

MODULE 1

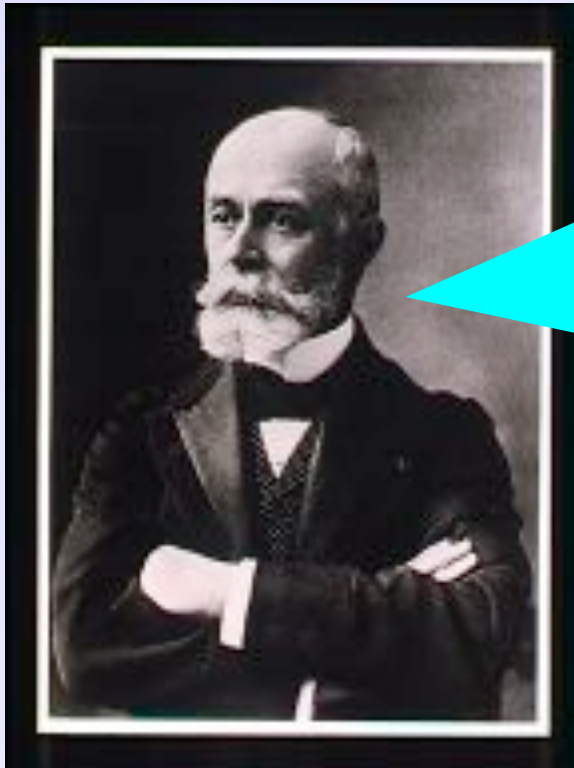
BASES THÉORIQUES

1-1 : Définitions

1-2 : L'irradiation et la contamination

1-3 : Les effets biologiques des rayonnements
ionisants

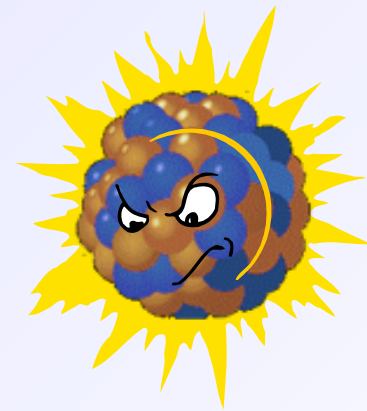
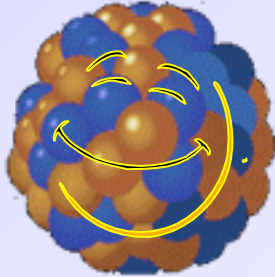
QU'EST-CE QUE LA RADIOACTIVITÉ ?



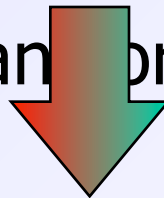
**Je l'ai découverte
il y a 100 ans et
pourtant
elle a toujours existé**

LA RADIOACTIVITÉ

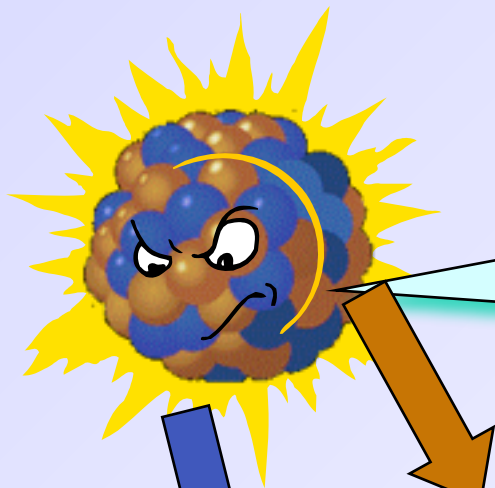
Atomes stables : constitution inchangée sans intervention extérieure



Atomes instables : transformation spontanée



POURQUOI CERTAINS NOYAUX SONT-ILS RADIOACTIFS ?



Je ne parviens pas
à trouver mon
équilibre

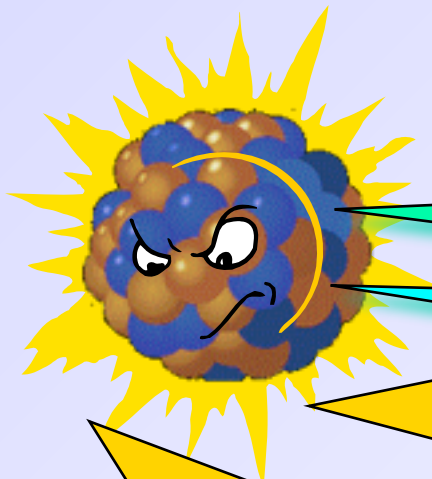
Trop de neutrons

Trop de protons



Trop
d'énergie

POURQUOI CERTAINS NOYAUX SONT-ILS RADIOACTIFS ?



**Je dois évacuer
de l'énergie**

**Je me
transforme**

RAYONNEMENTS

L 'ACTIVITÉ

Nombre de transformations par unité de temps

Unité légale : becquerel (Bq)

1 Bq = 1 désintégration par seconde

$$1 \text{ kBq} = 1\,000 \text{ Bq}$$

$$1 \text{ MBq} = 1\,000\,000 \text{ Bq}$$

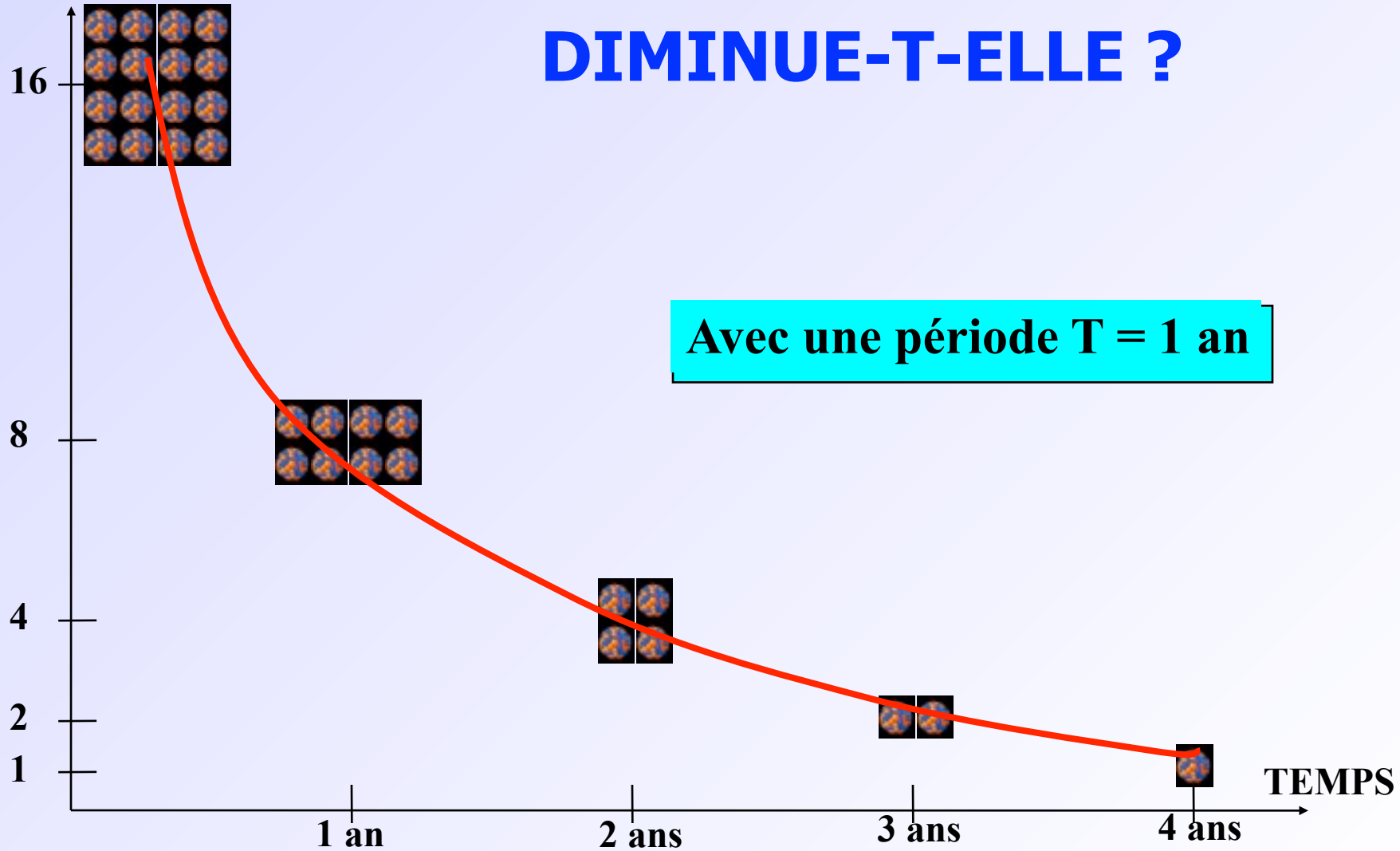
$$1 \text{ GBq} = 1\,000\,000\,000 \text{ Bq}$$

Ancienne unité : curie

$$1 \text{ Ci} = 37 \text{ milliards de Bq}$$

RADIOACTIVITE

COMMENT LA RADIOACTIVITE DIMINUE-T-ELLE ?



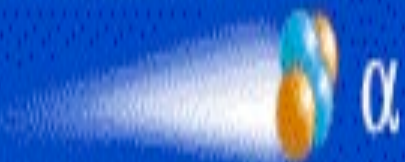
RAYONNEMENTS

FAIBLE

MOYEN

FORT

ALPHA



α



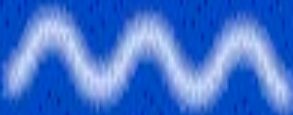
BETA



β



GAMMA



γ



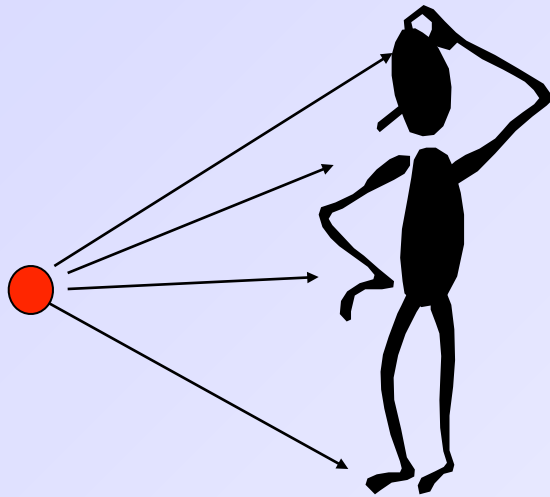
X



RX

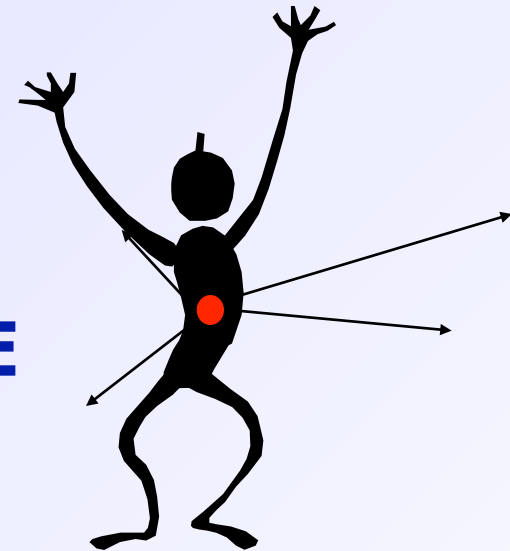


L'EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS

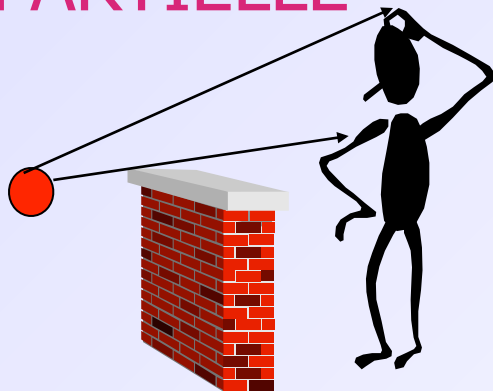


EXTERNE

INTERNE



PARTIELLE



Globale

**Organisme
entier**

Totale

**externe
+interne**

DOSE ABSORBÉE : D

ÉNERGIE CÉDÉE A LA MATIÈRE

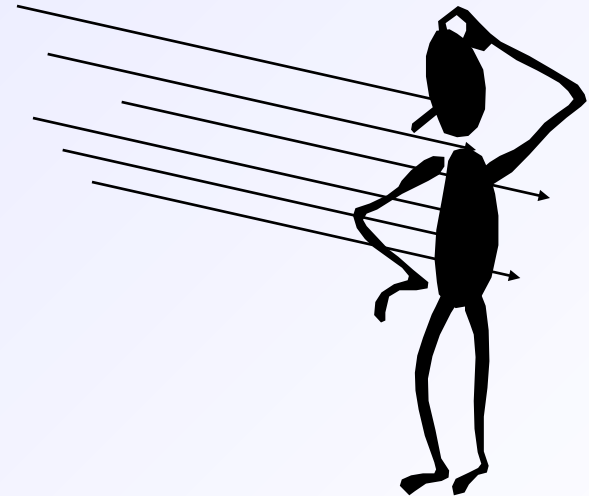
Des rayonnements ionisants qui cèdent une énergie de 1 Joule dans 1 kilogramme de matière délivrent une dose de 1 Gray

Unité : le Gray

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$

Ancienne unité : rad

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$



DÉBIT DE DOSE ABSORBÉE : \dot{D}

ÉNERGIE CÉDÉE A LA MATIÈRE PAR UNITÉ DE TEMPS

Unité légale : le Gray par seconde
pas pratique

On utilise : mGy/h ou μ Gy/h

Si \dot{D} est constant :

$$D = \dot{D} \times t$$

DOSE ÉQUIVALENTE H

Afin de traduire la nuisance biologique des rayonnements **aux faibles doses** on a créé cette grandeur

$$H = D \times w_R$$

w_R facteur de pondération des rayonnements

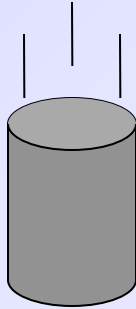
$$\beta, X, \gamma : w_R = 1$$

$$\text{neutrons : en moyenne } w_R = 10$$

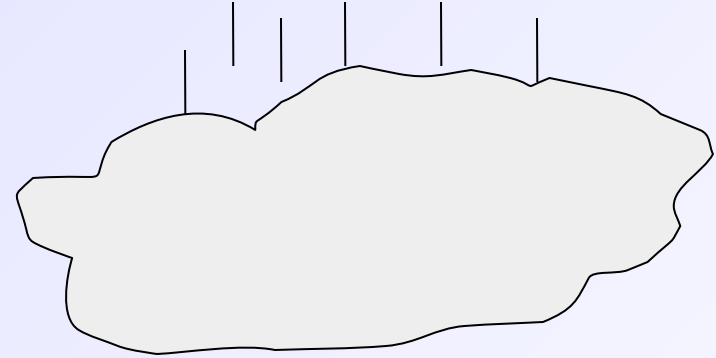
$$\alpha : w_R = 20$$

DOSE ÉQUIVALENTE H

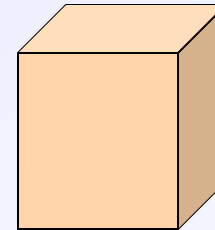
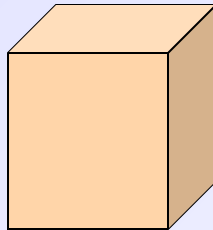
1 kg de plomb



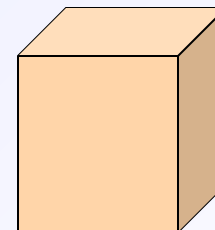
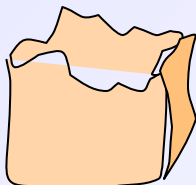
1 kg de plumes



avant



après



DOSE ÉQUIVALENTE H

Unité : le Sievert

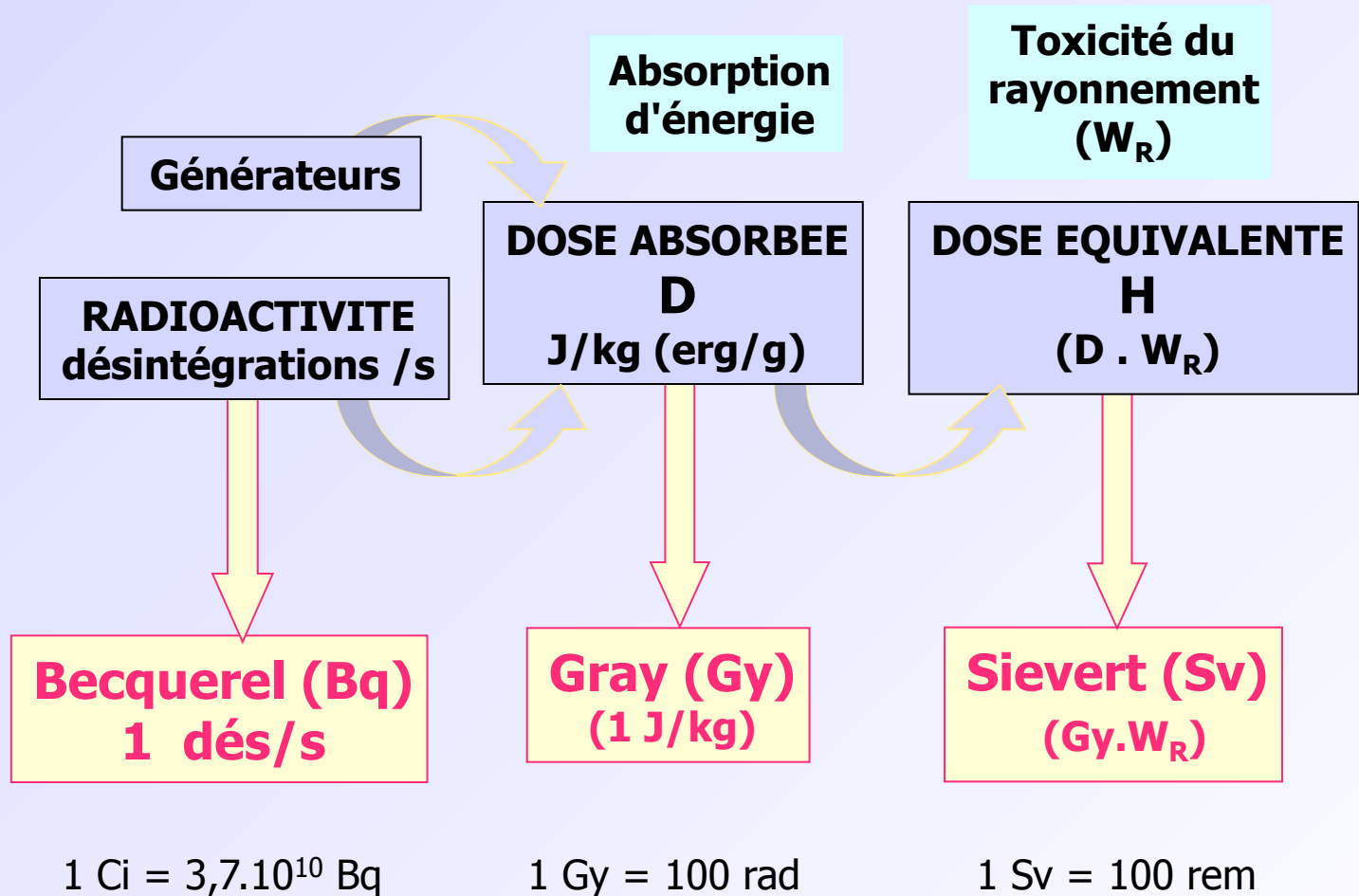
on utilise plutôt le mSv ou le μSv

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg (!)}$$

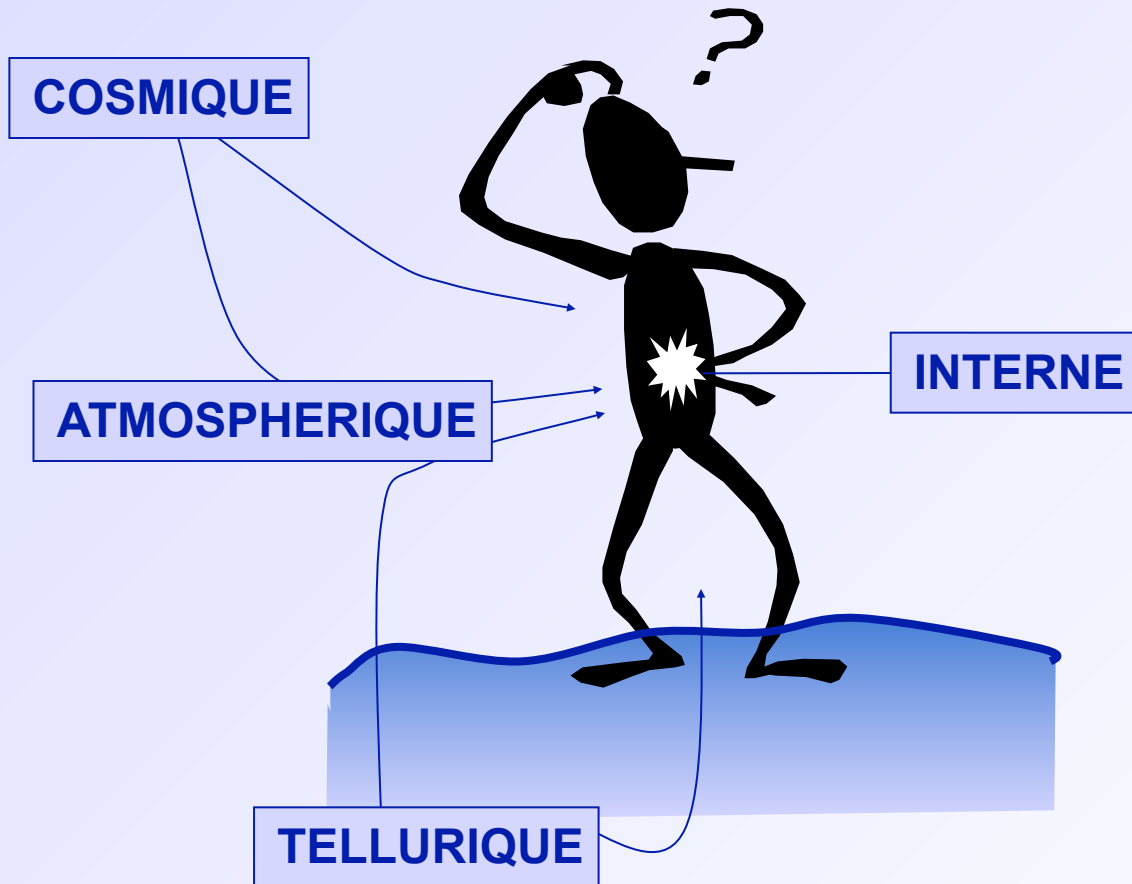
Ancienne unité : rem

$$\mathbf{1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}}$$

RAPPEL SUR LES UNITÉS



IRRADIATION NATURELLE



IRRADIATION ARTIFICIELLE

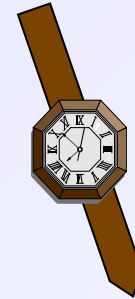
(autres que sources naturelles et "professionnelles")



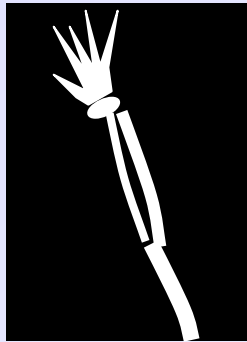
RETOMBÉES



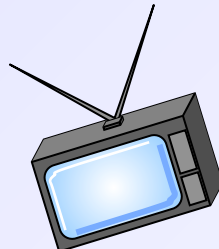
VOYAGES
AVION



CADRANS
PEINTURES
LUMINESCENTS



RADIOLOGIE
MÉDICALE



TELEVISION



SEJOURS
ALTITUDE

BILAN DE L'IRRADIATION NATURELLE ET ARTIFICIELLE

NATURELLE

COSMIQUE : 0,3 mSv/an

TELLURIQUE : 0,4 mSv/an

RADON : 1,2 mSv/an

1,9 mSv/an

INTERNE
0,25 mSv/an

ARTIFICIELLE

RADIOLOGIE : 0,7 mSv/an

LOISIRS : 0,05 mSv/an

PEINTURES
LUMINESCENTES : 0,01 mSv/an

INDUSTRIE
NUCLEAIRE : 0,001 mSv/an

0,75 mSv/an

3 mSv/an

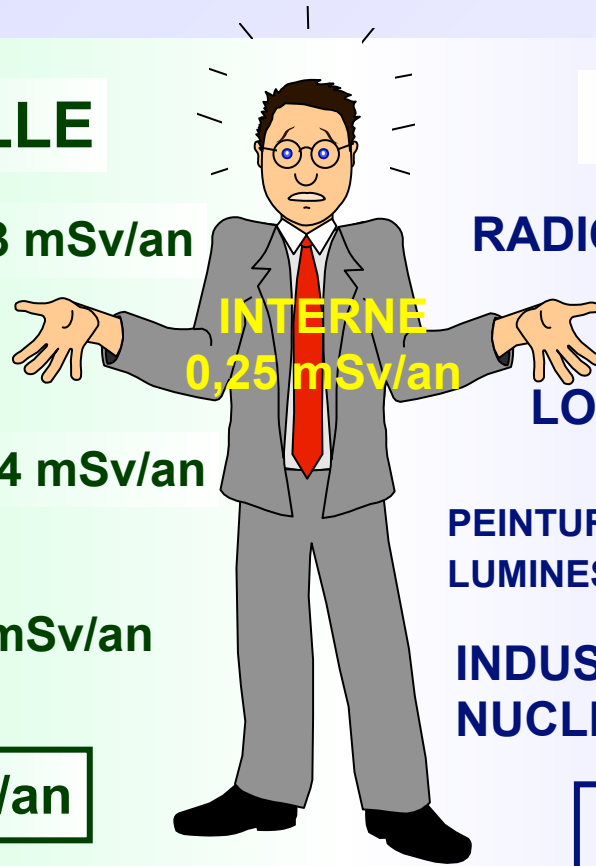
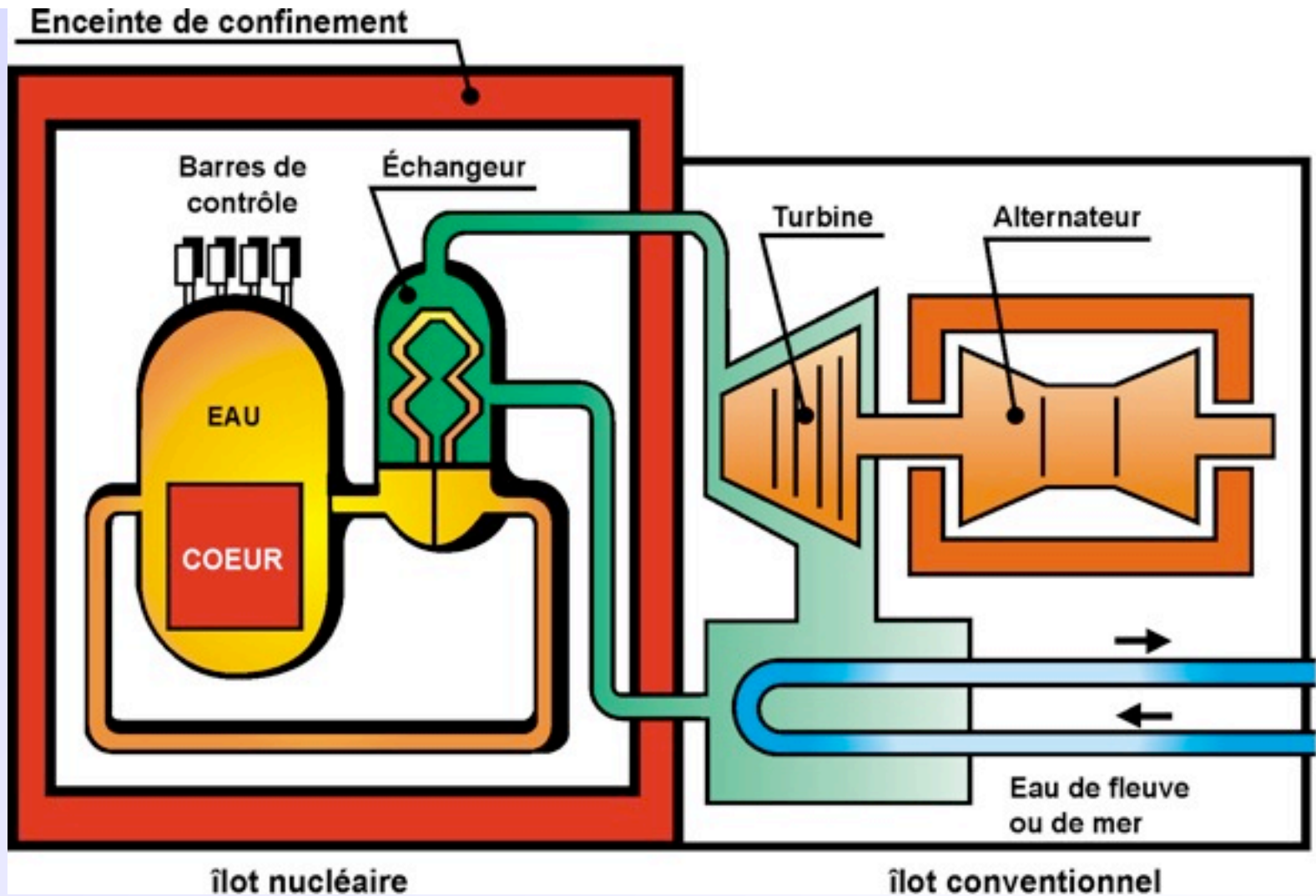
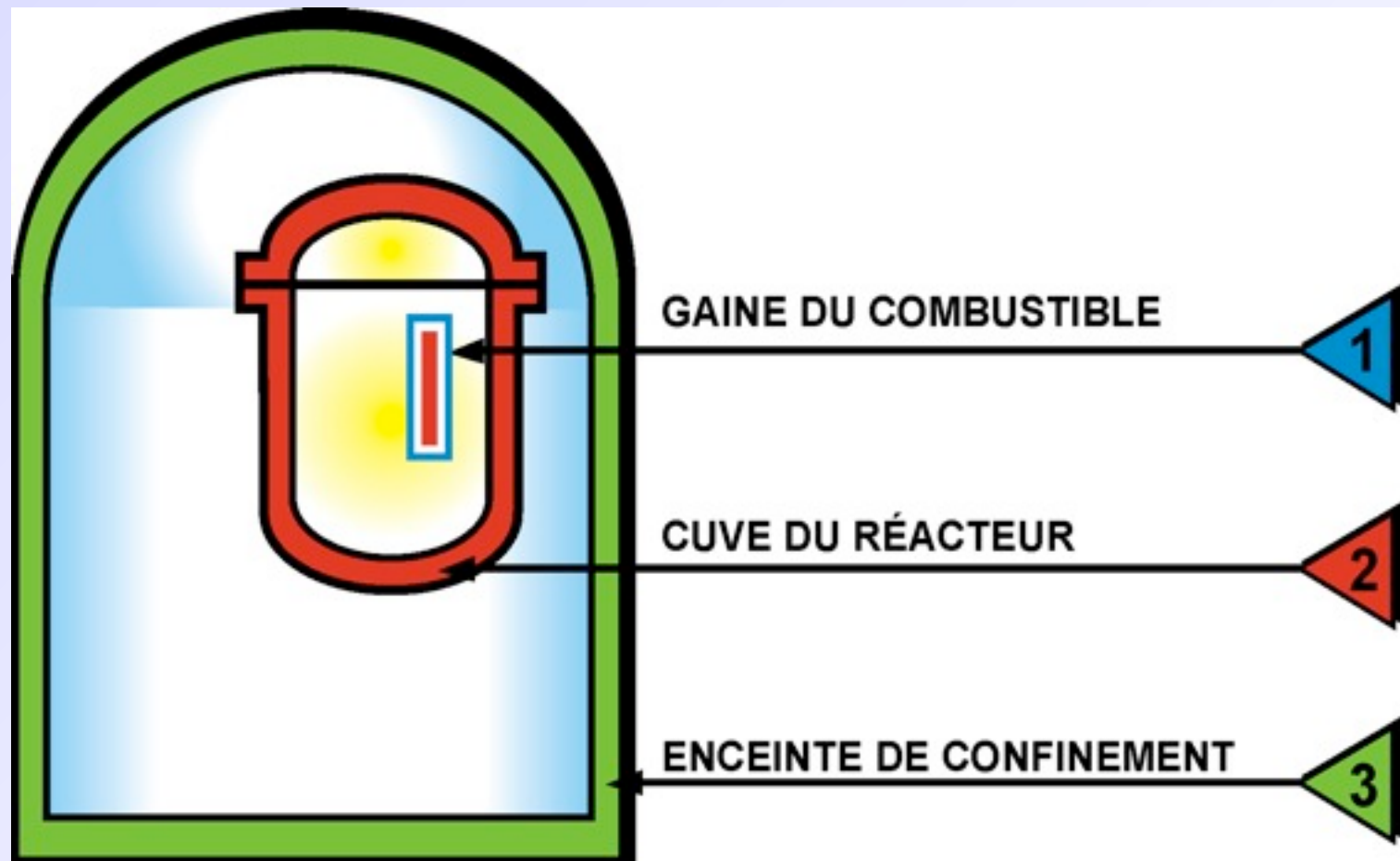


SCHÉMA DE FONCTIONNEMENT D'UN RÉACTEUR À EAU SOUS PRESSION



RÉACTEURS À EAU SOUS PRESSION LES 3 BARRIÈRES



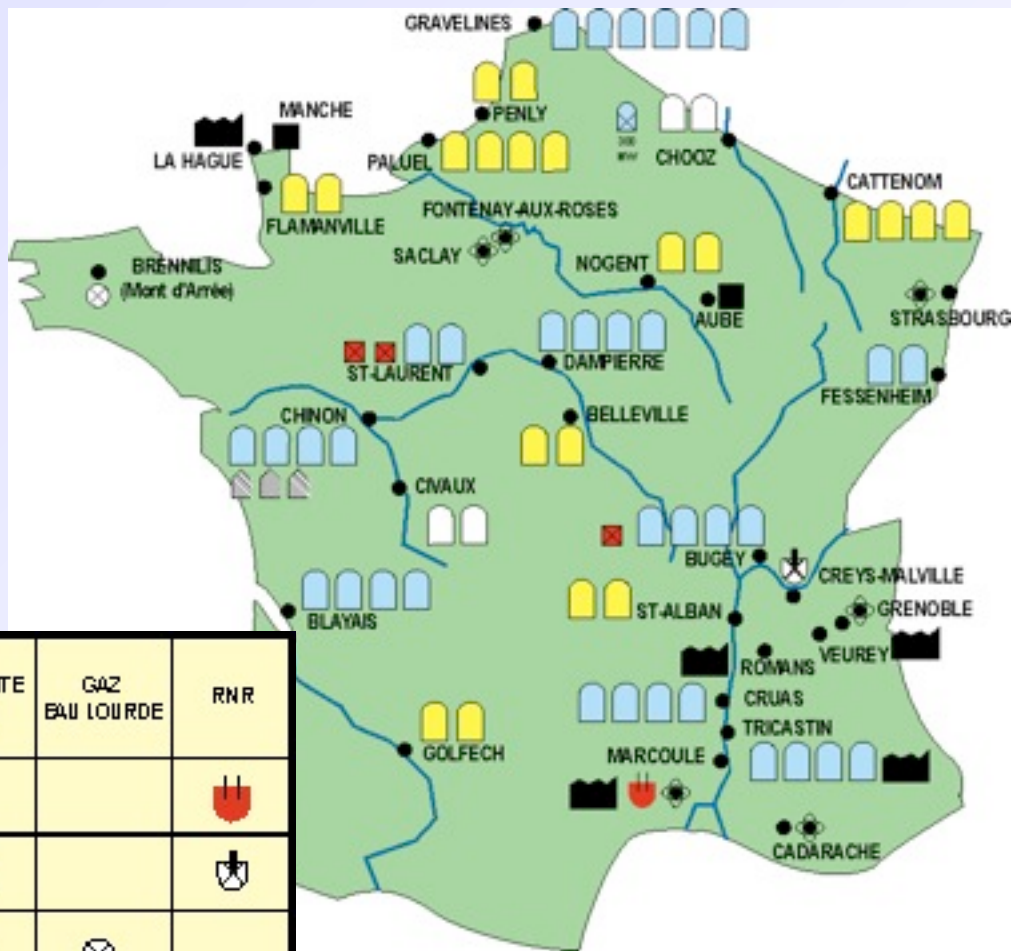
LES PRINCIPAUX SITES NUCLÉAIRES

USINES DU CYCLE DU COMBUSTIBLE
(enrichissement, fabrication, retraitement)

STOCKAGES DE DÉCHETS

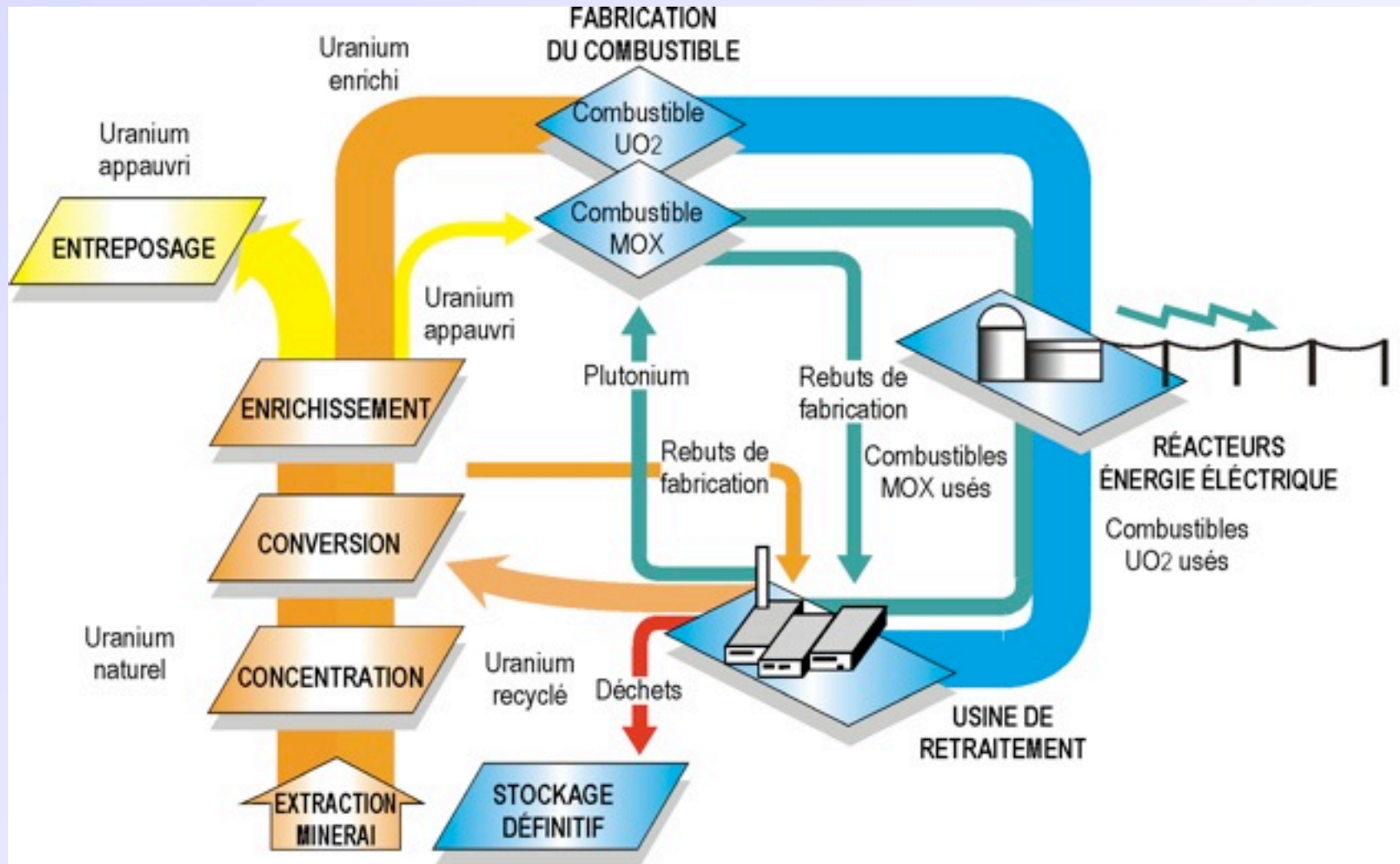
CENTRES D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES

RÉACTEURS



RÉACTEURS	R E P			GRAPHITE GAZ	GAZ EAU LOURDE	RNR
	900 M ⁰ A	1300 M ⁰ A	1450 M ⁰ A			
EN EXPLOITATION						
A L'ARRÊT						
EN DÉMANTÈLEMENT						

LE CYCLE DU COMBUSTIBLE



TRANSPORT DES MATIÈRES RADIOACTIVES

Transports associés au cycle du combustible en France

Concentré d'uranium naturel

Nitrate d'uranyle

UF₄

UF₆

Combustibles UO₂

PuO₂

Combustibles MOX neufs

Combustibles irradiés

Déchets

1 Transformation

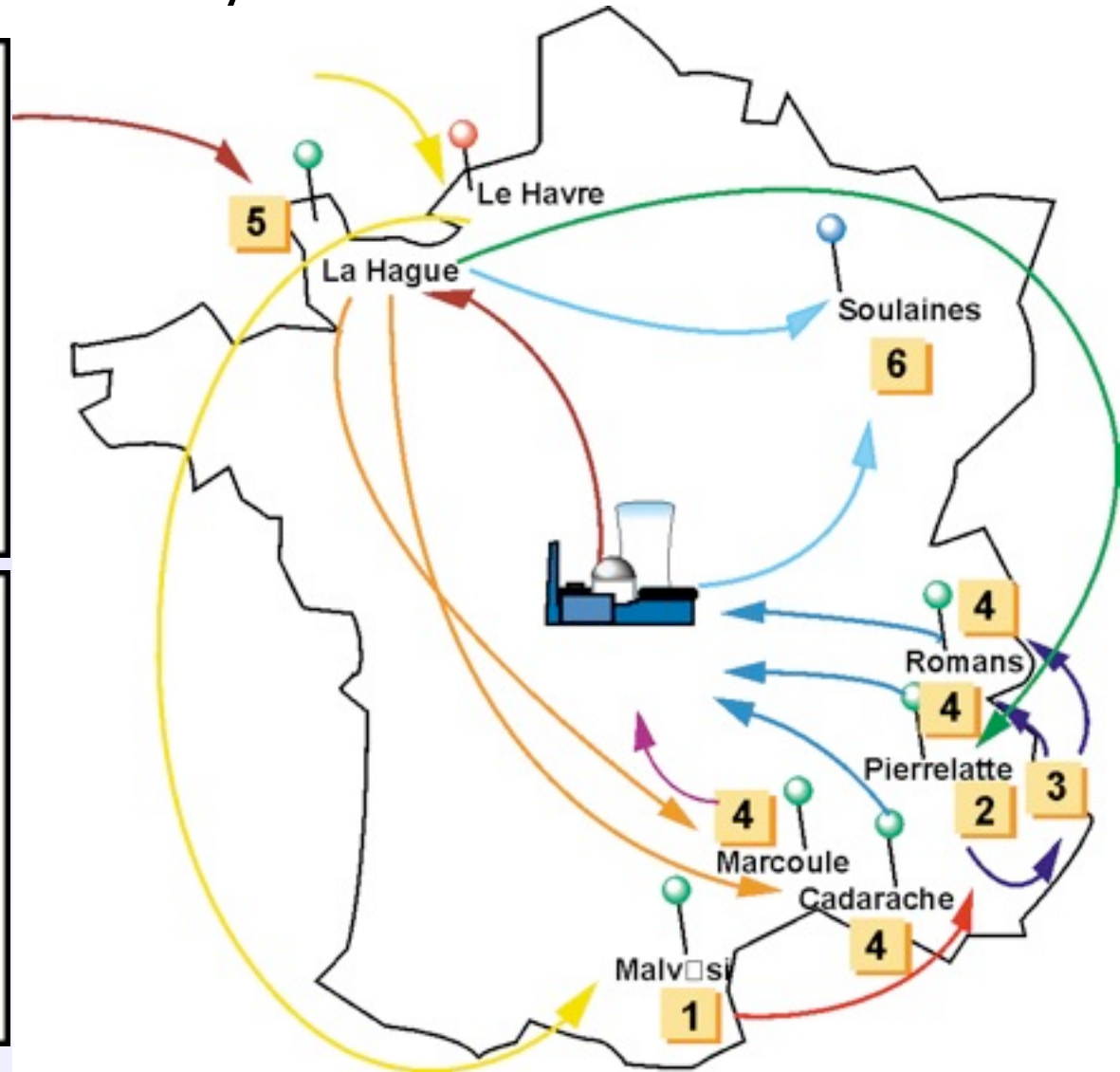
2 Conversion

3 Enrichissement

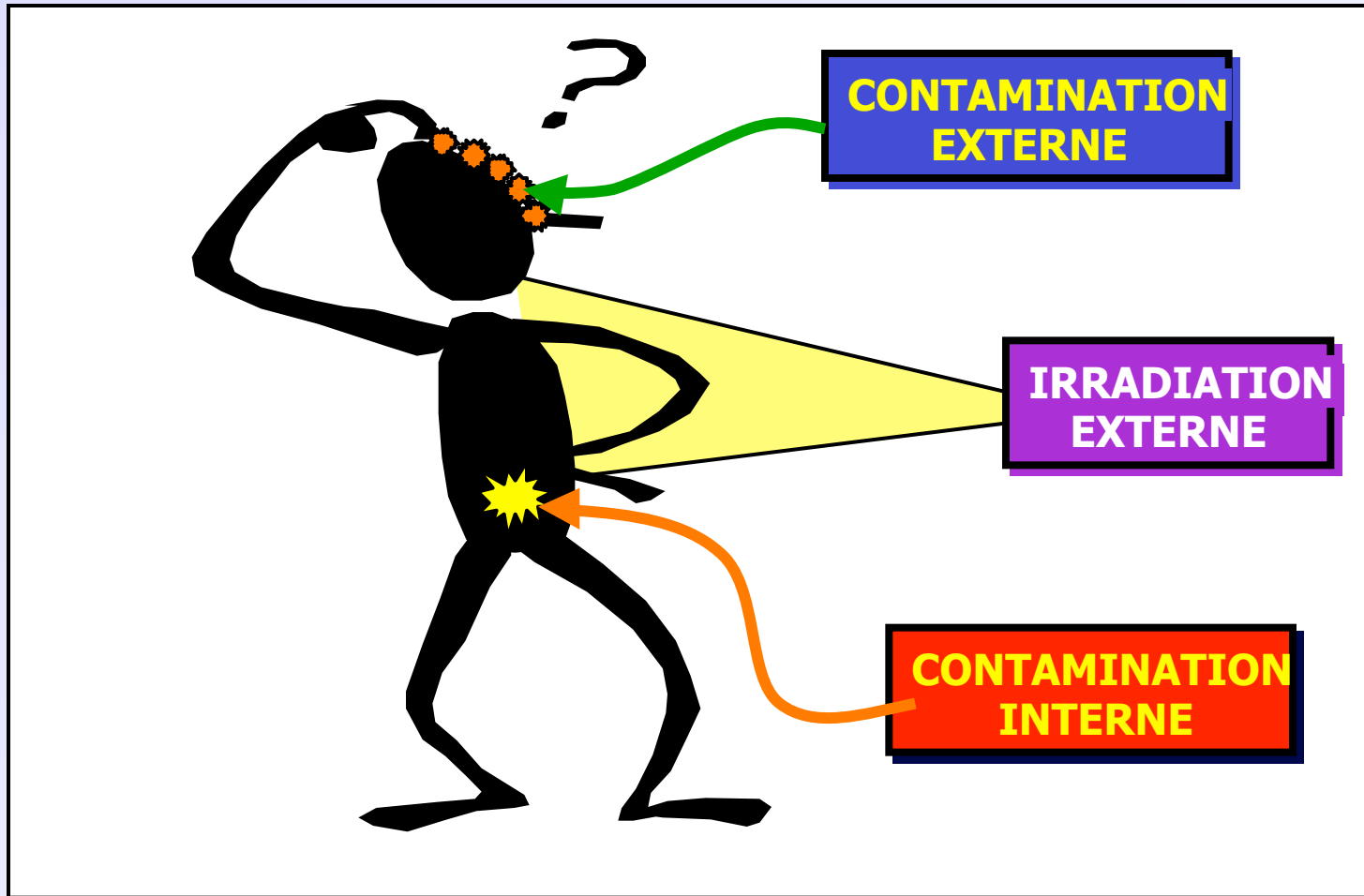
4 Fabrication

5 Retraitement

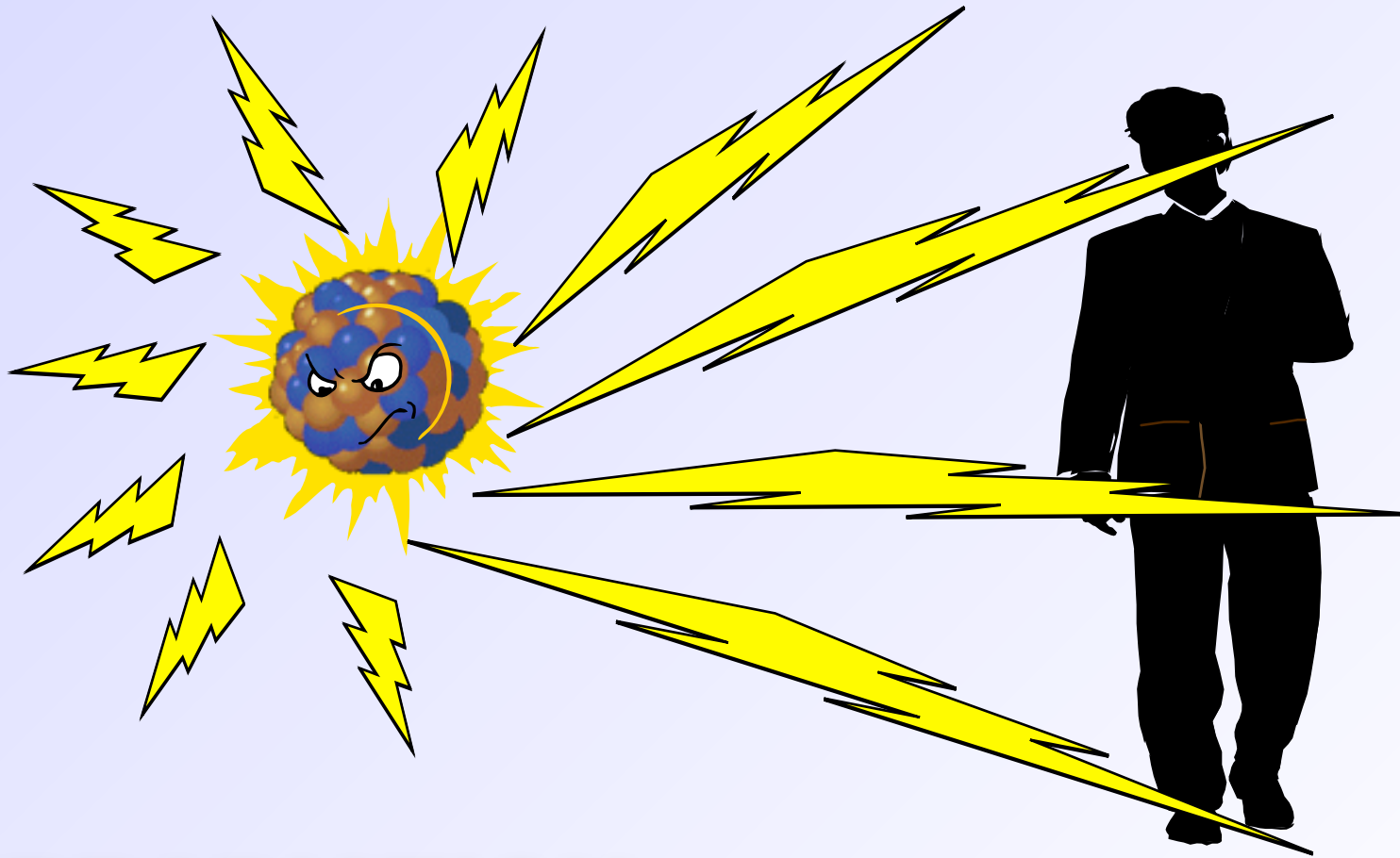
6 Stockage de surface,
déchets FA/MA



LES MODES D'EXPOSITION

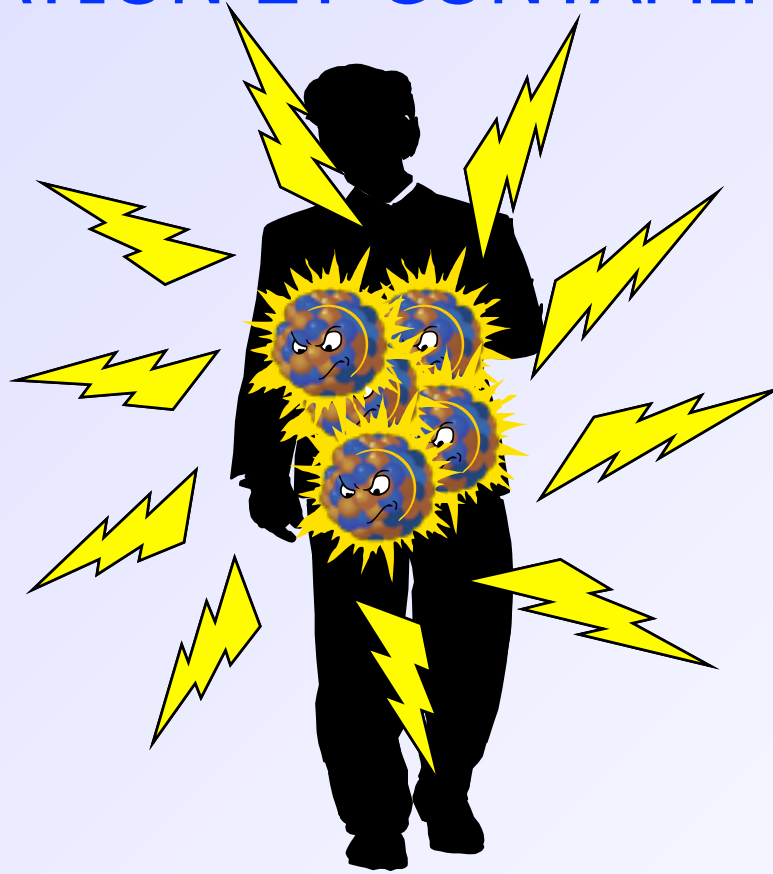


QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ENTRE IRRADIATION ET CONTAMINATION ?



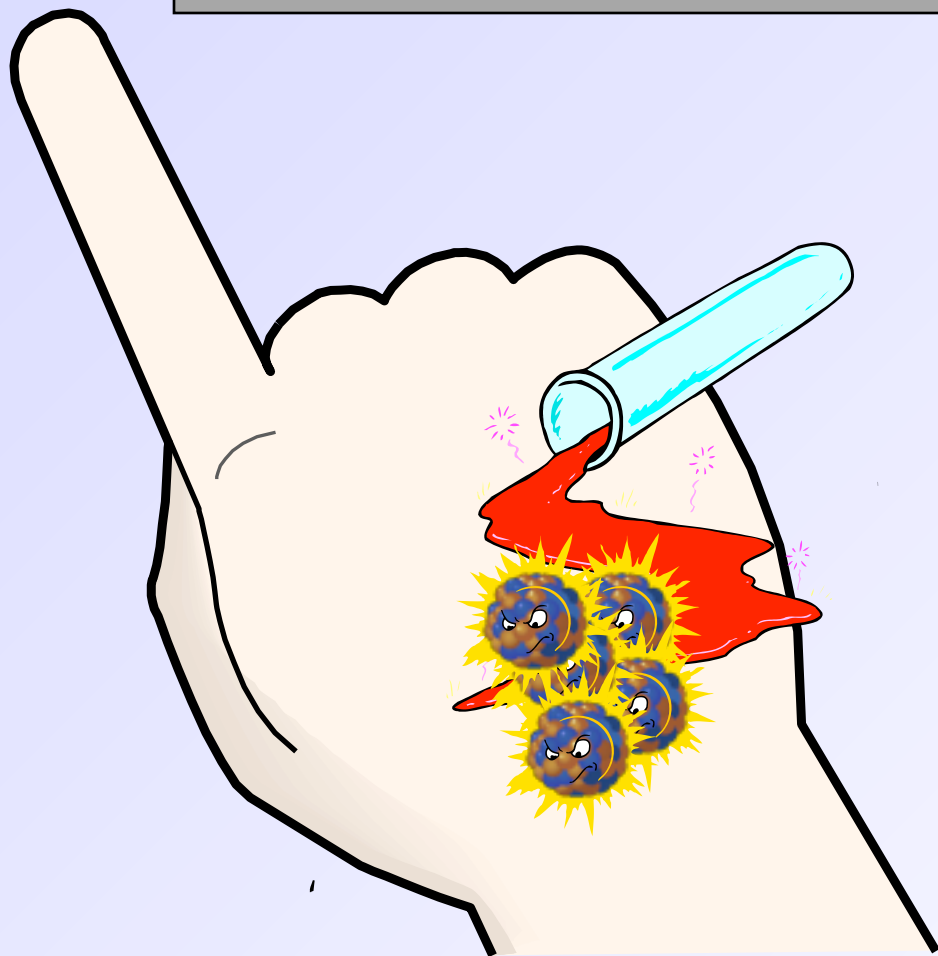
IRRADIATION ou EXPOSITION EXTERNE

QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ENTRE IRRADIATION ET CONTAMINATION ?



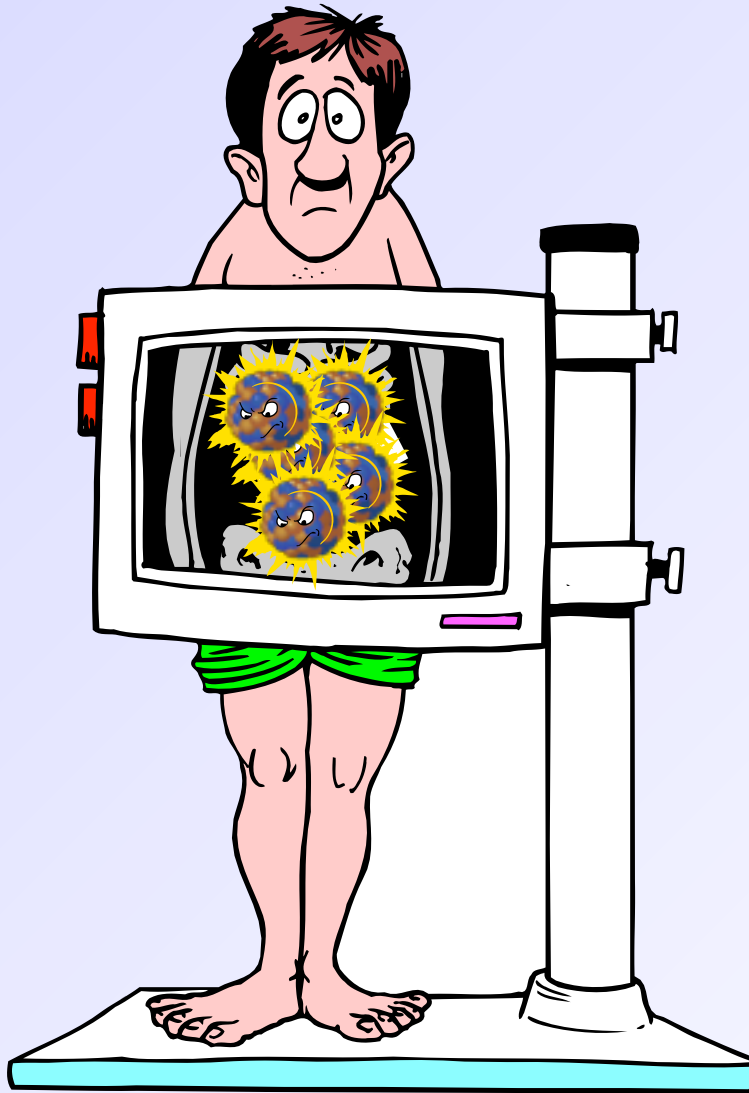
CONTAMINATION

CONTAMINATION EXTERNE



dépôt
de substances
radioactives
sur la peau ou
les cheveux

CONTAMINATION INTERNE



dépôt
de substances
radioactives
à l'intérieur
de l'organisme

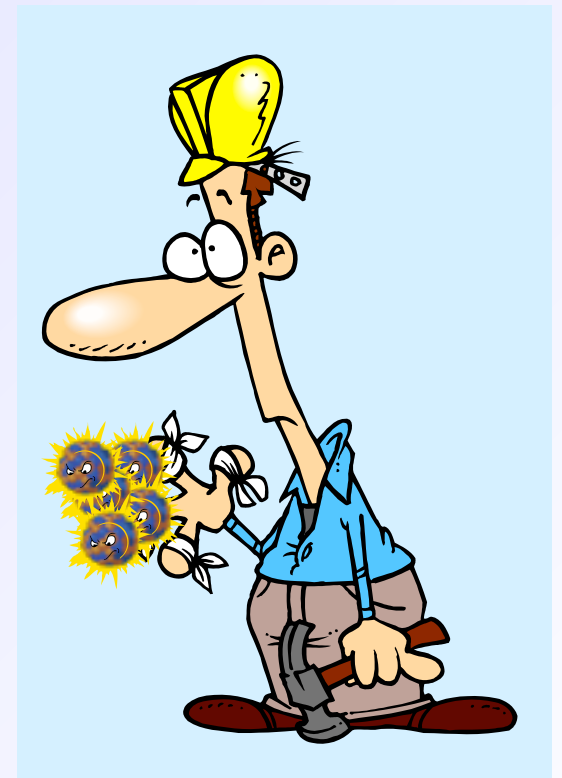
MODES DE PÉNÉTRATION DE LA CONTAMINATION INTERNE



Inhalation

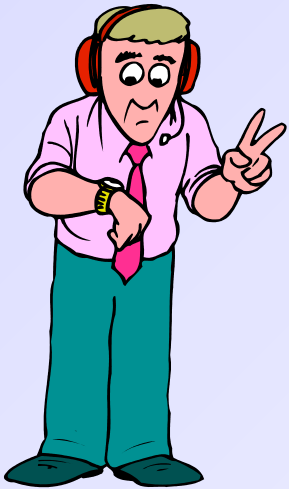


Ingestion

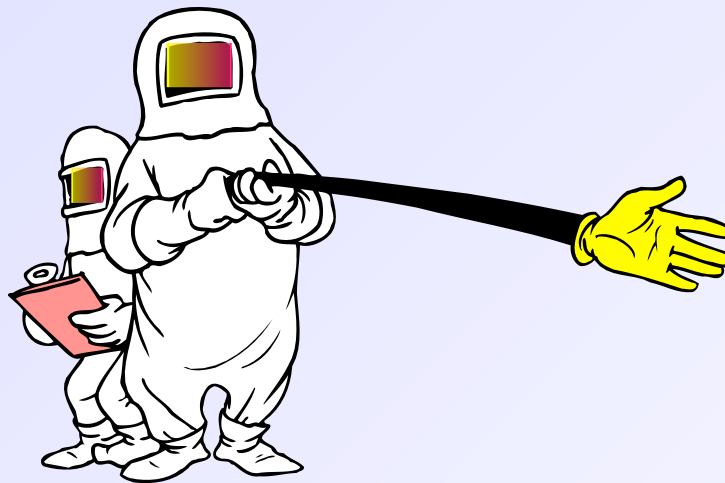


Blessure

COMMENT SE PROTÉGER DE L'IRRADIATION ?



TEMPS



DISTANCE

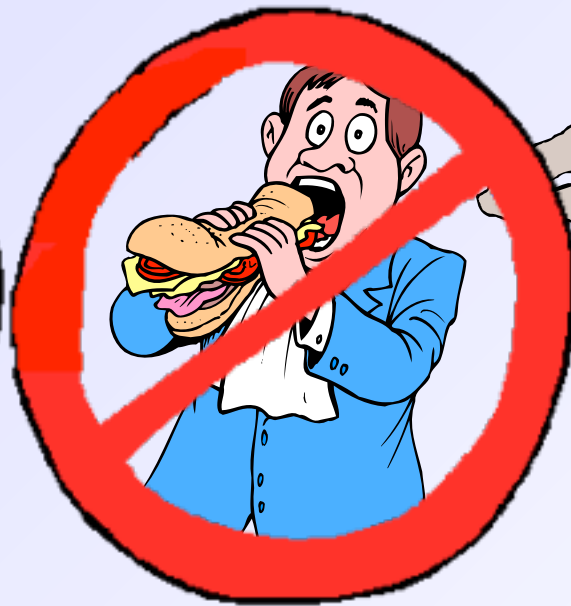


ECRAN

COMMENT SE PROTÉGER DE LA CONTAMINATION INTERNE ?



Boire



Manger

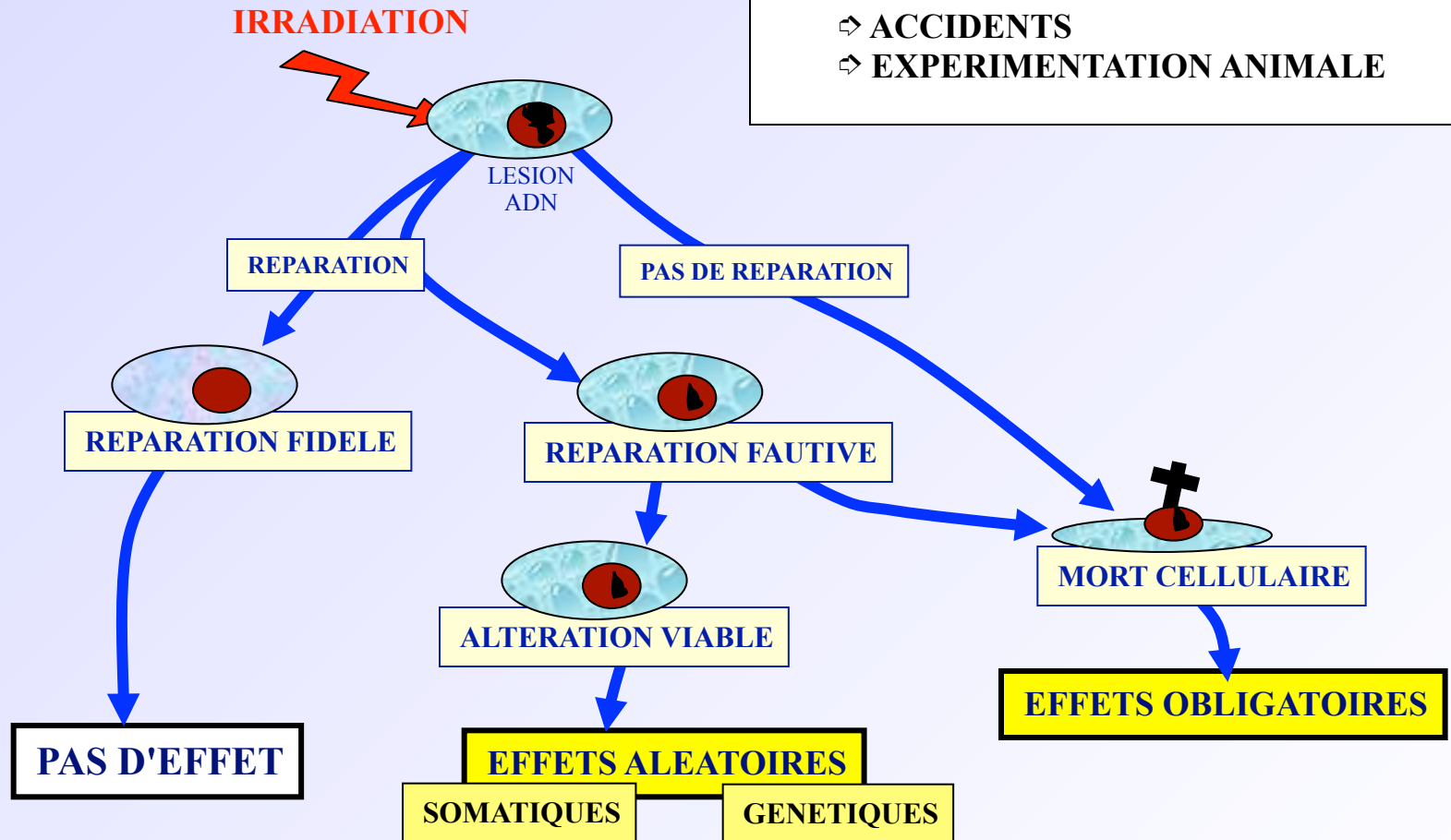


Fumer

EFFETS SUR L'ORGANISME RADIOPATHOLOGIE

4 GRANDS TYPES D'OBSERVATIONS

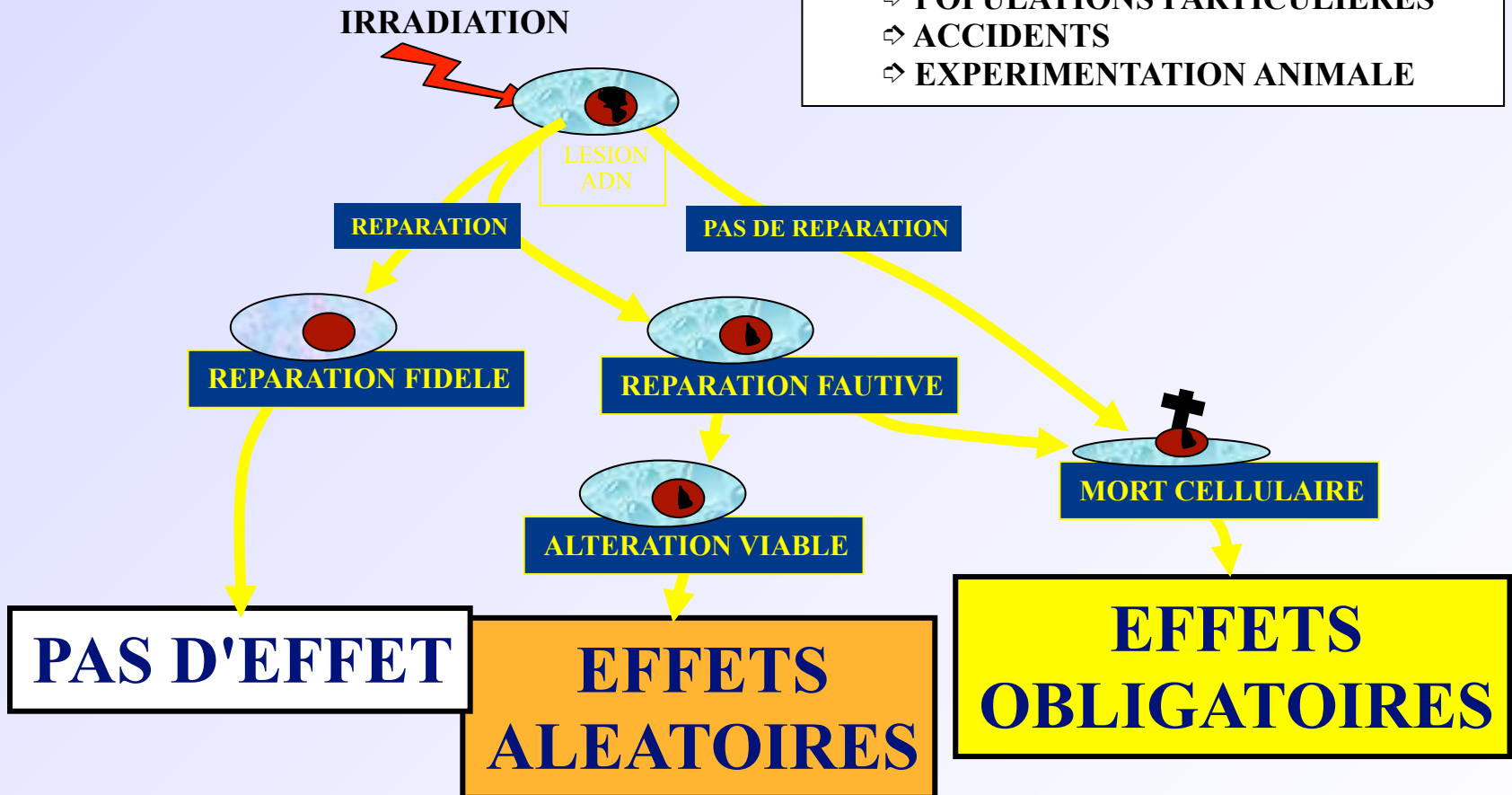
- ⇨ HIROSHIMA, NAGASAKI
- ⇨ POPULATIONS PARTICULIERES
- ⇨ ACCIDENTS
- ⇨ EXPERIMENTATION ANIMALE



EFFETS SUR L'ORGANISME RADIOPATHOLOGIE

4 GRANDS TYPES D'OBSERVATIONS

- ⇨ HIROSHIMA, NAGASAKI
- ⇨ POPULATIONS PARTICULIERES
- ⇨ ACCIDENTS
- ⇨ EXPERIMENTATION ANIMALE



EFFETS OBLIGATOIRES OU DETERMINISTES OU NON STOCHASTIQUES

MORT CELLULAIRE

- » SEUIL
- » CARACTERE OBLIGATOIRE
- » GENERALEMENT REVERSIBLES
- » PROPORTIONNELS A LA DOSE
- » CARACTERISTIQUES
- » PRECOCES OU MOYEN TERME

- **SYNDROME D'IRRADIATION
GLOBALE AIGUE**
- **BRULURES RADIOLOGIQUES**

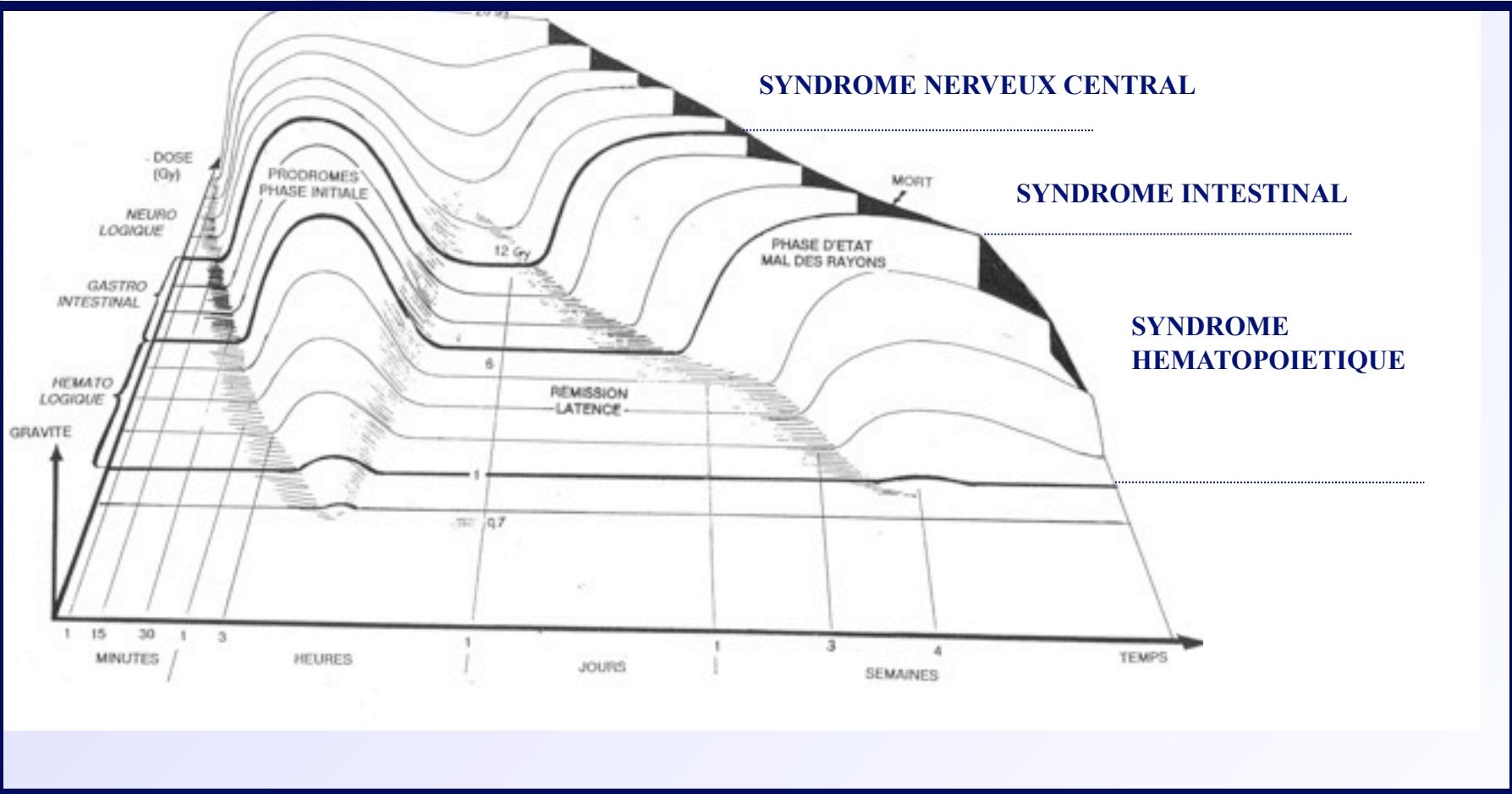
EFFETS ALEATOIRES OU NON DETERMINISTES OU STOCHASTIQUES

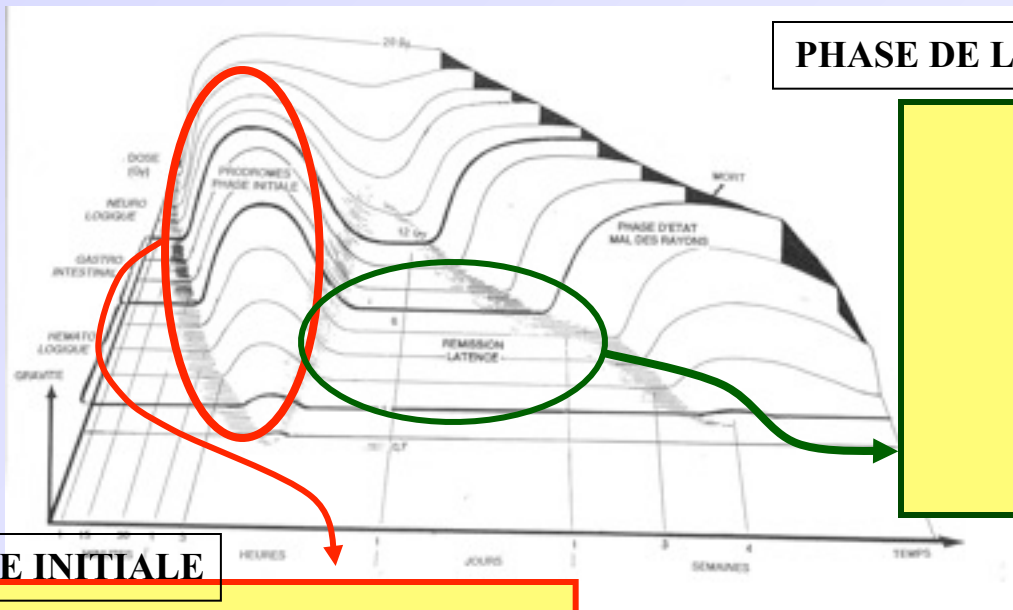
SURVIE DE CELLULES LESEES

- » PAS DE SEUIL RECONNU
- » GENERALEMENT IRREVERSIBLES
- » GRAVITE NON PROPORTIONNELLE
A LA DOSE
- » FREQUENCE PROPORTIONNELLE
A LA DOSE
- » NON CARACTERISTIQUES
- » TARDIFS

- **CANCERS**
- **EFFETS GENETIQUES**

L'IRRADIATION GLOBALE AIGUË





PHASE DE LATENCE

(Phase de rémission) APPARENTE (pour D < 10 Gy)

DOSE AUGMENTE, PHASE :

- PLUS COURTE
- PLUS TARDIVE
- MAUVAISE QUALITE

PHASE INITIALE

- SEUIL : 0,7 GY
- SIGNES GENERAUX (neurovégétatifs, digestifs)
- DOSE AUGMENTE, PHASE :
 - PLUS PRECOCE
 - PLUS FORTE
 - PLUS LONGUE

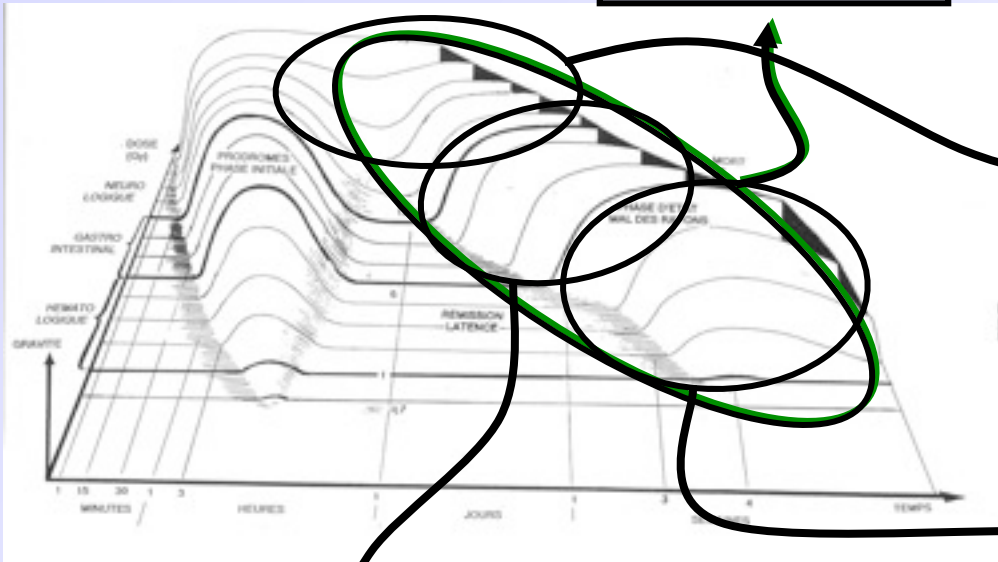
**PHENOMENES PEU PRECIS
RESSEMBLANCE AVEC PHENOMENES PSYCHOLOGIQUES**

CEPENDANT

DOSIMETRIE CLINIQUE POSSIBLE

PHASE D'ETAT

D > 10-15 Gy



SYNDROME NERVEUX CENTRAL

PERENNISATION ET AGGRAVATION DE LA PHASE INITIALE :

- ⇒ PAS DE REMISSION
- ⇒ TROUBLES NERVEUX AVANT COMA
- ⇒ MORT RAPIDE

D > 6 Gy

SYNDROME INTESTINAL

EXPRESSION EN QUELQUES JOURS DE LA PERTE DES CELLULES DE LA MUQUEUSE INTESTINALE :

- ⇒ ANOREXIE, DIARRHEES
- ⇒ INFECTIONS
- ⇒ DESHYDRATATION
- ⇒ HEMORRAGIES DIGESTIVES
- ⇒ OCCLUSIONS, PERFORATIONS...

D > 1 Gy

SYNDROME HEMATOLOGIQUE

ZONE DE LA DL 50

EXPRESSION EN 3 SEMAINES D'UNE APLASIE MEDULLAIRE :

- ⇒ TROUBLES INFECTIEUX
- ⇒ TROUBLES DE LA COGULATION
- ⇒ ANEMIE
- ⇒ LES LYMPHOCYTES ONT DISPARU

EFFETS RARES EN CAS D'EXPOSITION ACCIDENTELLE

Liés à une irradiation très forte
à fort débit
homogène

Peu vraisemblable en cas de
contamination interne ou externe

Accident de TOKAI MURA (Japon)

*Effet contrôlé recherché en radiothérapie
avant greffe de moelle osseuse*

IRRADIATION LOCALISÉE

Exposition de la peau

à fort débit de dose

5 Gy < D > 10 Gy : Érythème (coup de soleil)

10 Gy < D > 20 Gy : Radiodermite

2x5 Gy < D : Radionécrose

à faible débit de dose

D > 20 Gy : modifications esthétiques

- Signes cutanés plus précoces et plus sévères pour des doses plus élevées
- Évolution longue : mois

EXEMPLE D'IRRADIATION AIGUË ACCIDENTELLE PERTE DE SOURCE DE GAMMAGRAPHIE

Yanango (Pérou) 20 février 1999



**Radiographie sur la tuyauterie
d'une usine hydroélectrique :
vérification des soudures**



Photo 2. Source pigtail connected to drive cable.

Source ^{192}Ir
1370 GBq (40 Ci)
contact 6 heures
20 février 1999

Les doses calculées **en GRAY** par les médecins péruviens ont donné les résultats suivants :

peau (1cm) :	10000
tissus mous (2 cm) :	2500
tissus mous (5 cm) :	400
fémur et artère fémorale (7 cm) :	140
gonades (18 cm) :	23
rectum (20 cm) :	18

Traitements médicaux entamés le lendemain

traitement au Pérou de février jusqu 'au 28 mai
traitement à l 'hôpital Percy jusqu 'au 17 octobre

Décès du patient fin année 2001

LE CHOC DES PHOTOS

ÂMES SENSIBLES

S 'ABSTENIR

ça n 'est pas une plaisanterie

PERTE DE SOURCE DE GAMMAGRAPHIE

**DOSE EN
PROFONDEUR
ESTIMEE A
30 - 40 Gy (g)**



EFFETS STOCHASTIQUES CANCÉRISATION

PAS DE SEUIL RECONNU

CARACTERE ALEATOIRE

GRAVITE INDEPENDANTE DE LA DOSE

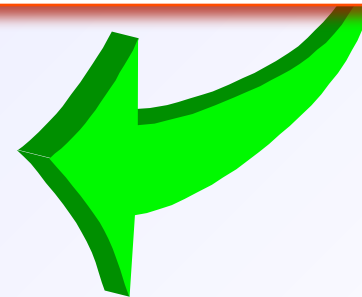
FREQUENCE PROPORTIONNELLE A LA DOSE

NON CARACTERISTIQUES

TARDIFS

**INCONTESTABLES
PEU FRÉQUENTS
DIFFICILES A DÉTECTER**

ÉTUDES ÉPIDÉMIOLOGIQUES
avec leurs limitations
Expérimentation animale et cellulaire



Irradiation
externe

HIROSHIMA NAGASAKI

Pour 40 000 personnes 1950-1987	Cas attendus (témoins)	Cas observés	Excès
Leucémies Cancers solides	156 8100	231 8600	75 500
			575

Contamination interne

TCHERNOBYL (Thyroïde)

1800 CANCERS DE LA THYROÏDE (cumulés)

- INCIDENCE NATURELLE : 0,04/100 000
- INCIDENCE OBSERVEE : BELARUS : 3,4 / 100 000
GOMEL : 9,5 / 100 000

STABILISATION ACTUELLE DU BILAN

EFFETS REDOUTÉS DANS TOUTES LES CIRCONSTANCES

Possibles (mais peu probables) à faible dose

**Conditions normales de travail
accidents d'irradiation
accidents de contamination**

EFFETS GÉNÉTIQUES

Aucune observation objective chez l'homme

EFFETS TÉRATOGENES

Sensibilité particulière 8^{ème} à 16^{ème} semaine
D > 500 mGy
Retards mentaux,
malformations cérébrales