Fiche examen illustrée – PCR Niveau 2

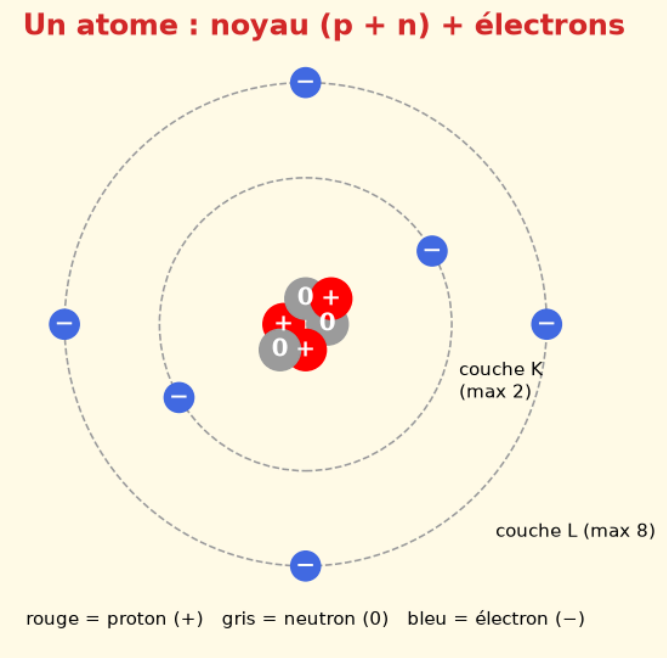
Tous les modules photographiés (modules 02 à 06 photographiés en partie).

Résumé de révision personnel – Youssef AMAADOR – Formation PCR niveau 2.

Les éléments marqués **à vérifier** *sont des compléments ou des calculs personnels non vérifiés dans le manuel.*

L'examen : QCM/QROC, 1 h 30, sans document. Il faut être présent, avoir **≥ 8/20 à chaque épreuve** et une **moyenne > 10/20**.

Module 01 – Théorie (résumé)

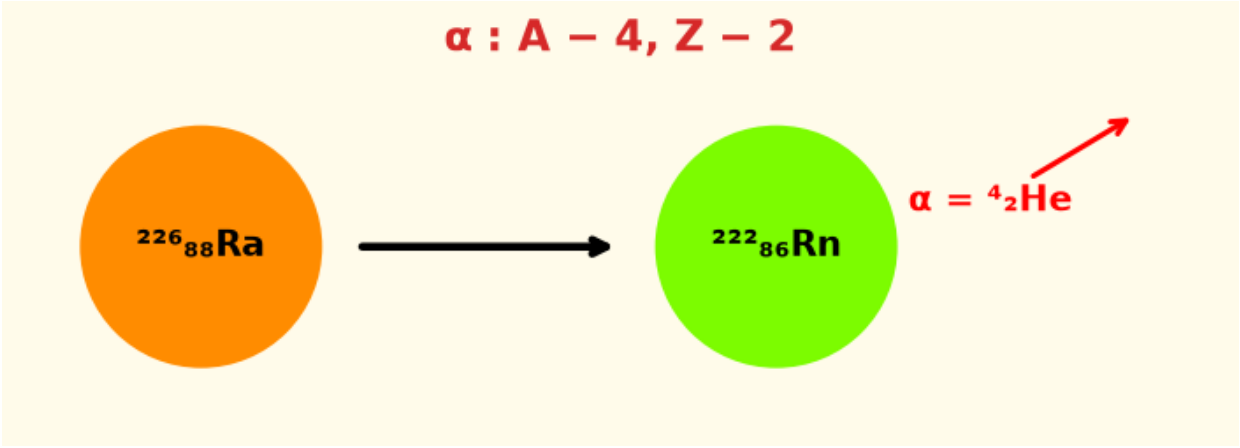


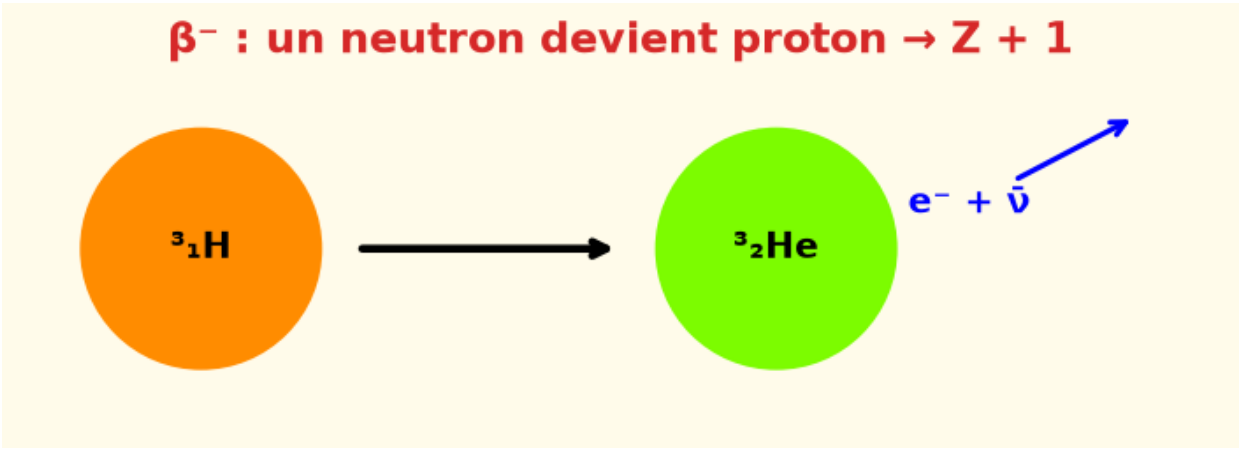
- Protons (+), neutrons (0), électrons (−). **N = A − Z**.
- Isotopes : même Z, A différent.

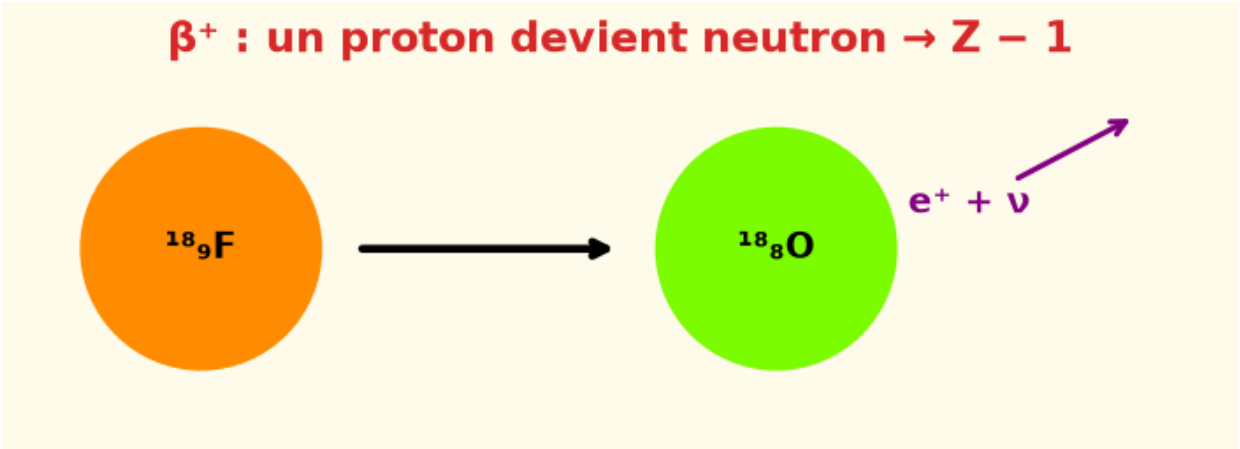
Formule – noyau

$$N = A - Z$$

Exemple : $^{60}_{27}Co$ → N = 60 − 27 = **33**.







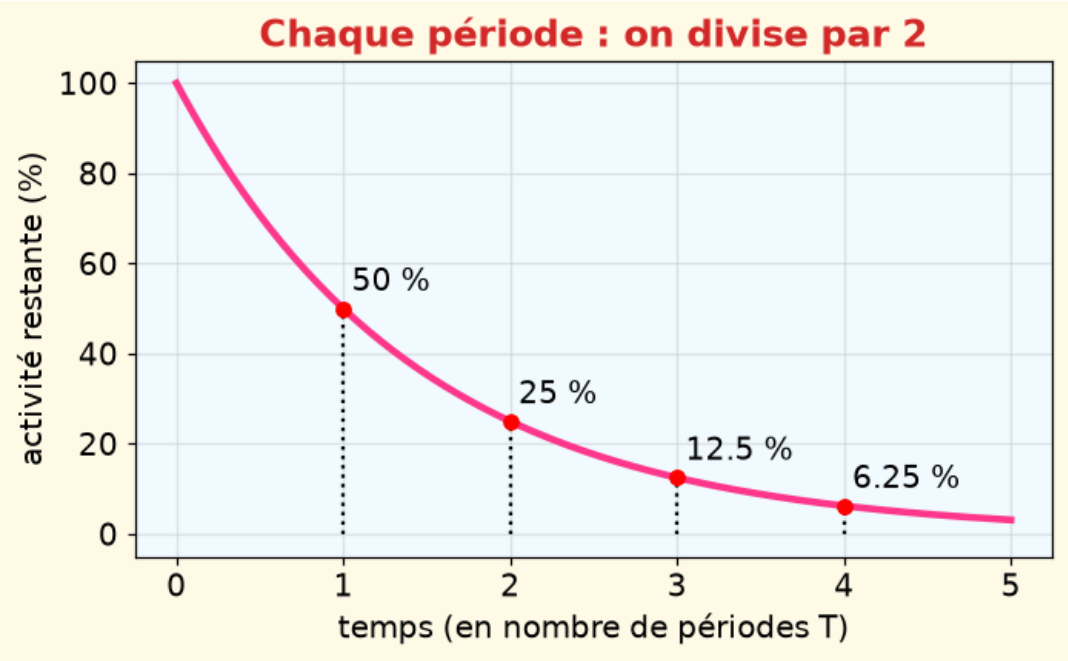
- α : A − 4, Z − 2 • β⁻ : Z + 1 • β⁺ et capture : Z − 1 (capture → X de fluorescence) • γ : rien ne change.
- On conserve Z et A. Ex. : $^{11}_{6}C \rightarrow {}^{11}_{5}B + e^{+} + \nu$.

Formule – désintégrations

$$\alpha : {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$$

$$\beta^{-} : {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + e^{-} + \bar{\nu}$$

$$\beta^{+} : {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + e^{+} + \nu$$



- 1 Bq = 1 désintégration/s ; **1 Ci = 3,7·10¹⁰ Bq**.
- $A = A_0/2^n = A_0 \cdot e^{(-\lambda t)}$, $\lambda = \ln 2/T$, $A = \lambda N$ (T en s).

Formule – activité

$$1\ \text{Ci} = 3{,}7 \cdot 10^{10}\ \text{Bq}$$

$$A = A_0 / 2^n = A_0 \cdot e^{(-\lambda t)}$$

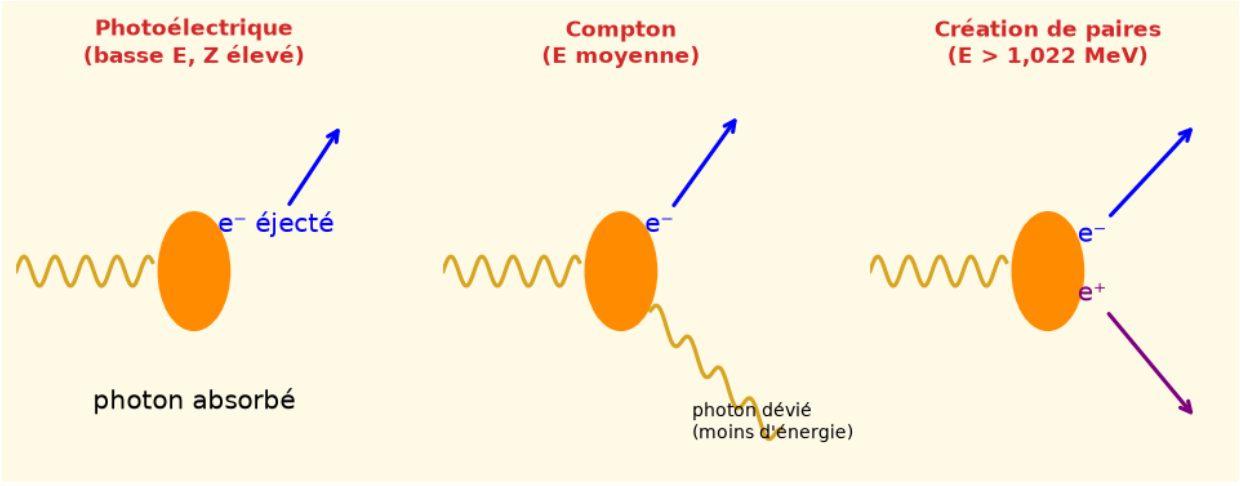
$$\lambda = \ln 2 / T$$

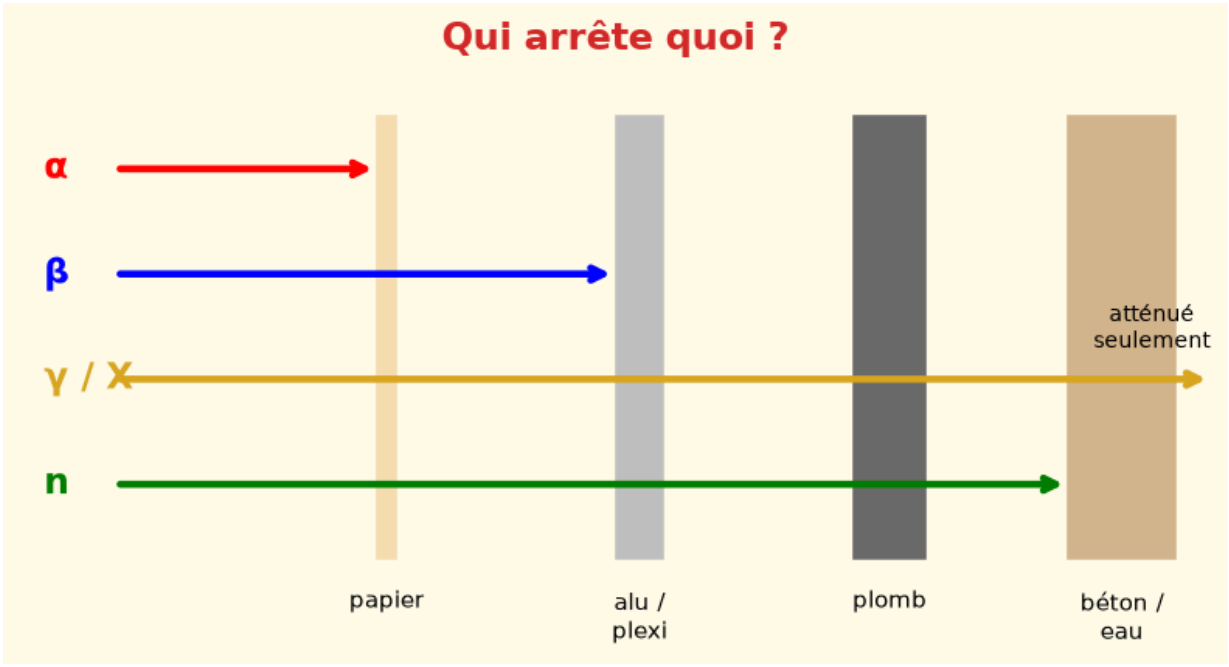
$$A = \lambda \cdot N \ (T \text{ en s})$$

- Périodes : Co-60 5,27 a ; Cs-137 30 a ; Ra-226 1600 a ; U-238 $4{,}5 \cdot 10^9$ a.

Exemple : 10 GBq de Co-60, après 3 périodes (≈ 15,8 ans) → 10/8 = **1,25 GBq**.
Exemple : 0,5 Ci = 0,5 × $3{,}7 \cdot 10^{10}$ = **$1{,}85 \cdot 10^{10}$ Bq**.

- 1 eV = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J. $\beta^+ \rightarrow$ 2 photons de 511 keV.
- Générateurs X (15-1000 kV), accélérateurs (> 1 MV). **Pas d'électricité, pas de rayons.**

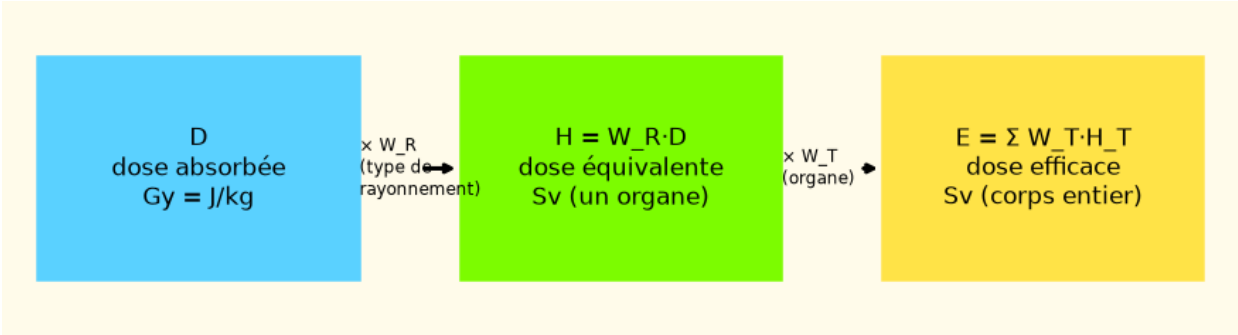




- β : plexiglas ou alu, **pas de plomb**. Neutrons : eau/polyéthylène puis bore/cadmium.

Mini-QCM 1
1. $^{238}_{92}U$ contient : a) 92 b) 146 c) 238 neutrons
2. L'effet dominant à basse énergie et Z élevé : a) Compton b) photoélectrique c) paires
3. 1 Ci = : a) 37 GBq b) 3,7 MBq c) 1 Bq

Module 02 – Exposition de l'homme



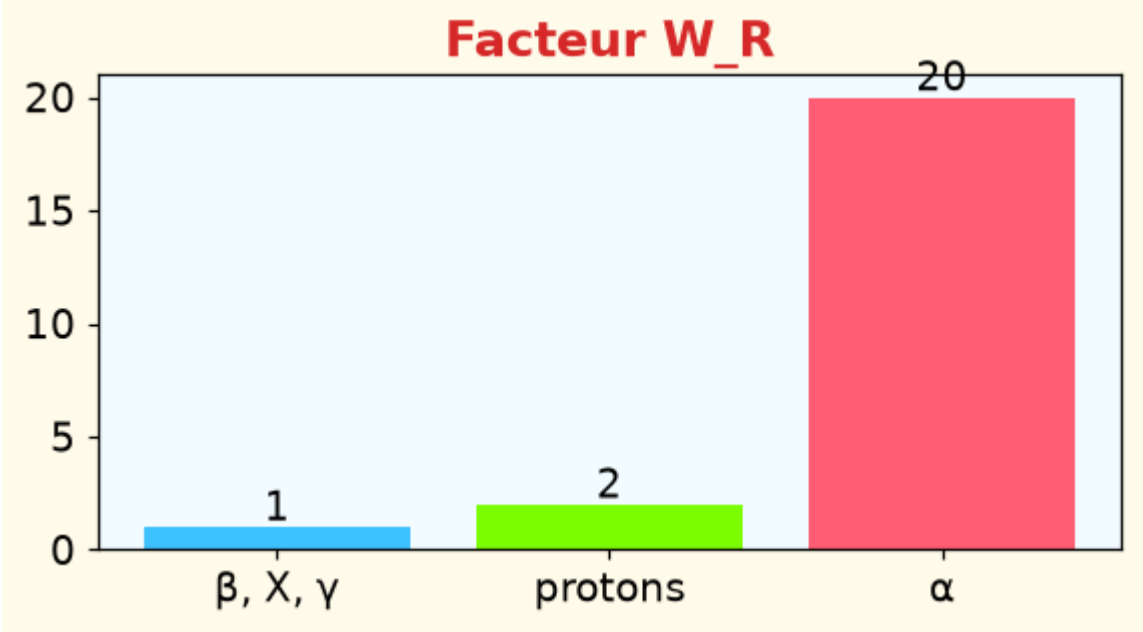
- **D** (Gy = J/kg) : énergie reçue par kg.
- **H = W_R·D** (Sv) : tient compte du type de rayonnement.
- **E = Σ W_T·H_T** (Sv) : tient compte des organes. Σ W_T = 1.

Formule – doses

$$D = E / m \text{ (1 Gy = 1 J/kg)}$$

$$H = W_R \cdot D$$

$$E = \Sigma W_T \cdot H_T$$



- W_R : β, X, γ = 1 ; protons = 2 ; α, fragments de fission, ions lourds = 20 ; neutrons = fonction de l'énergie.

W_T	Organes
0,12	moelle, côlon, poumons, estomac, seins, autres tissus
0,08	gonades
0,04	vessie, foie, œsophage, thyroïde
0,01	peau, surface des os, cerveau, glandes salivaires

Exemple 1 : 0,5 mGy d'α sur un organe → H = 20 × 0,5 = **10 mSv**.
Exemple 2 à vérifier : les poumons reçoivent H = 10 mSv → E = 0,12 × 10 = **1,2 mSv**.

- Grandeurs opérationnelles :
- ambiantes : **H*(10)** corps entier, H'(0,07) peau ;
- individuelles : **Hp(10)** corps entier, **Hp(3)** cristallin, **Hp(0,07)** peau et extrémités.
- Ordres de grandeur : µSv = vie courante ; mSv = seuils annuels ; Sv = dangereux.

Externe ou interne ?

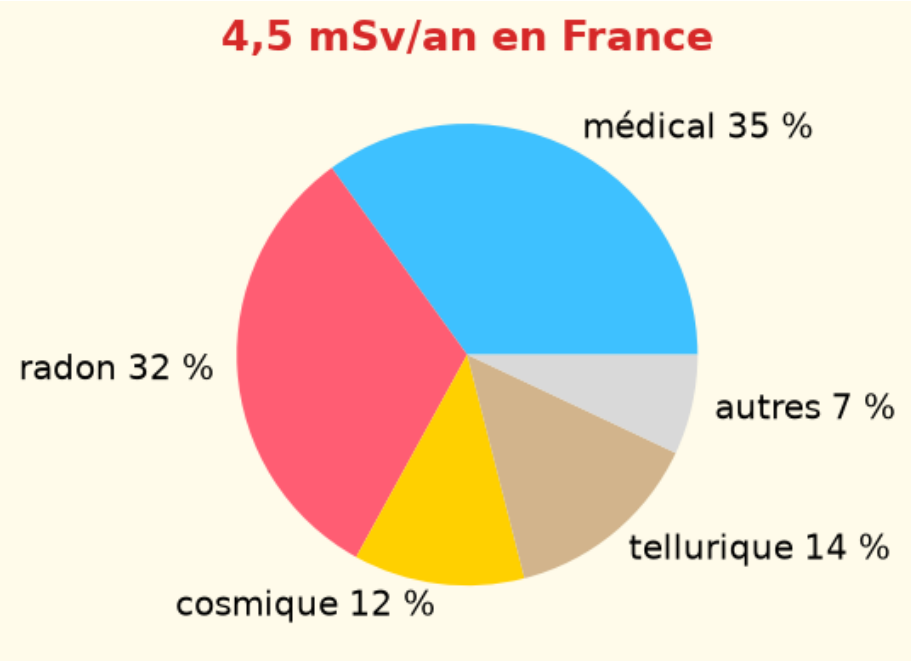
- **Externe** : la source est dehors (globale, ou localisée : mains, cristallin).
- **Interne** : la matière entre dans le corps (contamination → incorporation → élimination).
- Sources **scellées** ou **non scellées**.

Rayonnement	Risque externe	Risque interne
α	sans objet	très important
β	modéré à important	important
γ, X	important	–
neutrons	important	–

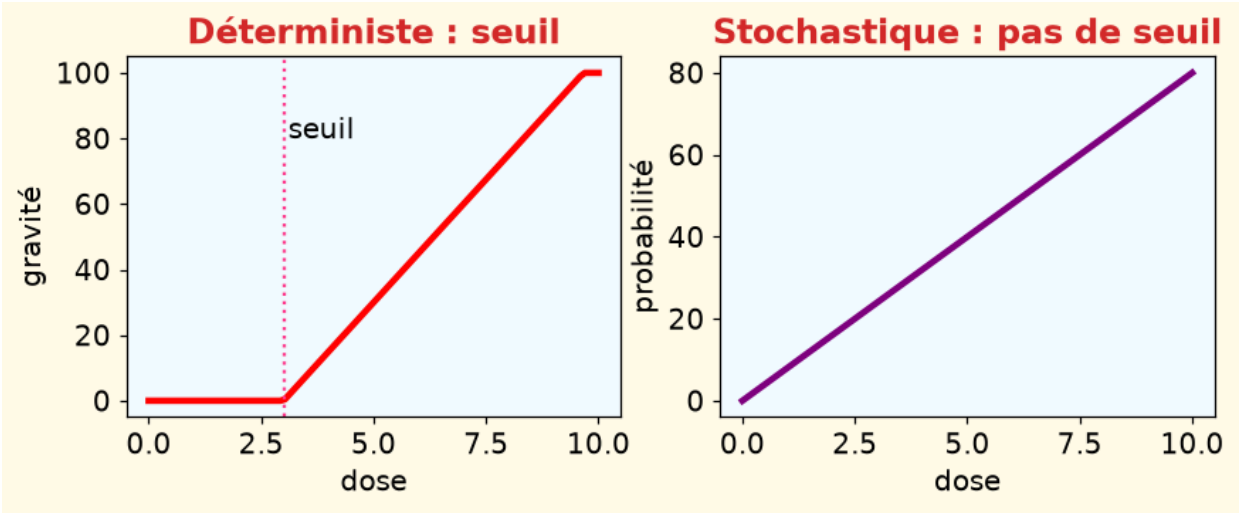
- Interne : **$E(\tau) = h(g) \times A$**, h(g) = DPUI en Sv/Bq.

📐 **Formule – dose interne**

$$E(\tau) = h(g) \times A$$



- Sources naturelles : cosmique, tellurique, radon, corps humain. Artificielles : médical, industrie, nucléaire.



- **Déterministes** : seuil, gravité ↑ avec la dose, précoces, souvent réversibles.
- **Stochastiques** : sans seuil, probabilité ↑, tardifs (cancers, effets héréditaires).

Mini-QCM 2

4. 1 mGy de γ donne : a) 1 mSv b) 20 mSv c) 0,1 mSv
5. Les effets stochastiques : a) ont un seuil b) n'ont pas de seuil c) sont immédiats
6. Exposition moyenne en France : a) 1 mSv/an b) 4,5 mSv/an c) 20 mSv/an

Module 03 – Réduire l'exposition



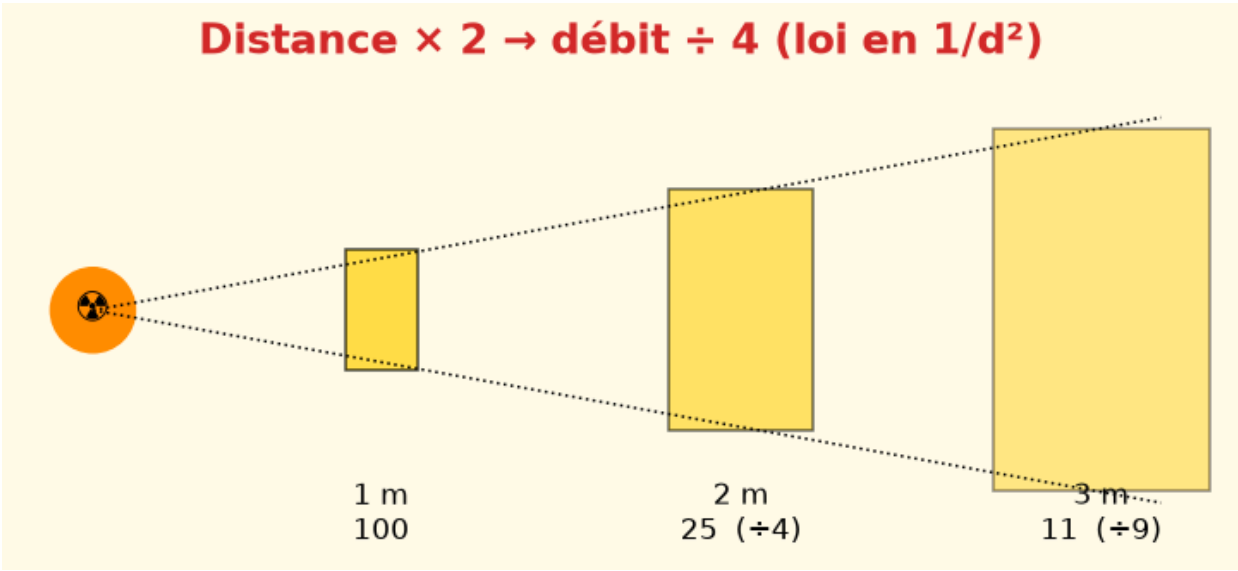
- **Dose = débit × temps.**

Formule – dose

$$\text{Dose} = \text{débit} \times \text{temps}$$

Exemple : 2 µSv/h pendant 30 min (0,5 h) → **1 µSv**.

La distance



- Source ponctuelle : $\dot{H}_1 \cdot d_1^2 = \dot{H}_2 \cdot d_2^2$.

Formule – distance

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

$$\dot{H}_2 = \dot{H}_1 \cdot (d_1/d_2)^2$$

Exemple 2× plus loin : 100 µSv/h à 1 m → à 2 m : 100 / 4 = **25 µSv/h**.
Cours : 3 mSv/h à 1 m → à 20 m : 3000 / 400 = **7,5 µSv/h**. 10 µSv/h à 5 m → à 0,5 m : ×100 = **1000 µSv/h**.

- **D(1 m) en µGy/h = Γ × A (GBq)**. Γ : Cs-137 85, Co-57 22, Am-241 13,5.

Formule – débit à 1 m

$$\dot{D}(1\ \text{m})\ [\mu\text{Gy/h}] = \Gamma \times A\ [\text{GBq}]$$

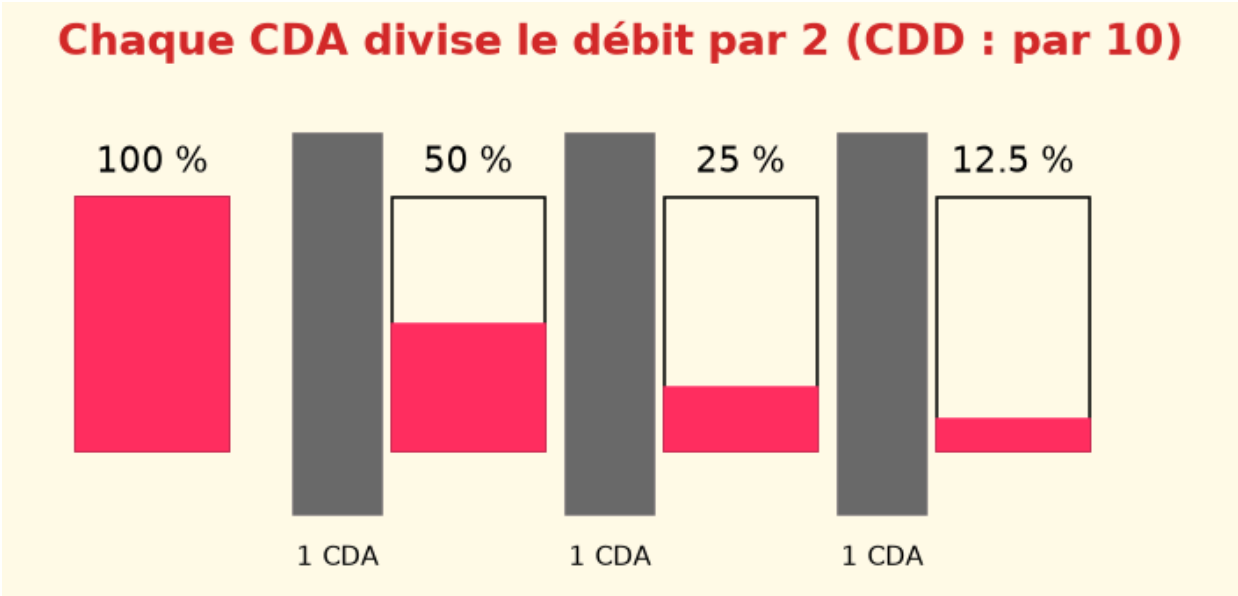
Exemple à vérifier : 370 MBq de Cs-137 = 0,37 GBq → à 1 m : 85 × 0,37 ≈ 31 µGy/h → à 3 m : 31/9 ≈ **3,5 µGy/h**.

- Bêta : Ḋ à 10 cm (mGy/h) = 9·10⁻⁷ × A(Bq) × P/100.

Formule – bêta à 10 cm

$$\dot{D}\ [\text{mGy/h}] = 9\cdot10^{-7} \times A\ [\text{Bq}] \times P/100$$

Les écrans



- **$\dot{H} = \dot{H}_0 / 2^n$** (n CDA) • **$\dot{H} = \dot{H}_0 / 10^n$** (n CDD) • Ḋ = Ḋ₀·e^(−µx).

📐 **Formule – écrans**

$$\dot{H} = \dot{H}_0 / 2^n \text{ (n CDA)}$$

$$\dot{H} = \dot{H}_0 / 10^n \text{ (n CDD)}$$

$$\dot{D} = \dot{D}_0 \cdot e^{(-\mu x)}$$

CDD	Béton	Fer	Plomb
Co-60	330 mm	66 mm	43 mm
Cs-137	266 mm	50 mm	20 mm
Ir-192	200 mm	40 mm	13 mm

Exemple CDA : 40 µSv/h, 3 CDA → 40/8 = **5 µSv/h**.
Exemple CDD à vérifier : Co-60, béton (CDD = 33 cm). Facteur 1000 = 10^3 → 3 × 33 = **99 cm**.
Exemple plomb : Cs-137, 2 CDD de plomb = 40 mm → débit ÷ 100.

- Parcours dans l'air : α quelques cm ; β mous ≈ 10 cm ; β durs quelques m ; γ, X, n > 100 m.

Exposition interne

- Protection collective : sorbonne, boîte à gants, sas ventilé, poubelle « chaude ».
- Limiter la dispersion. Porter les EPI (tenue, gants, lunettes, surchaussures, combinaison, masque).
- Ne pas manger, ne pas boire. Se contrôler en sortie de zone.

Mini-QCM 3
7. 400 µSv/h à 1 m → à 2 m : a) 200 b) 100 c) 800 µSv/h
8. 2 CDD divisent le débit par : a) 4 b) 20 c) 100
9. 5 µSv/h pendant 3 h : a) 15 µSv b) 1,7 µSv c) 8 µSv

Module 04 – Les acteurs

- Textes : CIPR/ICRP et AIEA → directives **Euratom** → droit français.
- **ASNR** : réglemente, contrôle, expertise, recherche, assiste l'État en urgence, informe. Aussi : ANSM, IRSN, ANDRA, DREETS, préfecture, pompiers.
- **Employeur** : responsable. Il désigne un **CRP** = **PCR** (salarié) ou **OCR** (organisme). En INB : **pôle de compétences**.

- Missions du CRP : évaluer les risques, évaluation individuelle et classement, zones, vérifications, suivi des expositions, situations anormales, information/formation.
- Conseils du CRP **gardés 10 ans**. Pas de discrimination liée à ses missions.
- **Médecin du travail** : suivi médical, avis sur classement et EPI.
- **CSE** : reçoit les résultats, est consulté (organisation, EPI), informé des situations dégradées.
- **Travailleurs** : respectent les consignes, portent les EPI.
- **CSTMD classe 7** : conseiller pour le transport des matières radioactives.

Mini-QCM 4
10. Le CRP peut être : a) une PCR ou un OCR b) seulement le médecin c) l'ASNR
11. Les conseils du CRP sont conservés : a) 1 an b) 5 ans c) 10 ans

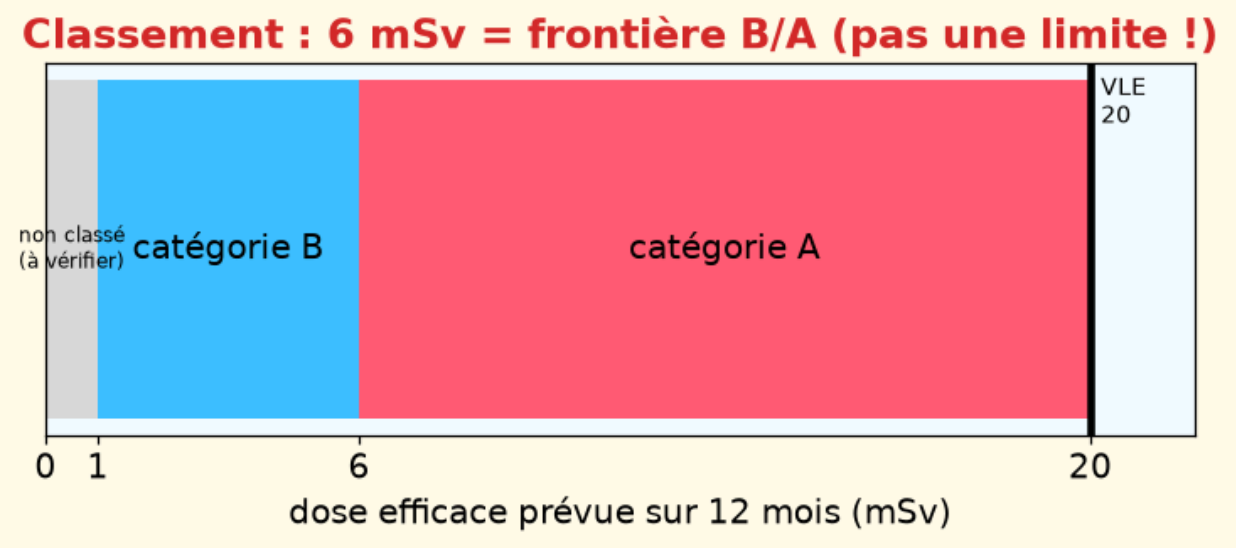
Module 05 – Réglementation

Valeurs limites (mSv sur 12 mois glissants)

	Travailleur	Jeune 16-18 ans	Population
Corps entier	**20**	6	**1**
Extrémités	500	150	–
Peau (1 cm²)	500	150	50
Cristallin	**20**	15	15

- Femme enceinte : enfant à naître **< 1 mSv**.
- CDD / intérimaires : limite **au prorata** du contrat.
- Seuils qui déclenchent une action : **1 mSv/an** (corps entier), **50** (extrémités), **15** (cristallin).

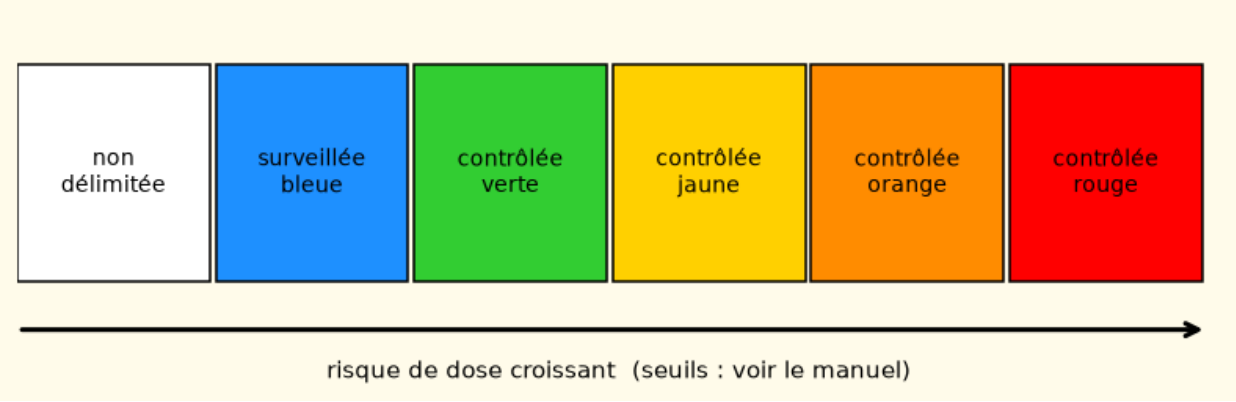
Classement des travailleurs



6 mSv = frontière entre **catégorie B** et **catégorie A**. Ce n'est **pas une limite** ! La limite reste **20 mSv**. *(Seuil de 1 mSv pour être classé : à vérifier.)*

- **Cat. A** : visite médicale **chaque année**.
- **Cat. B** : périodicité fixée par le médecin, **≤ 4 ans**, visite intermédiaire **≤ 2 ans**.
- Travailleurs classés : **SIR** (suivi individuel renforcé).
- Évaluation individuelle en 6 étapes : nature du travail, sources, facteurs d'exposition, fréquence, extrapolation sur 1 an, comparaison aux seuils. Conservée 10 ans.

Zones délimitées



- Évaluation des risques (clé de voûte) → mesures collectives → zones. Écrite dans le **DUERP**, transmise au CSE.
- Pour entrer : évaluation individuelle + autorisation, formation, dosimétrie, EPI.
- à vérifier Couleurs : bleue (surveillée), verte, jaune, orange, rouge (contrôlées), selon des seuils de dose. *Les seuils chiffrés ne sont pas dans les photos : voir le manuel.*

Vérifications

- **Initiales** : par un **OVA** (organisme accrédité).
- **Périodiques** : par le CRP, sous la responsabilité de l'employeur.
- Programme : quoi, quand, comment, traçabilité, suivi des écarts. Non-conformités → registre. Bilan au CSE, conservé 10 ans.

Mini-QCM 5
12. Limite corps entier d'un travailleur : a) 6 b) 20 c) 50 mSv
13. 6 mSv/an, c'est : a) une limite b) la frontière A/B c) la limite du public
14. Un travailleur cat. A voit le médecin : a) chaque année b) tous les 4 ans c) jamais

---

Réponses des QCM

1 b (238 − 92) • 2 b • 3 a • 4 a • 5 b • 6 b • 7 b (÷4) • 8 c • 9 a • 10 a • 11 c • 12 b • 13 b • 14 a

Valeurs lues sur des photos parfois peu lisibles ; modules 02 à 06 partiels. Vérifier dans le manuel, surtout les seuils de zonage et la dosimétrie.