

RadioProtection Cirkus

Radioactivité

Nom de l'auteur : Marc AMMERICH

N° chrono : DOC-FO-18_2

Version du : 21 juin 2018

Le portail de la RP pratique et opérationnelle
www.rpcirkus.org - www.forum-rpcirkus.com

RADIOACTIVITÉ

SOMMAIRE

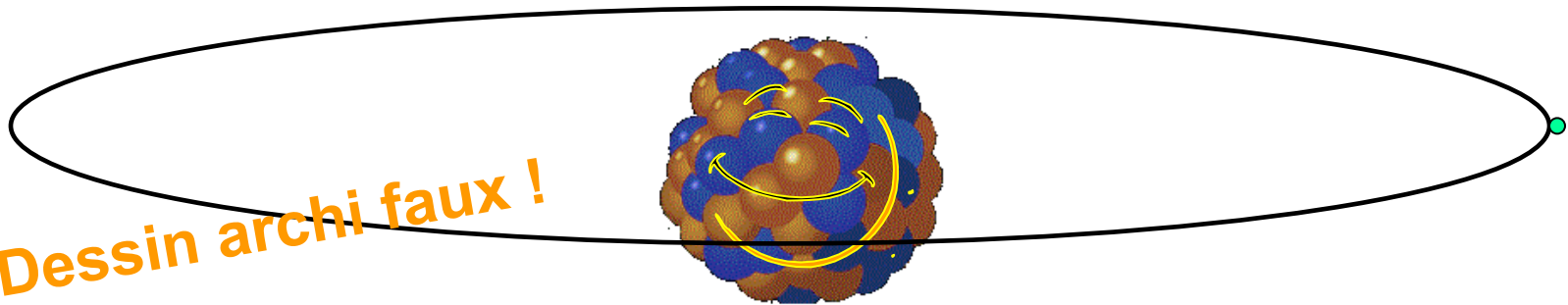
- Généralités
- Atomes stables et atomes radioactifs
- Énergie et intensité d'émission
- Modes de transformations
- Activité
- Période
- Filiation radioactive
- Activation neutronique



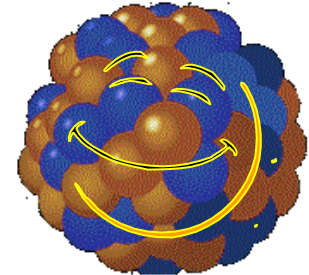
STRUCTURE DE L'ATOME

	Particules	Charge électrique	Masse
NOYAU	PROTON	positive	2000
	NEUTRON	0	2000
CORTEGE ELECTRONIQUE	ELECTRON	négative	1

Dessin archi faux !



REPRÉSENTATION DE L'ATOME



X : symbole de l'élément chimique

Z : nombre de protons (**numéro atomique**)

A : nombre de protons + nombre de neutrons
(**nombre de masse**)

Exemples :

1	12	127
H	C	I
1	6	53



ISOTOPES

Atomes de constitution différente appartenant au même élément chimique :

Exemples :

125

127

131

|

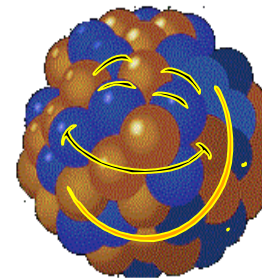
|

|

53

53

53



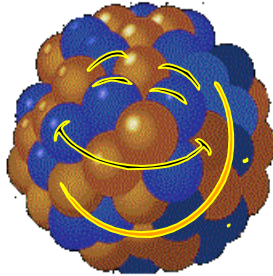
L'iode-127 est un atome stable.

Famille de l'iode

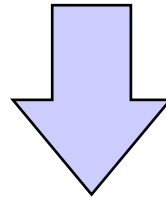


LA RADIOACTIVITÉ

Atomes stables : constitution inchangée sans intervention extérieure



Atomes instables : transformation spontanée

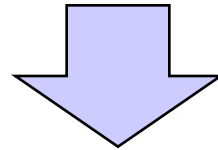


état de stabilité

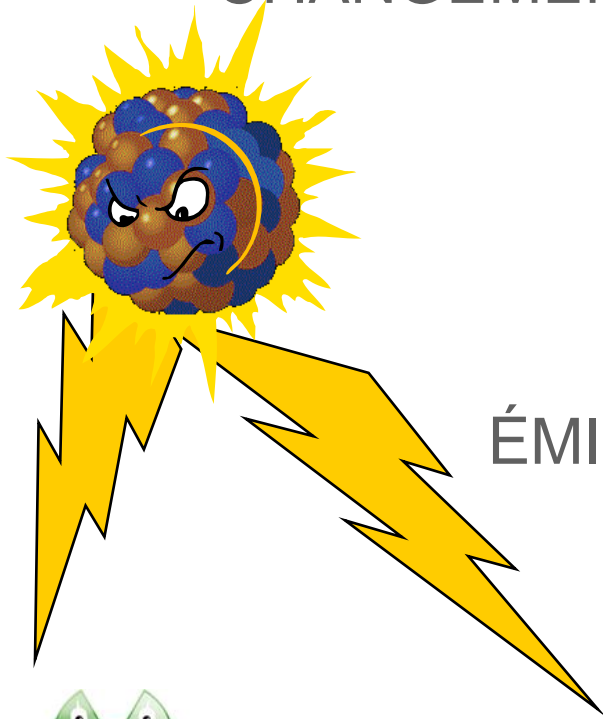


LA RADIOACTIVITÉ

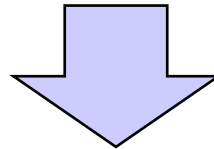
TRANSFORMATION SPONTANÉE



CHANGEMENT DE STRUCTURE DE L'ATOME



DÉSINTÉGRATION



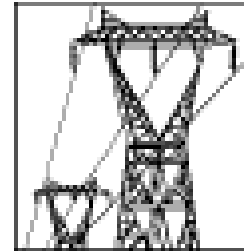
ÉMISSION DE RAYONNEMENTS
ÉNERGETIQUES



ÉNERGIE DES RAYONNEMENTS

Unités d'énergie connues :

Le kWh ou le joule
mesure d'une énergie importante

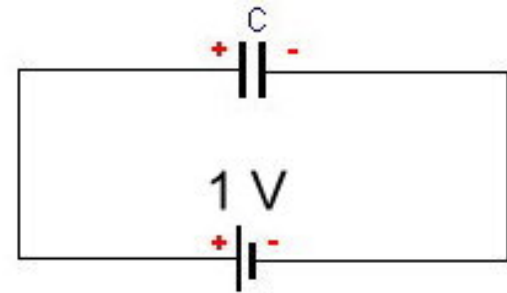


Pour les rayonnements : électronvolt eV

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

ou plutôt keV ou MeV

Énergies chimiques 10 eV



INTENSITÉ DES RAYONNEMENTS

Soit un atome radioactif émettant trois rayonnements différents : R_1 , R_2 , R_3

On suppose que sur 100 rayonnements émis :

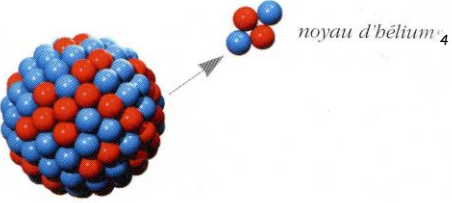
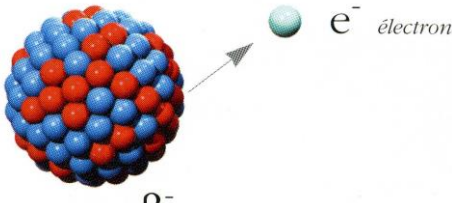
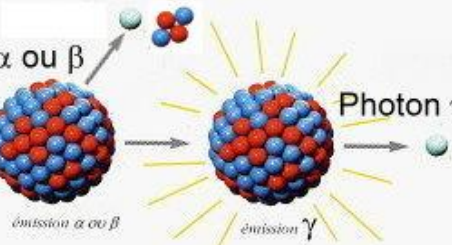
- 80 sont du type R_1
- 15 sont du type R_2
- 5 sont du type R_3

L'intensité d'émission est alors égale à :

$$I_1 = 80 \%, \quad I_2 = 15 \%, \quad I_3 = 5 \%$$



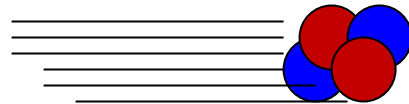
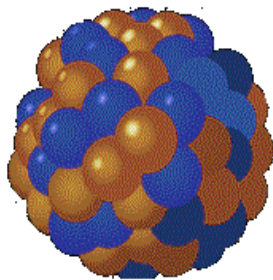
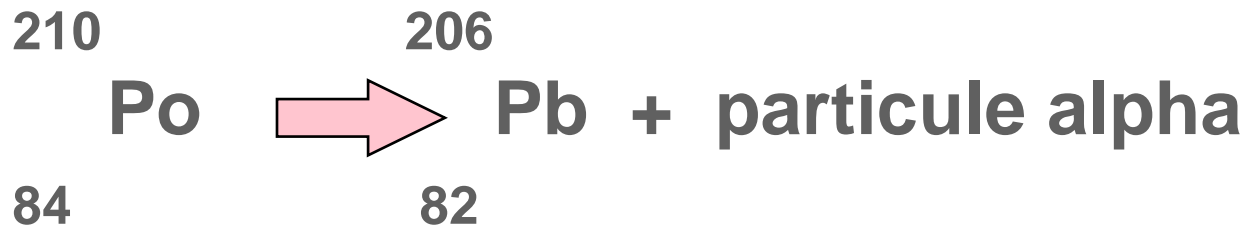
LES DIFFÉRENTS RAYONNEMENTS

	Type	Masse	Charge	Interaction	Energie
	α	7 345	+2	très forte	5 MeV
	β	1	-1	moyenne	0,5 MeV
	γ	0	0	très faible	1 MeV

LE RAYONNEMENT α

Association : 2 protons + 2 neutrons

Radioactivité concernant les atomes ayant trop de nucléons



$$E_{\alpha} = 4 \text{ à } 9 \text{ MeV}$$



LE RAYONNEMENT β

bêta moins

bêta plus

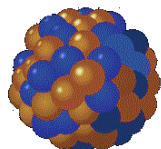
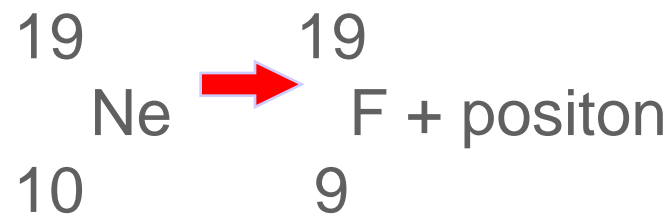
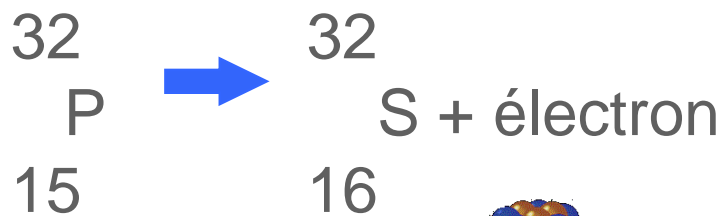
électron

positon
(électron "positif")



excès de neutrons

excès de protons

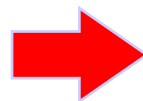


$$E_{\beta} = 10 \text{ keV à } 3 \text{ MeV}$$

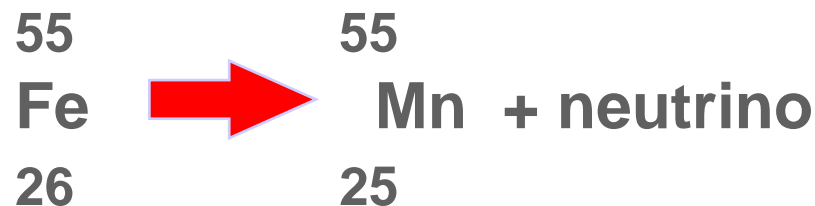
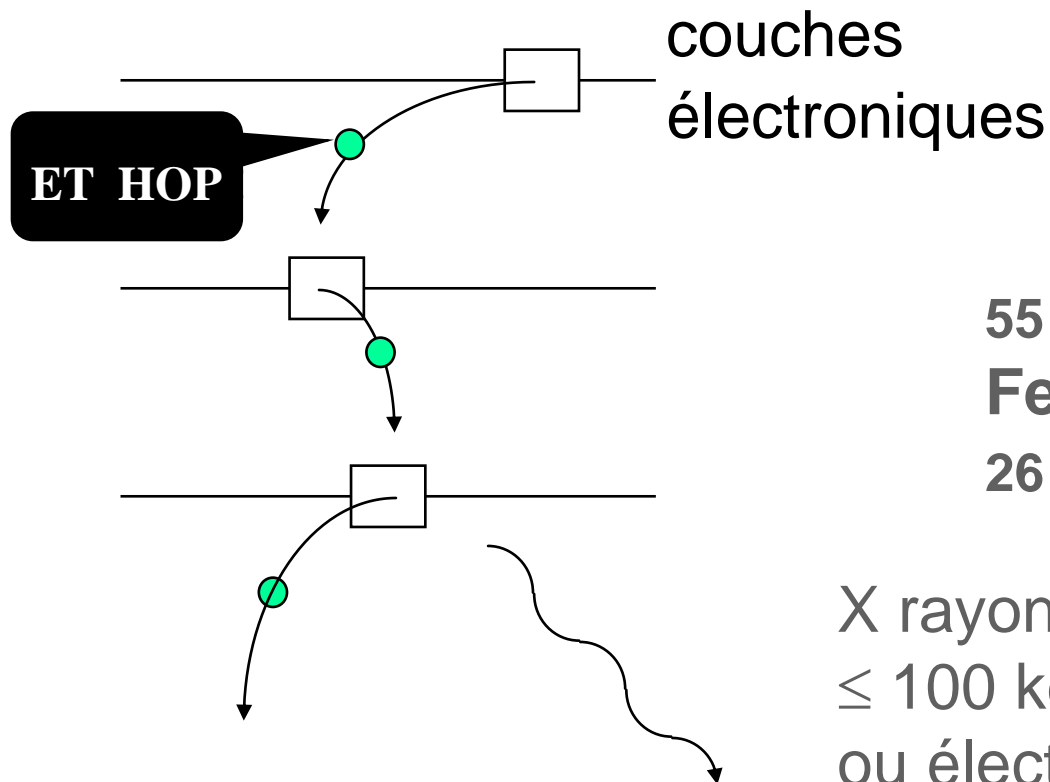


LE RAYONNEMENT X

Capture Électronique



Réarrangement du cortège électronique



X rayonnement électromagnétique
 ≤ 100 keV
ou électron Auger



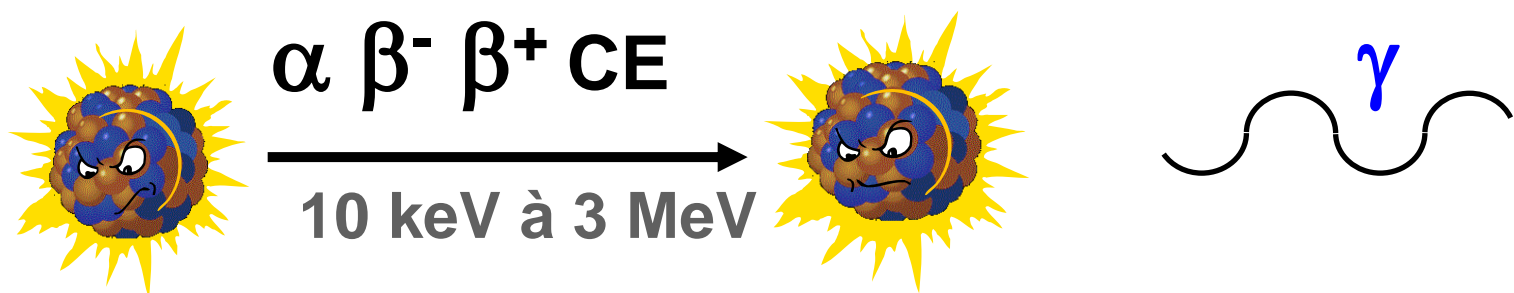
LE RAYONNEMENT γ

Rayonnement émis après une désintégration

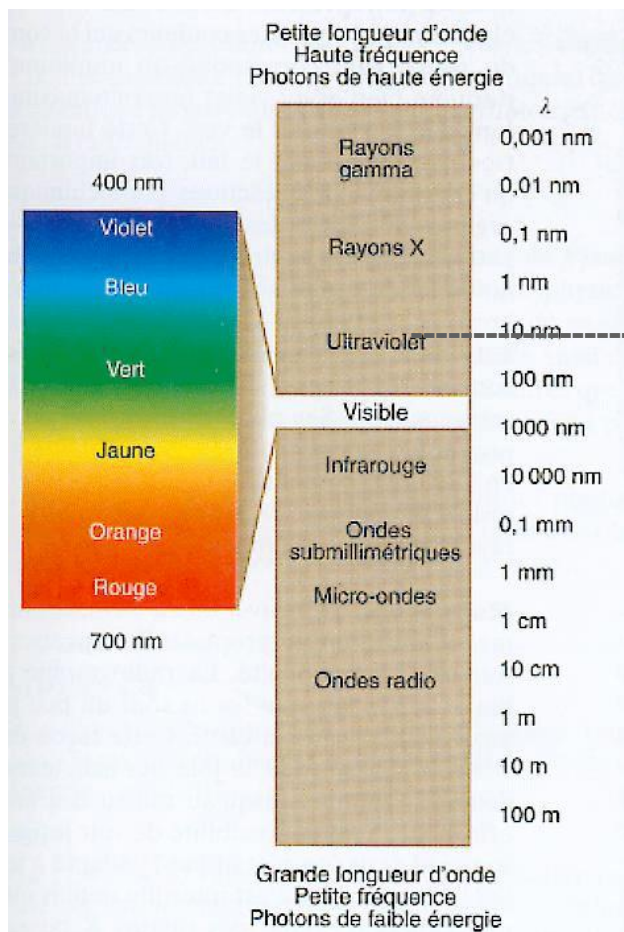
Énergie excédentaire

Rayonnement Électromagnétique

Concerne tous les types de radioactivité



Échelle des ondes électromagnétiques



$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

1 MeV

1 keV

1 eV

seuil d'ionisation

$$E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

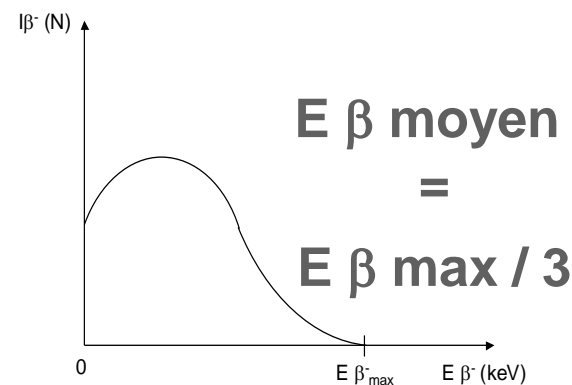
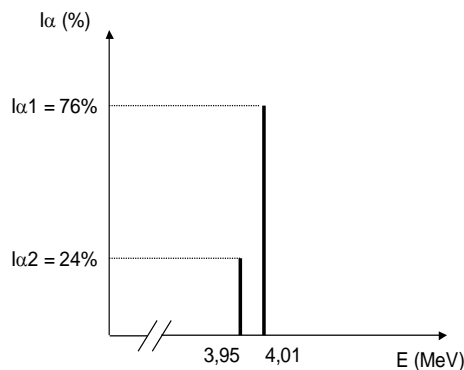


SPECTRES

Rayonnements α , X , γ : spectres de raies
une particule émise avec une énergie définie
Spectrométrie



Rayonnements β : spectres continus
deux particules émises
électron variant d'une énergie 0 à une énergie max



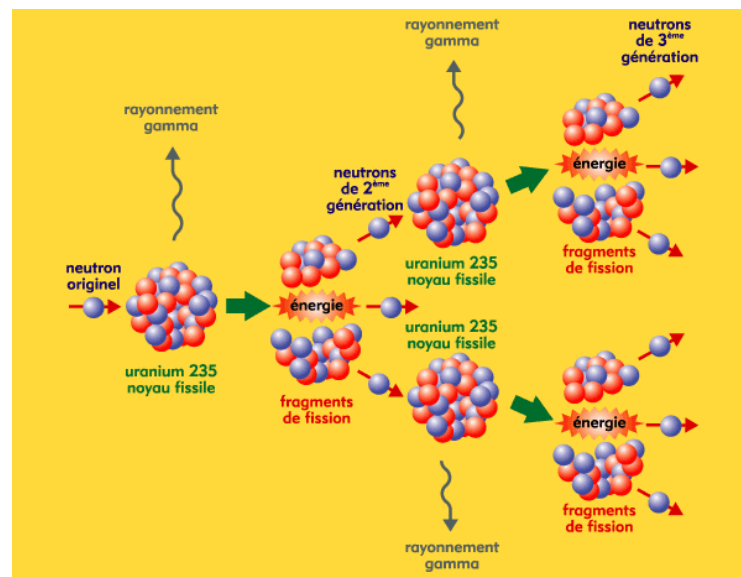
LE RAYONNEMENT NEUTRONIQUE

N'est pas vraiment issu de la radioactivité

Les fissions spontanées existent mais la probabilité est très faible. L'uranium a la propriété de fissionner spontanément, mais avec une très faible intensité ($5,4 \times 10^{-5} \%$).

FISSION ^{235}U ou ^{239}Pu

Combustible nucléaire



L'ACTIVITÉ

Nombre de transformations par unité de temps

Unité légale : **becquerel** (Bq)

1 Bq = 1 désintégration par seconde

1 kBq = 1 000 Bq

1 MBq = 1 000 000 Bq

1 GBq = 1 000 000 000 Bq

Ancienne unité : **curie** (Ci)

1 Ci = 37 milliards de Bq



LE TAUX D'ÉMISSION

Nombre de rayonnements par unité de temps

$$n \text{ (ryts/s)} = A \text{ (Bq)} \times I \text{ (\%)/100}$$

Pour **les désintégrations α β^- β^+ CE** la somme des intensités d'émission fait toujours 100 %.

Pour **la désexcitation γ** cela peut faire plus

Exemple :

$$A = 1000 \text{ Bq}$$

rayonnement β_1 : 30% rayonnement β_2 : 70%

$$n_{\beta_1} = 300 \text{ rayonnements } \beta_1 / \text{s}$$

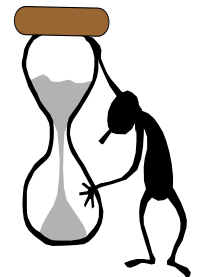
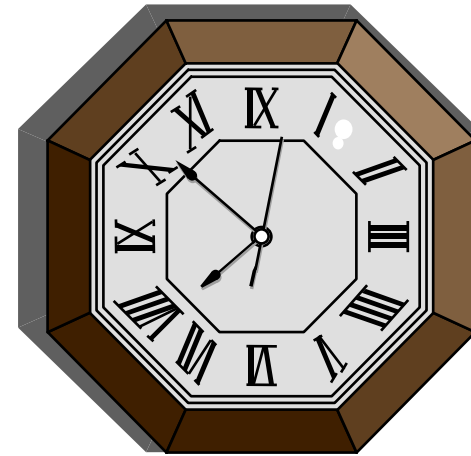


LA PÉRIODE

On l'appelle demie-vie au lycée.

Temps nécessaire pour que l'activité soit divisée par 2
Elle se note : T

Radionucléide	Période T
^{12}B	0,02 seconde
^{24}Na	15 heures
^{131}I	8 jours
^{60}Co	5,27 ans
^{238}U	4,5 milliards d'années



RELATION ACTIVITÉ - PÉRIODE

$$A = \frac{\text{Ln}2 \cdot N}{T}$$

A est l'activité en becquerels

N est le nombre de noyaux radioactifs

T est la période en secondes

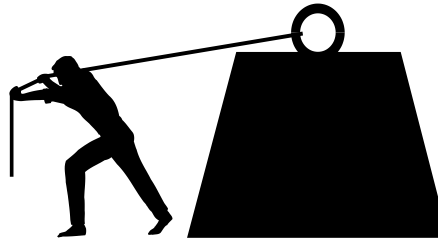
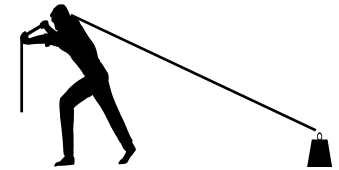
$\text{Ln}2 = 0,693$



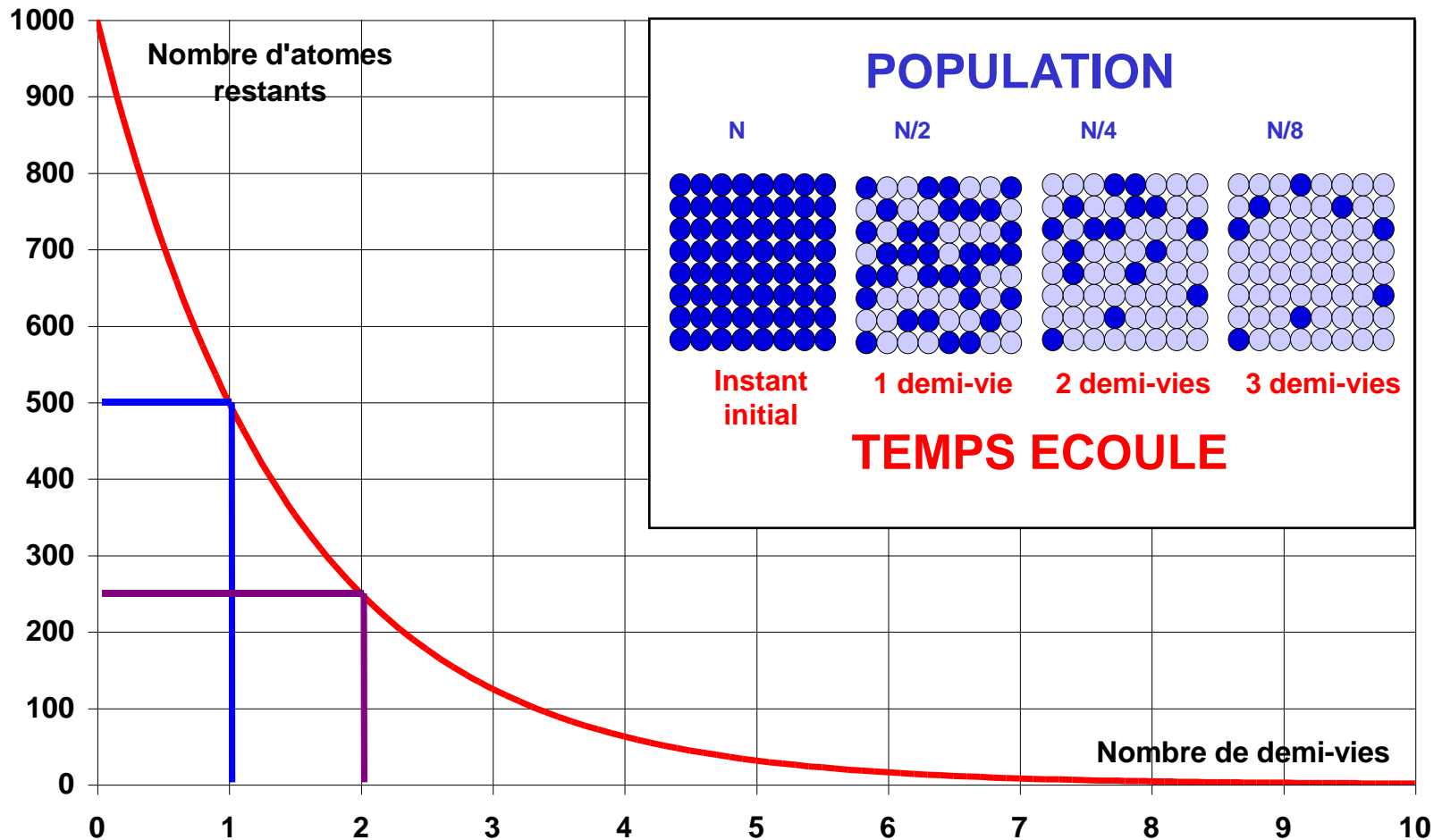
RELATION MASSE - ACTIVITÉ - PÉRIODE

Pour avoir une activité de 37 GBq,
quelle masse faut-il ?

Radionucléide	Période T	Masse
^{12}B	0,02 seconde	$2 \cdot 10^{-14}$ g
^{24}Na	15 heures	0,11 μg
^{131}I	8 jours	8 μg
^{60}Co	5,27 ans	0,9 mg
^{238}U	4,5 milliards d'années	3 tonnes



LA DÉCROISSANCE RADIOACTIVE



LA DÉCROISSANCE RADIOACTIVE

Au bout de 7 périodes il reste environ :
1/100 de l'activité initiale

Au bout de 10 périodes il reste environ :
1/1000 de l'activité initiale

ATTENTION !

Ce n'est pas parce qu'on a attendu 10 périodes qu'il n'y a plus d'activité.



LA DÉCROISSANCE RADIOACTIVE

$$A = A_0 \cdot e^{-\frac{\text{Ln}2 \cdot t}{T}}$$

A : activité à l'instant t

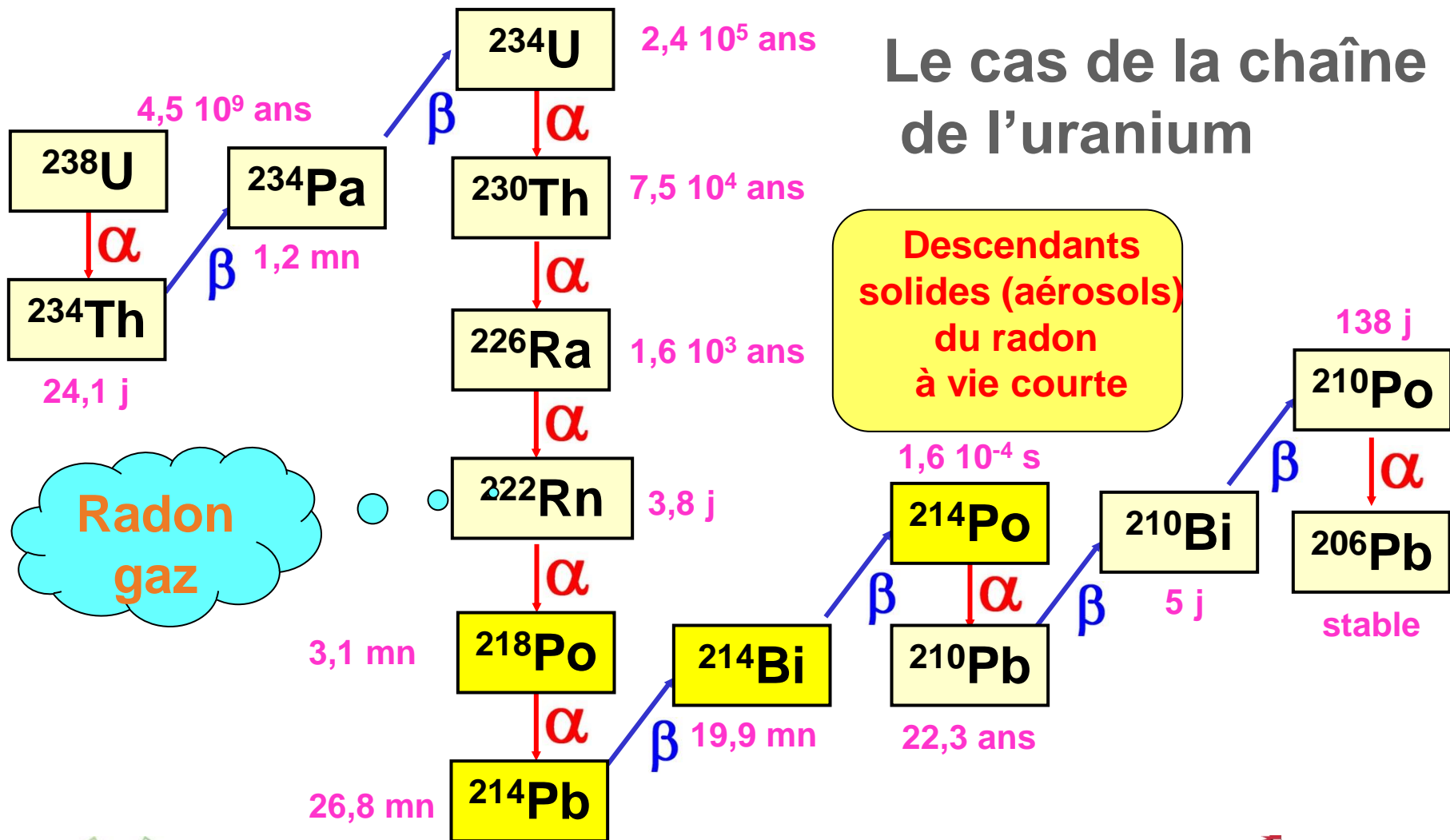
A_0 : activité initiale

T : période

t : temps de décroissance



LA FILIATION RADIOACTIVE



LA FILIATION RADIOACTIVE

Le cas de la filiation à deux corps (radioactifs)

$$A_2 = \frac{T_1}{T_1 - T_2} A_{1,0} \cdot \left(e^{-\frac{\text{Ln}2 \cdot t}{T_1}} - e^{-\frac{\text{Ln}2 \cdot t}{T_2}} \right)$$



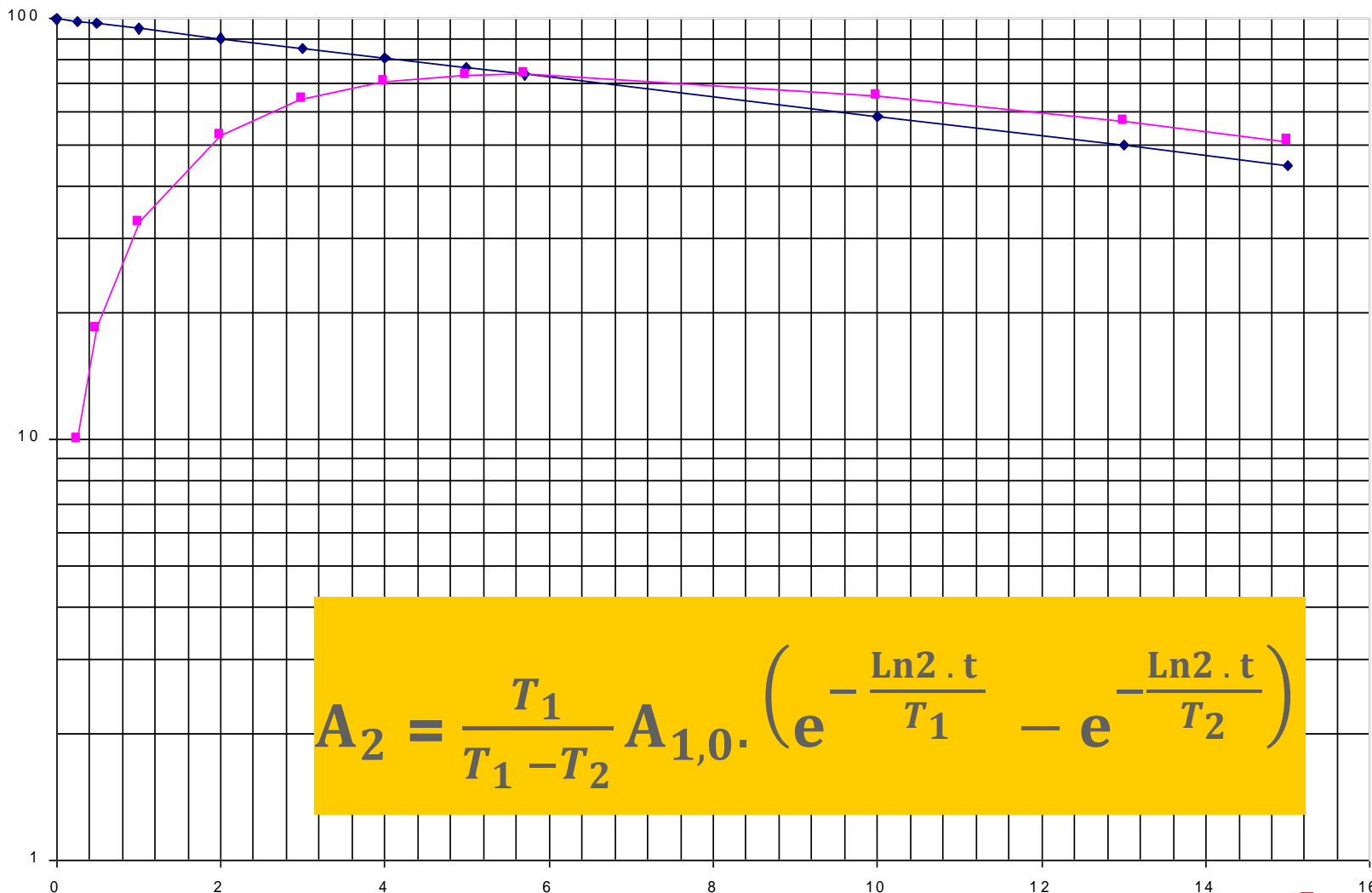
A_2 : activité à l'instant t du corps 2

$A_{1,0}$: activité initiale du corps 1

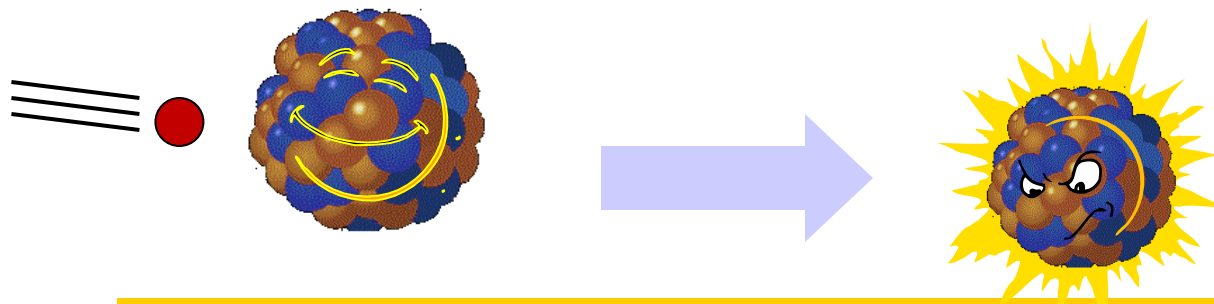
T_1 : période du corps 1 ; T_2 : période du corps 2

t : temps de décroissance

LA FILIATION RADIOACTIVE



L'ACTIVATION NEUTRONIQUE



$$A = N \cdot \sigma \cdot \dot{\Phi} \cdot \left[1 - e^{-\frac{\text{Ln}2 \cdot t}{T}} \right]$$

A : activité à l'instant t

N : nombre de noyaux activés

σ : section efficace en cm^{-2}

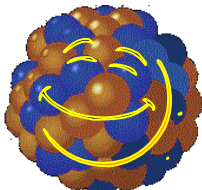
o

$\dot{\Phi}$: débit de fluence des neutrons en $\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

T : période du produit radioactif formé

t : temps d'activation





POUR RÉSUMER

Différents rayonnements provenant d'atomes instables
 α β^- β^+ X γ (particulaires ou électromagnétiques)

Énergie variant de quelques keV à 9 MeV selon le rayonnement

ACTIVITÉ (Becquerel) liée à la PÉRIODE
Décroissance radioactive

ACTIVITÉ (becquerel) liée à la PÉRIODE
Masse du produit

Filiation radioactive \longrightarrow produits stables ou **radioactifs**

Activation neutronique \longrightarrow **produits radioactifs**

