état des piles en se positionnant sur « **B** » ;
4. Sélectionner la gamme de mesure en allant de la plus haute à la plus basse ;
5. **Lecture directe de la mesure**

Arrêt du détecteur

- ☐ Mettre le bouton sur « Aus-Off »

Limites d'utilisation

- ☐ Calibré pour les rayonnement γ et X, **plus sensible pour les β au retrait du capuchon**
- ☐ Température de mesure comprise entre – 10 C et 50 C



Pompiers

Risques-Techno.fr

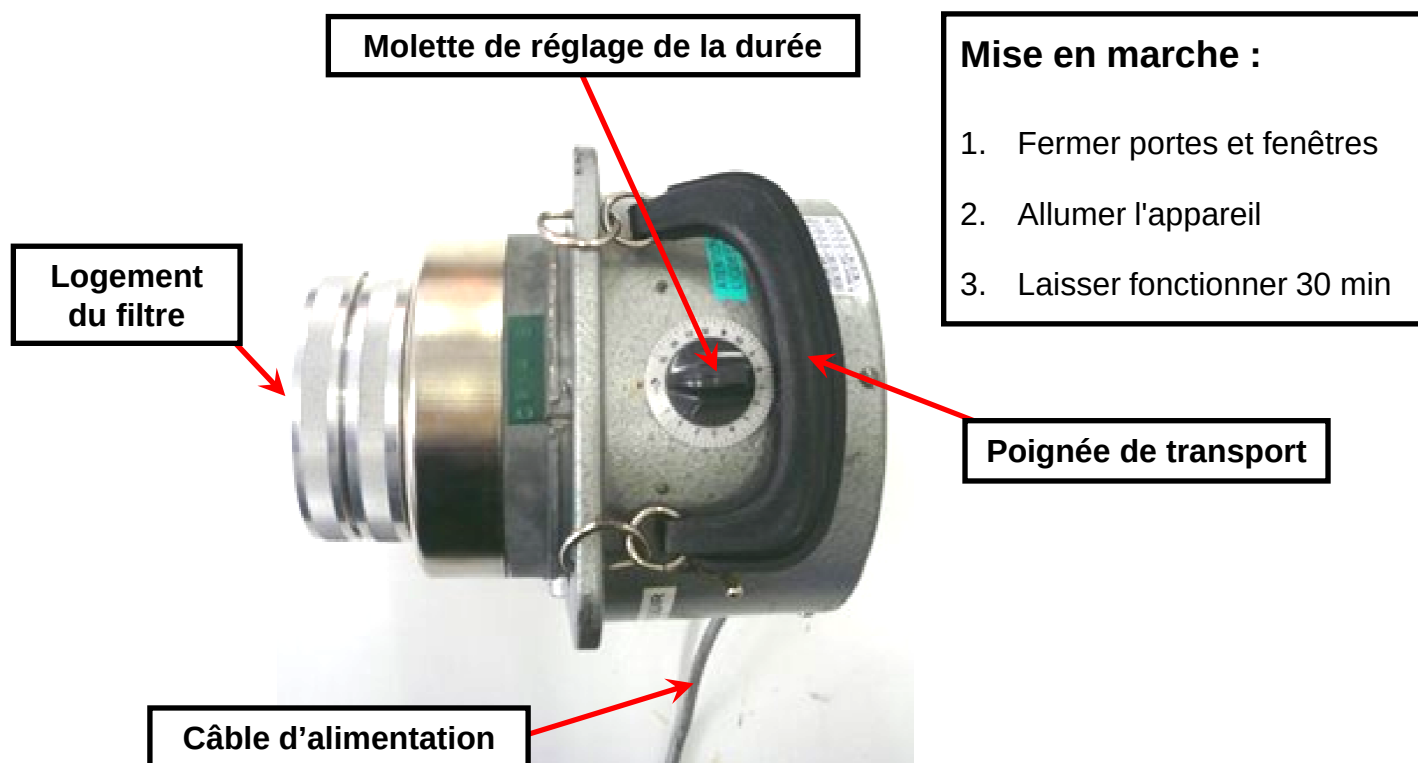
STAPLEX

Version du 06 février 2012

Domaine d'application

- ☐ Détection de la contamination atmosphérique dans un volume clos
- ☐ Aspirateur à débit constant (0 à 2m³ /mn)
- ☐ Utilisation de filtres permettant de filtrer **les particules radioactives**
- ☐ Réglage de la durée d'aspiration à l'aide de la molette de réglage

Description



Limite d'utilisation

- ☐ Ne pas utiliser dans une atmosphère explosive
- ☐ Ne filtre pas l'Iode et le Tritium
- ☐ Prise secteur 220 volts

