

LP42 : Fusion, fission

Niveau : L3

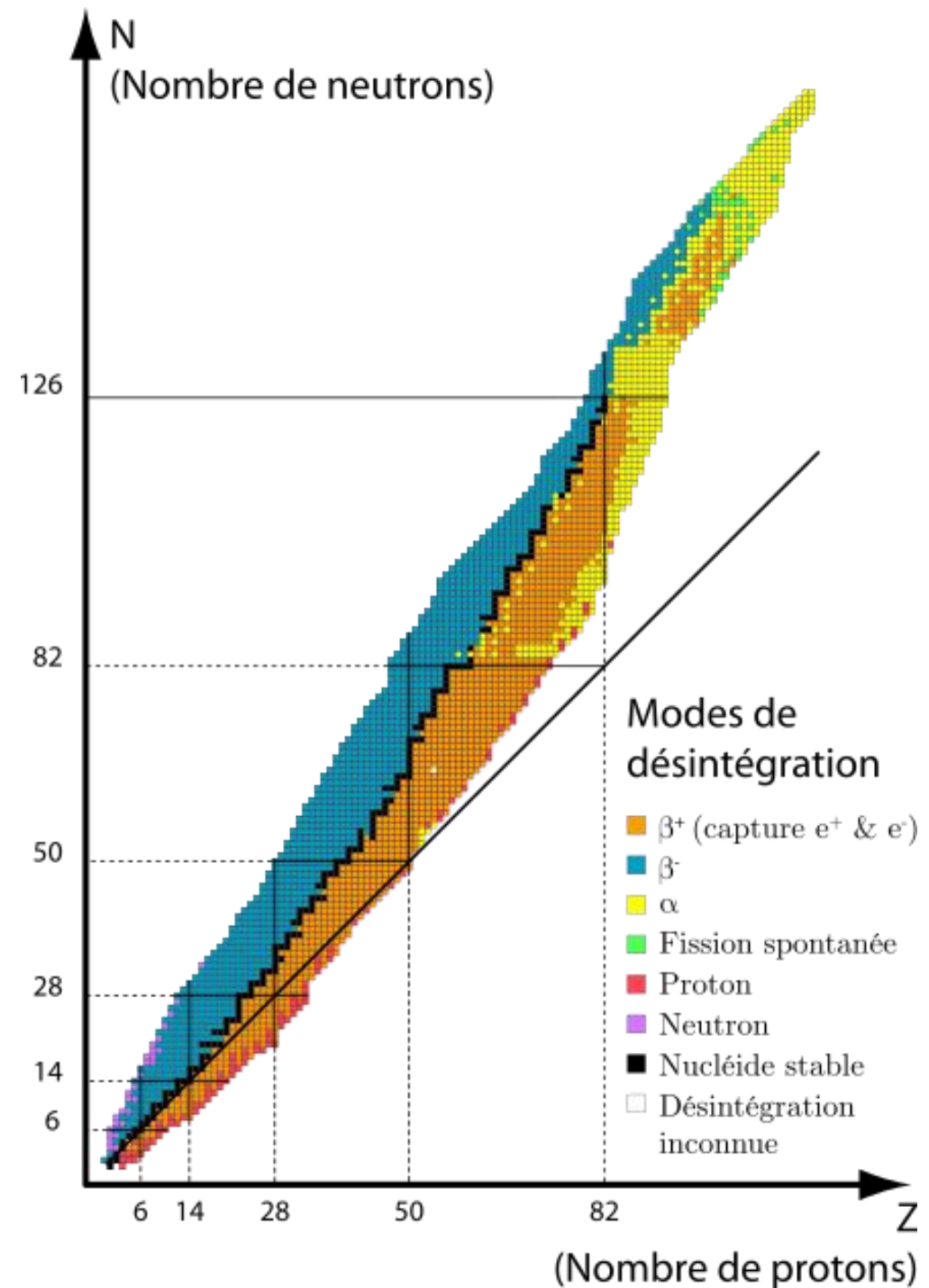
Prérequis : - interactions gravitationnelle et électromagnétique
- relativité : énergie de masse
- mécanique quantique : effet tunnel

Rappels : interactions

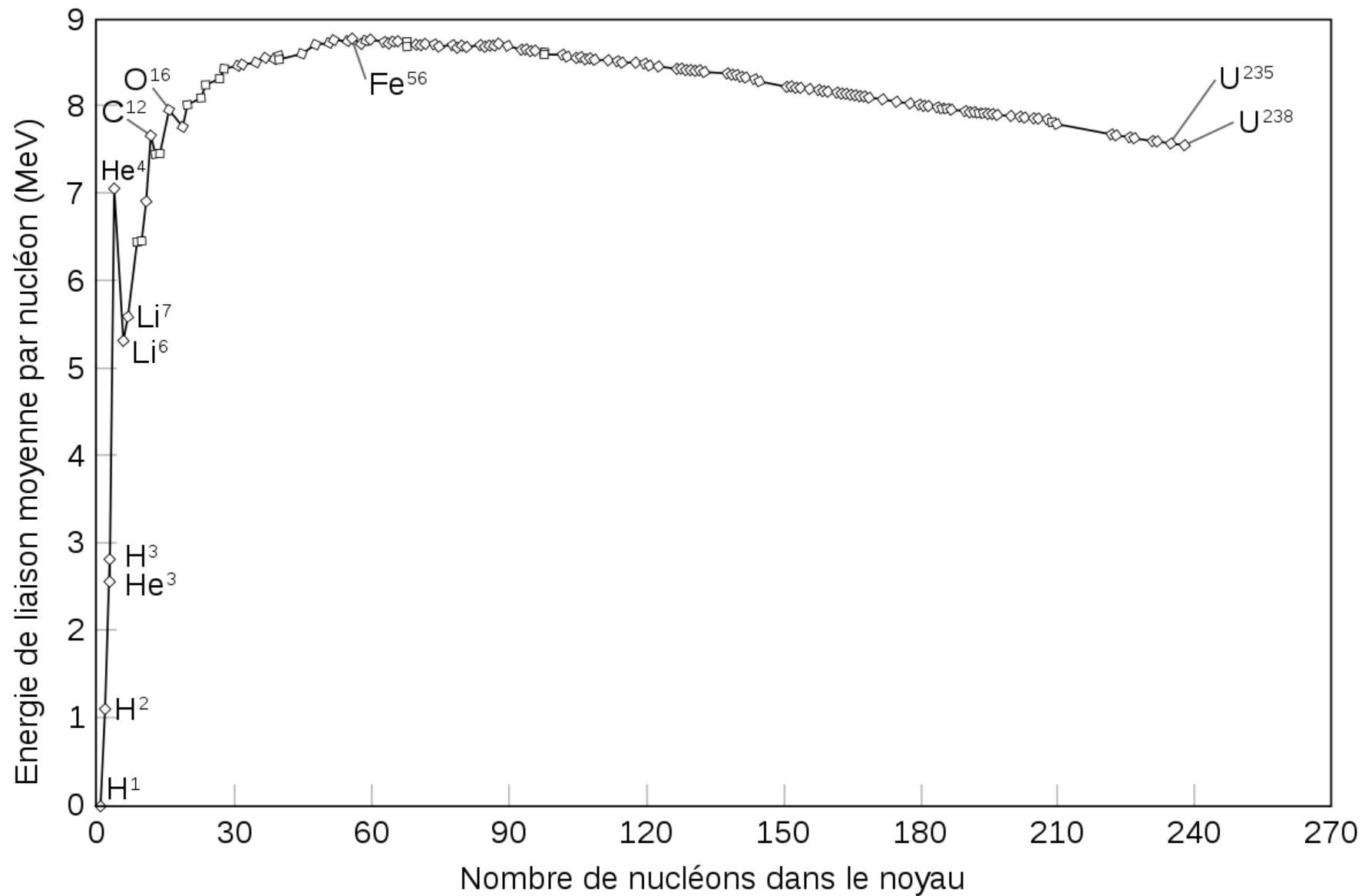
- **Interaction gravitationnelle** : interaction attractive entre deux corps possédant une masse (négligeable en physique atomique devant les autres interactions)
- **Interaction électromagnétique** : interaction attractive ou répulsive entre deux corps possédant une charge électrique

Diagramme N-Z

266 noyaux stables
sur plus de 3000
noyaux connus

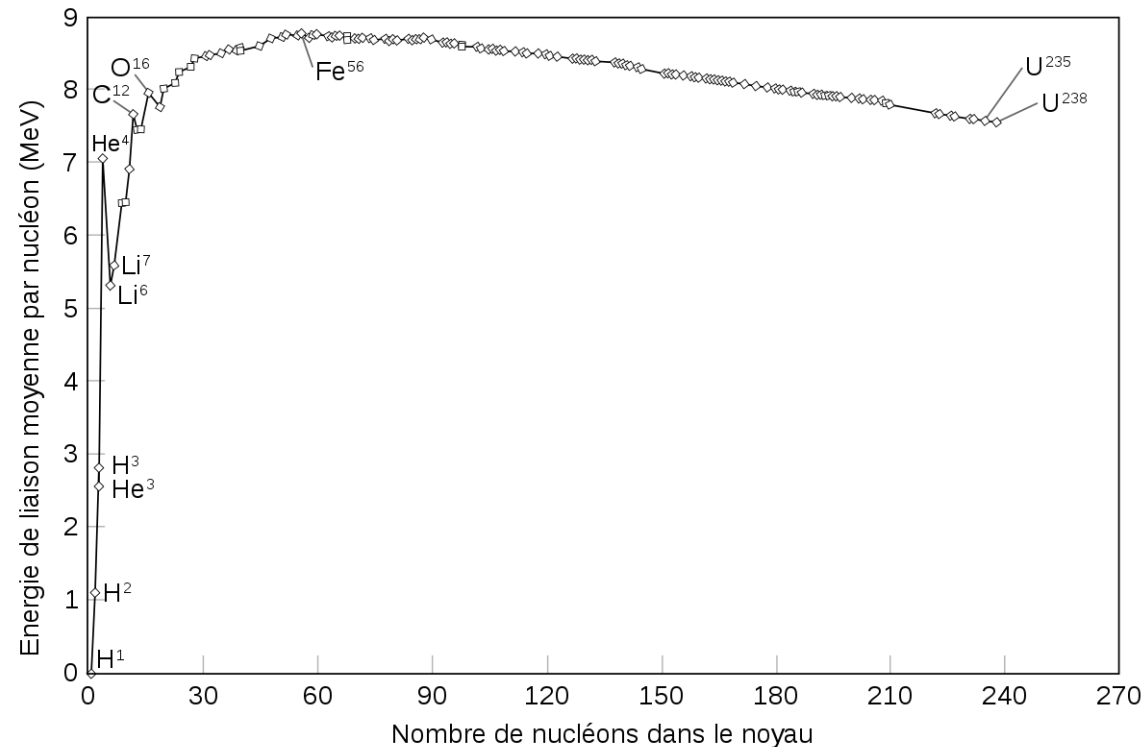


Courbe d'Aston



Formule de Bethe Weizsäcker

- Rayon d'un noyau : $R = R_0 A^{1/3}$
- Terme de volume : $a_v A$



Formule de Bethe Weizsäcker

- Rayon d'un noyau : $R = R_0 A^{1/3}$
- Terme de surface : $-a_s A^{2/3}$
analogue à la notion de tension de surface

Formule de Bethe Weizsäcker

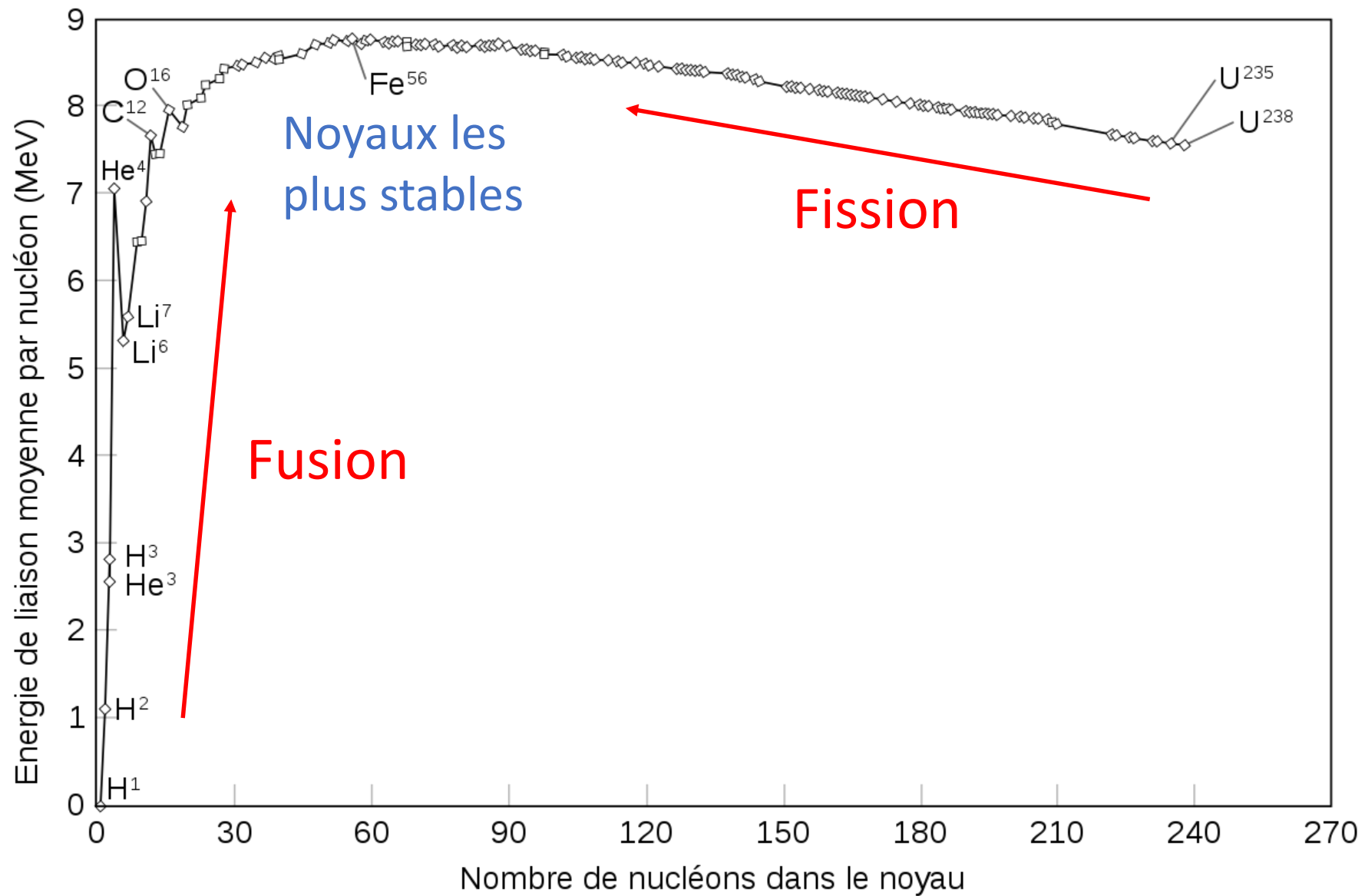
- Rayon d'un noyau : $R = R_0 A^{1/3}$
- Terme de surface : $-a_s A^{2/3}$
analogue à la notion de tension de surface
- Terme coulombien : $-a_c Z(Z-1) / A^{1/3}$
provient de la force de répulsion des protons

Formule de Bethe Weizsäcker

- Terme d'asymétrie : $-a_a(N-Z)^2 / A$
tend à égaliser le nombre de protons et de neutrons pour les noyaux légers ($Z < 30$)
- Terme d'appariement : terme qui favorise l'appariement des nucléons deux à deux pour former des paires

$$\delta(A) = \begin{cases} a_p A^{-3/4} & \text{pour } Z \text{ et } N \text{ pairs} \\ 0 & \text{pour } Z \text{ ou } N \text{ impair} \\ -a_p A^{-3/4} & \text{pour } Z \text{ et } N \text{ impairs} \end{cases}$$

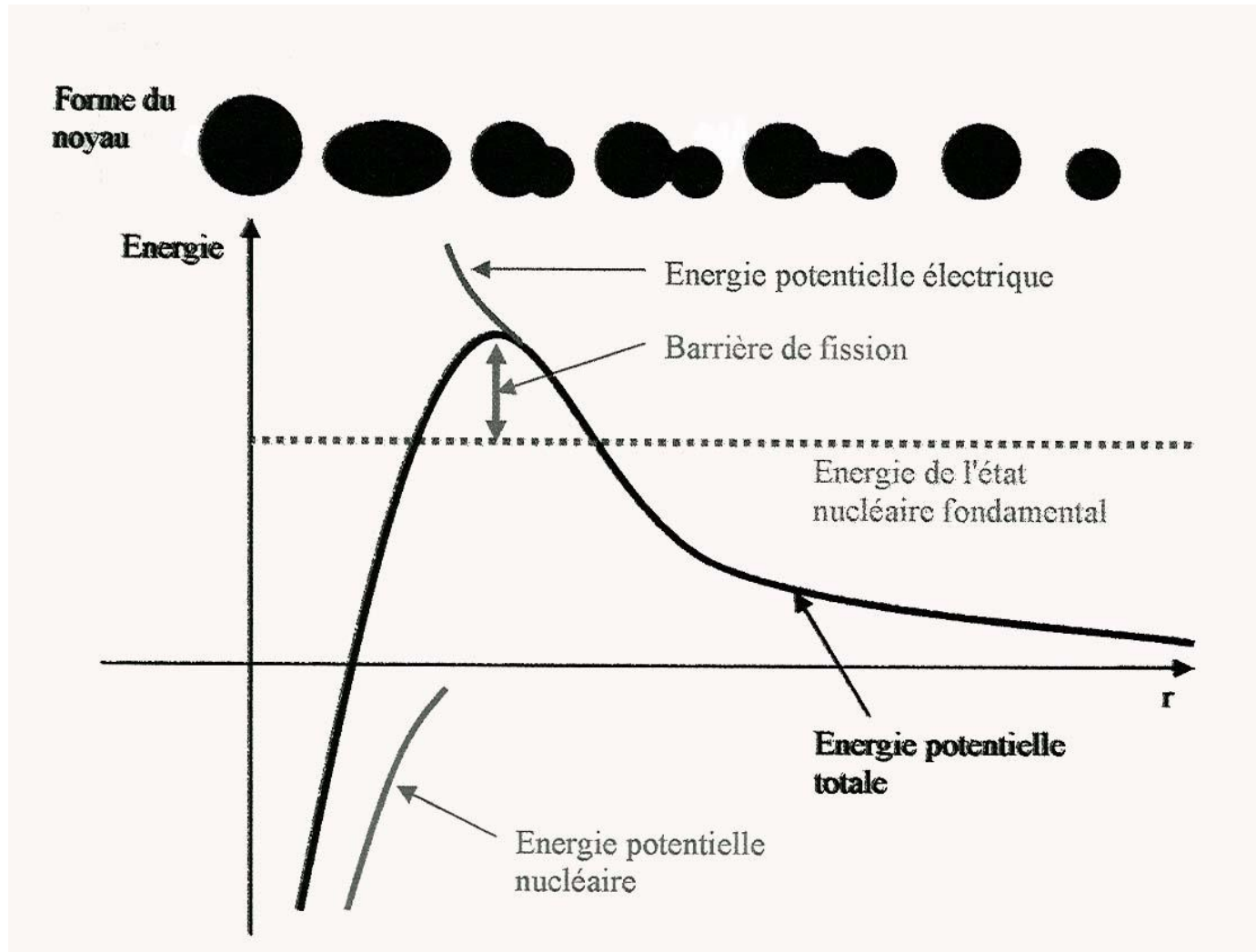
Courbe d'Aston



Deux types de fissions

- **Fission spontanée** : désintégration de noyau père sans absorption préalable d'un corpuscule, possible seulement avec des noyaux lourds comme : ^{235}U (processus radioactif de très grande période)
- **Fission induite** : noyau lourd capture une autre particule (généralement un neutron) et se désintègre en plusieurs fragments

Energie d'activation de la fission induite



Fission induite : exemple

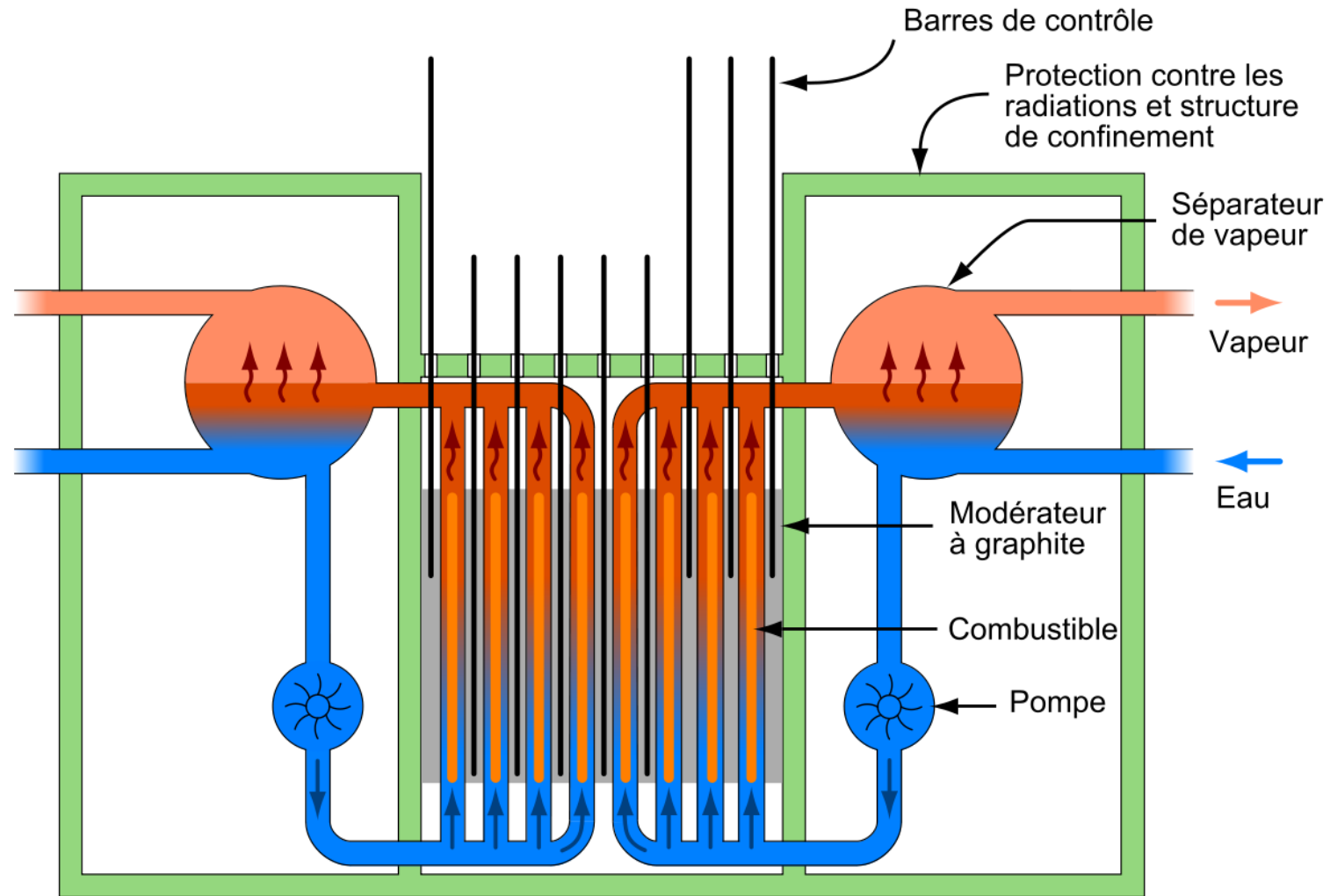


Production de neutrons qui peuvent être utilisés pour entretenir la réaction de fission : **réaction en chaîne**

Composants du cœur d'un réacteur nucléaire

- **Combustible** : noyau père de la réaction de fission
- **Barres de contrôle** : absorbent les neutrons pour ralentir fortement la réaction en cas de besoin (amovible)
- **Colporteur** : récupère l'énergie de la réaction sous forme de chaleur et la transporte hors du cœur
- **Modérateur** : ralentit la vitesse des neutrons pour éviter que le réacteur s'emballe

Schéma d'un réacteur à eau pressurisée (REP)

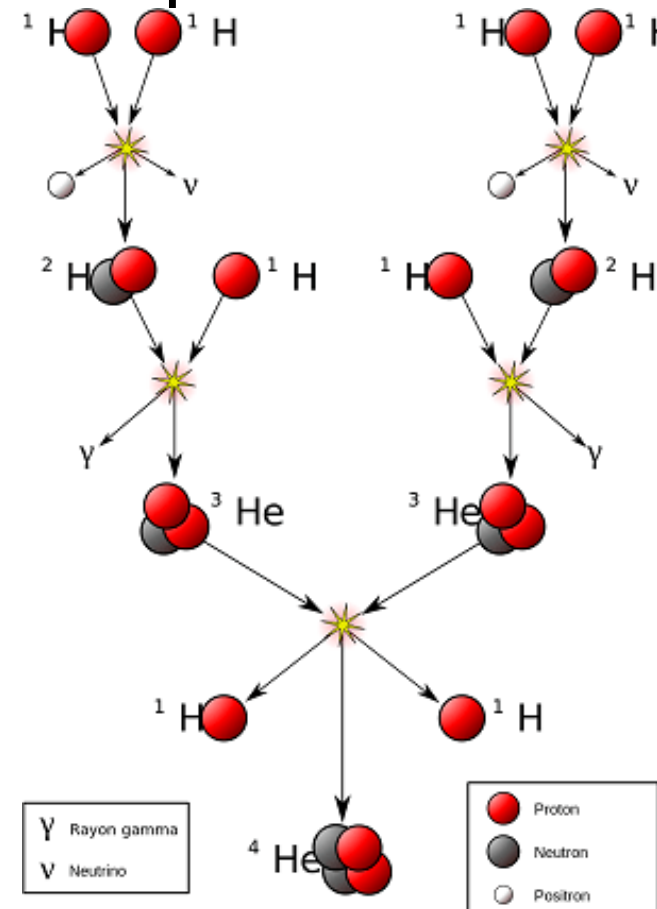


Modes de confinement

- **Confinement gravitationnel** : celui qui est exercé dans les étoiles
- **Confinement magnétique** : utilisation de champs magnétiques afin de confiner le plasma de particules (le plus étudié à l'heure actuelle)
- **Confinement inertiel** : utilisation de lasers grandes puissances

Réactions nucléaires dans les étoiles

- Formation d'une étoile à partir d'un amas d'hydrogène qui, sous l'effet de la gravitation, va s'effondrer sur lui-même (augmentation de la densité et de la température : confinement gravitationnel)
- A partir de $T=1,5 \cdot 10^7$ K, début de la fusion dans l'étoile :



Réactions nucléaires dans les étoiles

- Plus la masse d'une étoile est élevée et plus elle pourra créer des noyaux « lourds » (le Soleil ne pourra fusionner que jusqu'à l'oxygène)

