

# PHYSIQUE NUCLÉAIRE

## 1. CE QU'ON SAIT DÉJÀ

Z = proton

N = neutrons

A = nucléons

Quand seul le N change, on parle d'isotope.

→ 2 Isotope  $\Rightarrow$  même Z et même e<sup>-</sup> (donc même chimie et nom).

$${}^A_Z X = {}^{N+Z}_Z X = \frac{\text{Nucléons}}{\text{Protons}} X$$

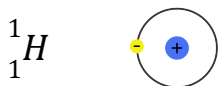
$$\text{Neutron} = {}^1_0 n = \frac{\text{Nucléons}}{\text{Charge}} n$$

$$\text{Proton} = {}^1_1 p$$

$$\text{Electron} = {}^0_{-1} e^{-}$$

$$\text{Positron (antiparticule de l'e}^{-}\text{)} = {}^0_1 e^{+}$$

## 2. CRÉONS DE LA MATIÈRE



→ masse  $\equiv 1,007276 \text{ uma (p)} + 0,000548 \text{ uma (e}^{-}\text{)} = 1,007824 \text{ uma}$

Exemple : calculer l'énergie de liaison :

"énergie de liaison" = L'énergie libérée quand le noyau se forme à partir de ces nucléons.

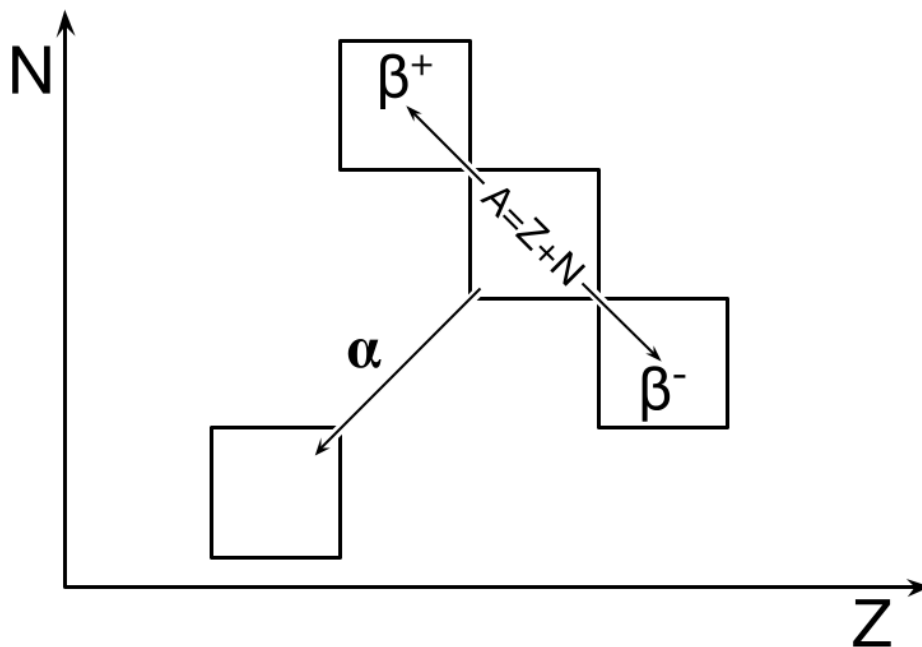
$$\begin{array}{rcl}
 {}^4_3\text{Li} & 3e^- & 3 \cdot 0,000548 \text{ uma} \\
 & 3p & \dots \\
 & 1n & \dots \\
 + & \hline
 = & & 4,032137 \text{ uma}
 \end{array}$$

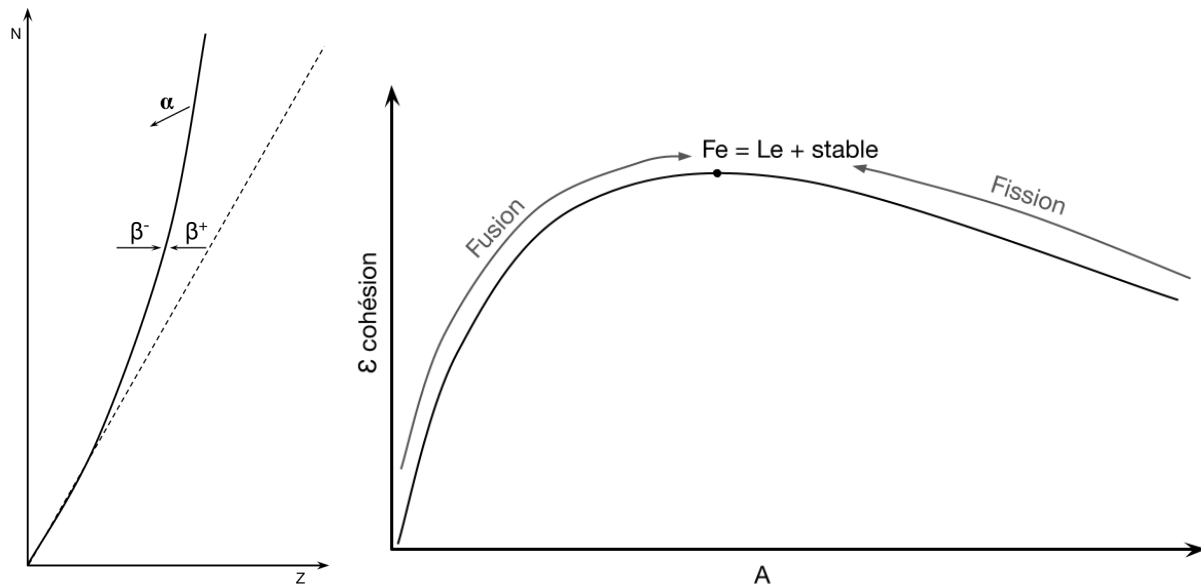
$$\Delta m \text{ (a partir des tables)} = 0,004955 \text{ uma}$$

$$\Delta m \cdot 931,5 = 4,616 \text{ MeV}$$

$$\text{Energie par nucléons} \equiv 4,616 \text{ MeV} / A = 4,616 \text{ MeV} / 4 = 1.154 \text{ MeV/nuc}$$

### 3. SYNTHÈSE RADIOACTIVITÉ $\alpha$ , $\beta^-$ , $\beta^+$ , $\gamma$





Synthèse  $\beta^-$  :

Convertir un n en p <sup>+</sup>	Noyau trop riche en n
$\beta^- \equiv {}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} \beta^-$	
<p>⚠ Dans un bilan de masse <math>\beta^-</math>, on ne prend pas en compte la masse de <math>\beta^-</math>.</p> ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} \beta^-$ $=$ $X \rightarrow Y^+ + \beta^-$ <p>Ou la masse de <math>Y^+ + \beta^- =</math> la masse de <math>Y</math></p>	

Synthese  $\beta^+$  :

Convertir un p <sup>+</sup> en n	Noyau trop riche en p <sup>+</sup>
----------------------------------	------------------------------------

$$\beta^+ \equiv {}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + {}^0_1 \beta^+$$

⚠ même remarque que pour  $\beta^-$

Synthese  $\alpha$  :

$$\alpha \equiv {}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 He (\alpha)$$

Synthese  $\gamma$  :

$$\gamma \equiv {}^A_Z X^* \rightarrow {}^A_Z X + {}^0_0 \gamma$$

\* état excité

Synthese fission :

$${}^A_Z X \rightarrow {}^B_V Y + {}^C_U W + 3 \cdot {}^1_0 n$$

$$B + C = A - 3 \text{ et } B > C$$

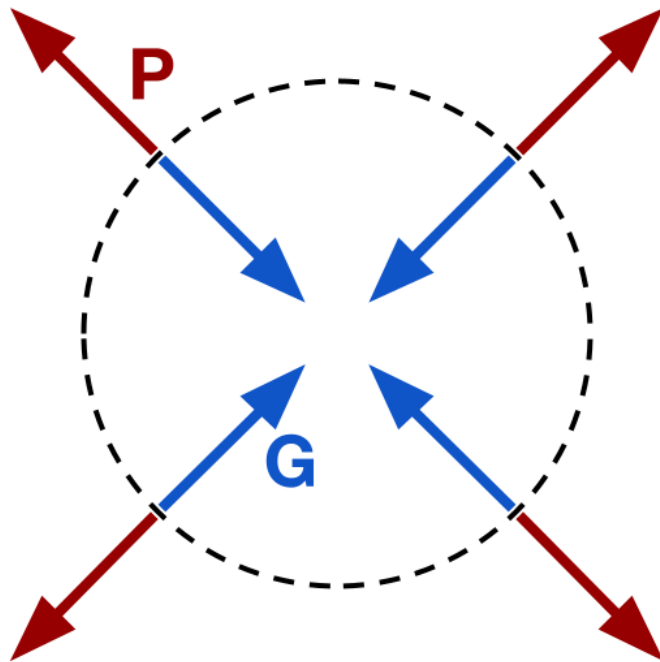
$$V + U = Z \text{ et } V > U$$

Ex :

$${}^{252}_{98} Cf \rightarrow {}^{106}_{43} Tc + {}^{143}_{55} Cs + 3 \cdot {}^1_0 n$$

Après, ces 2 noyau vont évoluer vers la stabilité par réaction  $\beta^-$ .

#### 4. NUCLÉOSYNTÈSE STELLAIRE



Tant que l'étoile conserve un équilibre parfait entre gravité et pression, l'étoile est en vie. Dès que cet équilibre se brise, elle meurt.

Force	Direction	Origine
Gravité	Vers l'intérieur	Masse de l'étoile
Pression thermique	Vers l'extérieur	Fusion nucléaire dans le cœur

La pression (thermique) est créée par la fusion qui a lieu dans les étoiles vivantes.

Dans les étoiles vivantes, la seule réaction est la fusion.

La fusion s'arrête au fer. Aucun atome plus lourd ( $Z > 26$ ) que le fer est formé dans les étoiles vivantes. .

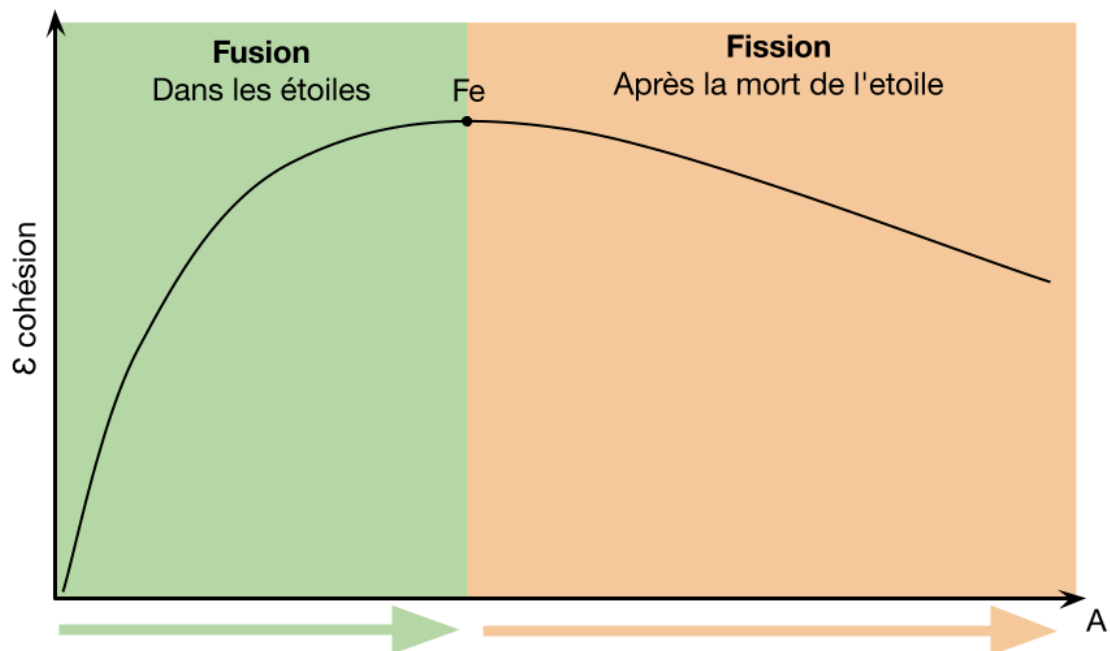
## Vie d'une étoile typique :

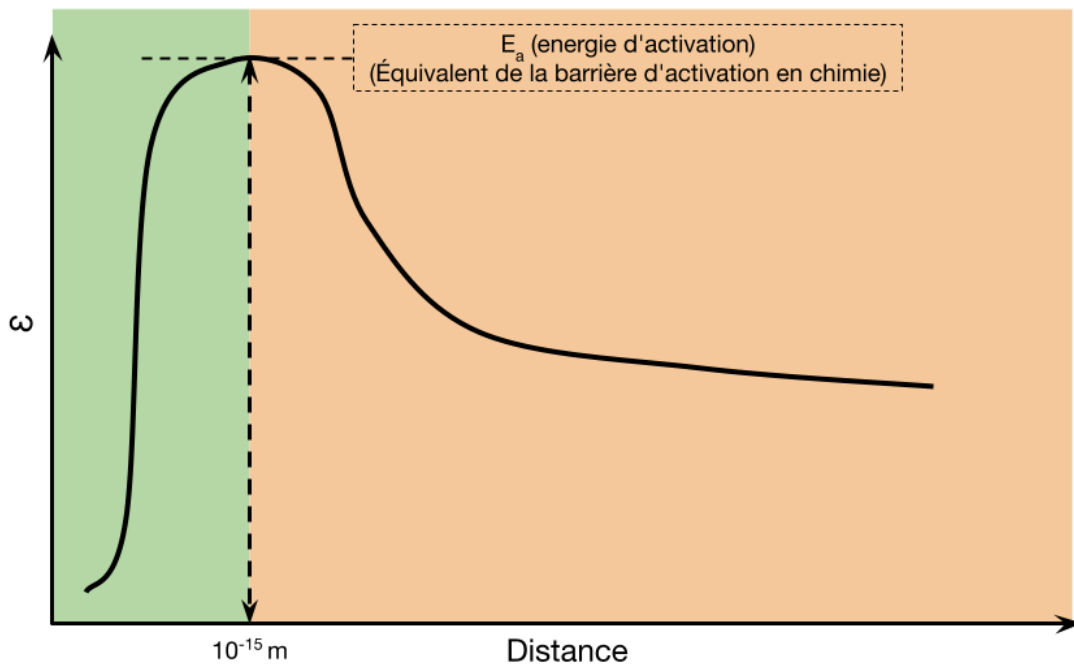
1. il y a 1 nuage de gaz.
2. Sous l'effet de la gravité, la périphérie du nuage est attirée par son centre. Donc le nuage devient de plus en plus petit.
3. A un moment le nuage est si massif qu'il s'effondre sur lui-même.
4. Plus il devient petit plus la température  $\nearrow$ .
5. La chaleur et la pression déclenchent la fusion.
6. Les atomes s'assemblent entre eux, fusionnent pour en former de plus gros.
7. La fusion produit de l'énergie et maintient en vie l'étoile.
8. La fusion s'arrête au fer, car la fusion du fer consomme de l'énergie. Aucun élément plus lourd que le fer n'est formé par fusion.
9. A un moment il n'y a plus d'atomes à fusionner. Donc l'étoile ne produit plus d'énergie et la pression chute. L'étoile ne peut plus résister à la gravité générée par sa propre masse.
10. L'étoile s'effondre sur elle-même.  $\Rightarrow$  SUPERNOVA.
11. Pendant la supernova, des neutrons libres sont projetés à haute vitesse et capturés par des noyaux existants.
12. Ces noyaux deviennent instables et se transforment en éléments plus lourds par désintégration bêta. C'est ainsi que sont créés les éléments plus lourds que le fer.
13. Il y a une explosion gigantesque.
14. Ensuite tous ces atomes s'assemblent entre eux pour former des molécules.

<https://www.youtube.com/watch?v=HK4gX0EuAq0>

- 👉 Les éléments plus légers que le fer (Fe) sont formés pendant la vie de l'étoile,
- 👉 Les éléments plus lourds que le fer sont formés à la mort de l'étoile... ou après.

Élément	Moment de formation	Mécanisme principal
$H \rightarrow He$	Vie de toutes les étoiles	Fusion
$He \rightarrow C \rightarrow O \rightarrow \dots$ $\rightarrow Fe$	Vie des étoiles massives	Fusion
$> Fe$ (or, uranium...)	Mort des étoiles massives ou collisions d'étoiles à neutrons	Capture de neutrons, explosion





### ■ Force électromagnétique

Dans cet ordre de distance ( $>10^{-15} \text{ m}$ ) ce sont les forces électromagnétiques qui régissent les interactions entre les particules.

Quand 2 particules sont espacées de plus de  $10^{-15} \text{ m}$ , elles se repoussent.

Une fois passé  $10^{-15} \text{ m}$ , les 2 particules s'attirent et s'assemblent pour former un atome.

Il faut énormément de force pour que 2 particules passent cette barrière. C'est pour ça que, sur terre, on doit accélérer hyper vite 2 particules dans des accélérateurs de particules pour passer cette barrière d'activation et donc faire fusionner les 2 particules. Si les 2 particules ne sont pas assez rapides, il n'y a pas assez de force pour contrer les forces électromagnétiques qui font qu'elles se repoussent.

### ■ Interaction forte

C'est la force qui régit l'interaction entre les particules, quand les particules sont à moins de  $10^{-15} \text{ m}$  de distance, quand les particules sont distantes de moins de  $10^{-15} \text{ m}$ .

## 5. FUSION ARTIFICIELLE : Faut pas coco



## 6. RADIOACTIVITÉ ↔ MESURE, SANTE

Compteur Geiger ⇒ mesure la radioactivité en événement par seconde (ev/s)

↳  $\text{ev/s} = 1 \text{ Bq (becquerel)}$

A savoir :	Feuille de papier	stop un $\alpha$
	Mur de brique ou feuille de plomb	stop un $\gamma$
	Mur en béton de plusieurs mètres	stop un $\gamma$

## 7. CENTRAL NUCLÉAIRE: Faut pas coco

## 8. ACTIVITÉ NUCLÉAIRE

---

Je continue avec si le temps

---

## TOUTE LES FORMULES ET SYMBOLE QUE JE VOIS

## ELECTROMAGNÉTISME

### Induction

*Equation :*

$$\Phi = B_{\perp} S = BS_{\perp} = BS \cos\theta$$

$$\varepsilon_{\text{Moyenne}} = \frac{-\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$U = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\Delta\phi = \frac{U.\Delta t}{n}$$


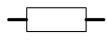
$$\Delta B = \frac{\Delta\phi}{S} = \frac{U.\Delta t}{n.S}$$

$$U = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{B\Delta S}{\Delta t} = \frac{B.l.\Delta x}{\Delta t} = B.l.v$$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$B = \frac{n}{L}.I.\mu$$

*Symbole :*

	Nom	Unite (SI)	Remarque	Signification
$\Phi$	Flux magnétique	Tm <sup>2</sup> ou Wb	1 Wb = 1Tm <sup>2</sup>	Quantité de champ magnétique traversant une surface
$B$	Champ magnétique (ou induction)	Wb/m <sup>2</sup> ou T	1 Wb/m <sup>2</sup> = 1T	Force magnétique par unité de charge et de vitesse
$S$	Surface	m <sup>2</sup>		Surface/"section" du conducteur
$\theta$	Angle	° (degree)	Voir formul $\Phi$	L'angle du champ magnétique avec la normal du conducteur
$t$	Temps	s		Variable temporelle
$\epsilon_{Moy}$	Force électromotrice induite (f.é.m. induite)	V (volt)		Tension créée par un champ magnétique variable. Correspond à la différence de potentiel aux bornes du circuit ouvert
$U$ ou $V$	Tension (ou différence de potentiel)	V (volt)	1 V = 1 J/C	Travail nécessaire pour déplacer une charge
$n$	Nombre de spire de la bobine			
$l$	Longueur ou largeur de la surface	m		
$v$	Vitesse	m/s		
$I$	Intensité du courant électrique	A	Circule du + vers le -	Quantité de charge par unité de temps
$R$	Résistance électrique	$\Omega$ (ohm)	 ou 	Opposition au passage du courant
$\mu$	Perméabilité relative			

Note : Dans beaucoup de cas  $\varepsilon_{Moy} = U (= V)$

*Note :*

L'induction électromagnétique est le processus par lequel un courant est induit, autrement dit "généré" ou "créé", par un champ magnétique variable.

## **Conséquences**

*Equation :*

$$P = U \cdot I$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

*Symbole :*

	Nom	Unite (SI)	Remarque	Signification
$P$	Puissance électrique	W (Watt)		Énergie électrique transférée ou consommée par unité de temps




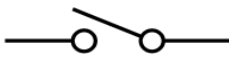

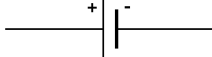


**RLC**

*Equation :*

$$Q = C.U$$

$$U = \frac{Q_0}{C}$$

*Schéma :*

Schéma	Nom	Unité (SI)	Signification
	Résistance	Ohm ( $\Omega$ )	S'oppose au passage du courant électrique ( $I$ )
	Self	Henry (H)	Bloque le courant et le laisse progressivement passer (de 0% à 100%).
	Condensateur	Farad (F)	Stocke des charges électriques et libère de l'énergie rapidement.
	Interrupteur	-	Ouvre ou ferme manuellement un circuit électrique.
	Multimètre	Volt (V)	Mesure la tension électrique entre deux points.
	Générateur	Volt (V)	Fournit une tension continue pour alimenter un circuit.
	Générateur alternatif	Volt (V)	Fournit une tension variable dans le temps (AC).
	Générateur	Volt (V)	Représente un générateur en général (DC ou AC selon contexte).



*Symbole :*

	Nom	Unite (SI)	Remarque	Signification
$Q$	Charge électrique	Coulomb (C)		Quantité d'électricité
$C$	Capacité (d'un condensateur)	Farhat (F)		Capacité à stocker des charges par unité de tension
$W$	Travail ou énergie	Joule (J)		Quantité d'énergie (souvent électrique ou mécanique)





---

A trier :

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} = A_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}}$$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} = N_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}}$$

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda t} = m_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}}$$

$$n = n_0 \cdot e^{-\lambda t} = n_0 \cdot 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

## UNITÉ DE MESURE (radioactivité)

↳ Les unités habituel ne sont pas à adapter au mode subatomique dcp on en utilise d'autre.

### 1. Unité de masse atomique

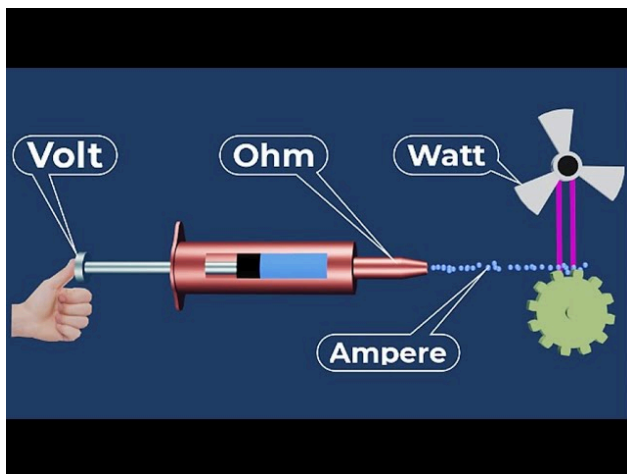
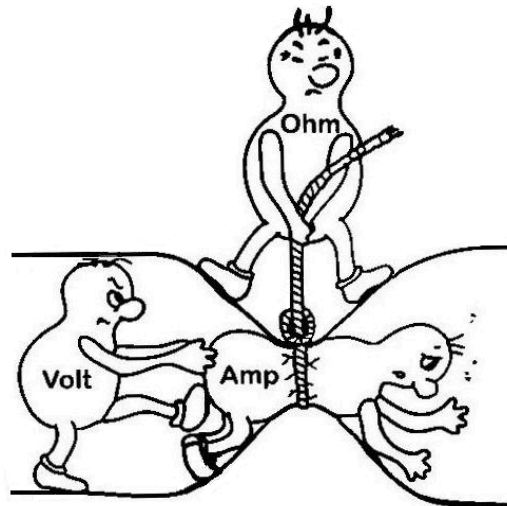
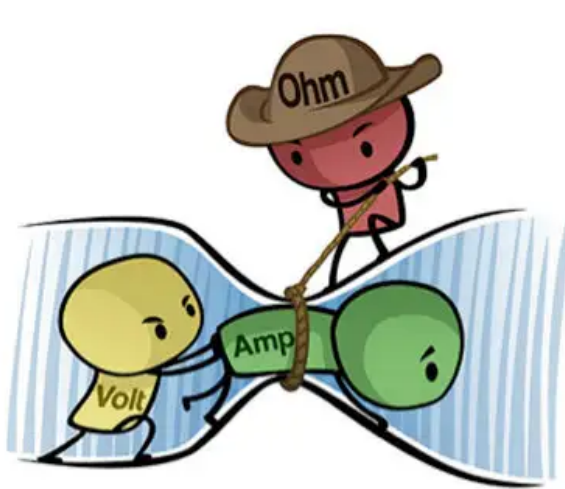
En fait c'est bandant de travailler avec des puissances de 10 dcp on a créé le u.m.a.

$$1 \text{ uma} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$$

### 2. L'électron-volt

Énergie cinétique acquise par un électron accéléré par une différence de potentiel électrique de 1 volt.

$$1 \text{ eV} = 1,$$



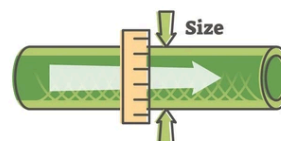
## ELECTRICITY COMPARED TO WATER



**VOLTAGE**  
Volts (V)



**CURRENT**  
Amps (A or I)



**RESISTANCE**  
Ohms (R or  $\Omega$ )



---

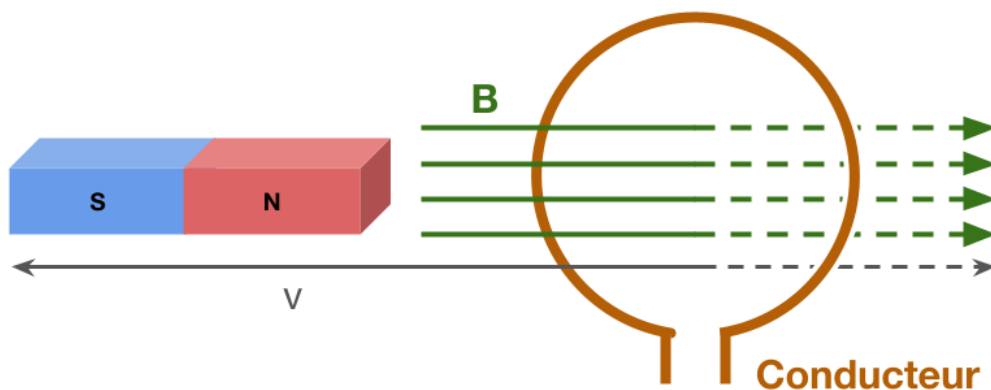
## ELECTROMAGNÉTISME

---

### 1. RAPPEL HISTORIQUE :

- a. Plan de Maxwell
- b. Champs E
- c. Magnétisme
- d. Vers les courants
- e. ...
- f. Maxwell (1860-75)
- g. Vide
- h. Suite Maxwell

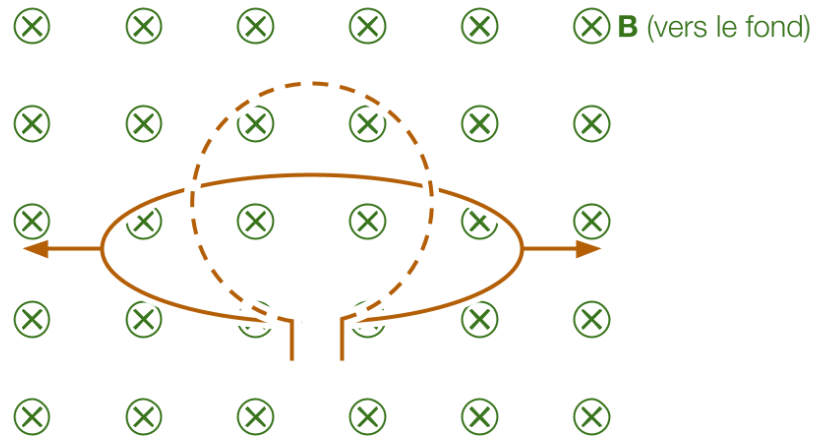
### 2. INDUCTION



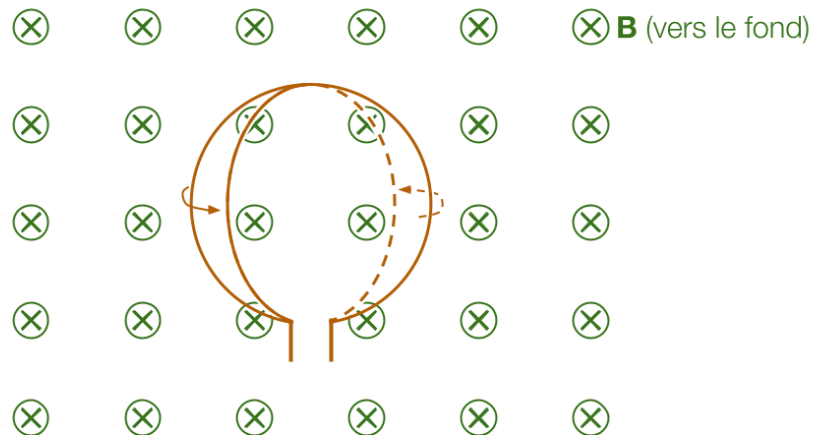
- Si conducteur immobile et champ magnétique constant  
Alors il n'y a pas de courant,  $I = 0$ .
- Si conducteur immobile et champ magnétique varie  
Alors il y a un courant,  $I > 0$ .

En bref : Si l'aimant ou le conducteur se déplace (bouge selon la double flèche grise V) l'autre alors il y a un champ magnétique.

*Autre moyen d'obtenir un champ magnétique :*



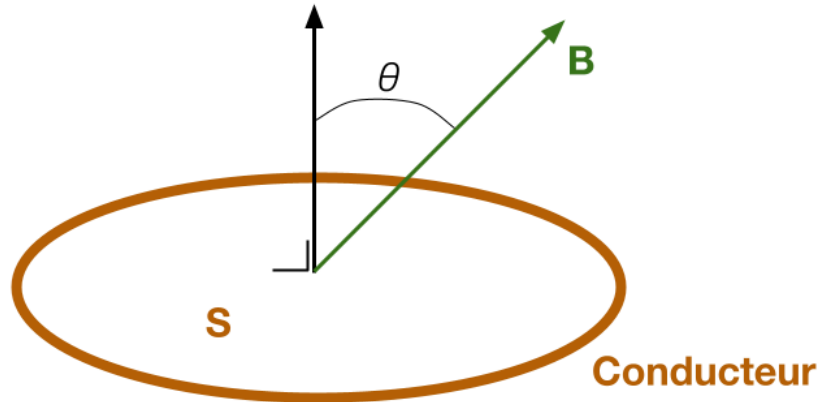
Boucle de conducteur flexible, située dans un champ magnétique constant et uniforme, lorsqu'on modifie subitement l'aire délimitée par cette boucle, en tirant dessus par deux points diamétralement opposés.



Boucle de conducteur d'aire constante, traversée par un champ magnétique constant et uniforme, en faisant tourner la boucle par rapport à la direction du champ.

## Loi de Faraday et loi de Lenz

↳ sert à exprimer les observation précédente.



Le flux magnétique au travers d'une boucle plane et d'un champ magnétique constant se défini :

$$\phi = B \cdot S \cos\theta$$

Pour créer une f.é.m. induite, il faut soit

- une variation de B
- une variation de S
- une variation de  $\theta$
- tout même temps

Ensuite pour calculer la f.é.m. induite on utilise la loi de Faraday  $\equiv$

$$\varepsilon_{Moyenne} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

La loi de Faraday donne l'amplitude de la f.é.m. induite/produite.

Souvent, les conducteur est sous forme de bobine alors, pour calculer la f.é.m. induite on multipli par le nombre de tours (spires) :

$$\varepsilon_{Moyenne} = n \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

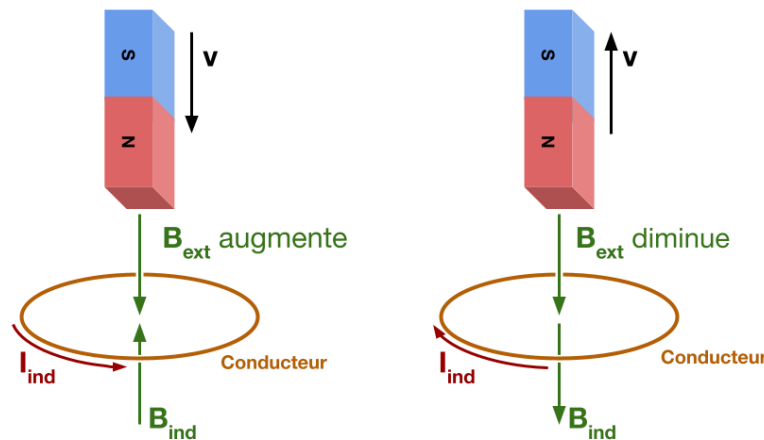


La loi de Lenz, elle donne le sens que va prendre le courant

"La f.é.m. induite produit un courant qui s'oppose à la cause qui la produit"

Quand on approche un aimant d'une boucle conductrice le champ magnétique ( $B_{\text{ext}}$ ) de l'aimant augmente et donc le flux aussi, il y a donc un courant induit ( $I_{\text{ind}}$ ) dans le conducteur, ce courant induit crée lui aussi un champ magnétique ( $B_{\text{ind}}$ ).

Selon la loi de Lenz, le sens du courant induit par le mouvement de l'aimant ( $I_{\text{ind}}$ ) va aller dans le sens tel que le champ magnétique ( $B_{\text{ind}}$ ) qu'il produit s'oppose à la variation du champ magnétique de l'aimant ( $B_{\text{ext}}$ ).



Dans la cas 1, l'aimant s'approche donc  $B_{\text{ext}} \nearrow$  donc  $B_{\text{ind}}$  doit aller à son encontre pour le diminuer et garder l'équilibre,

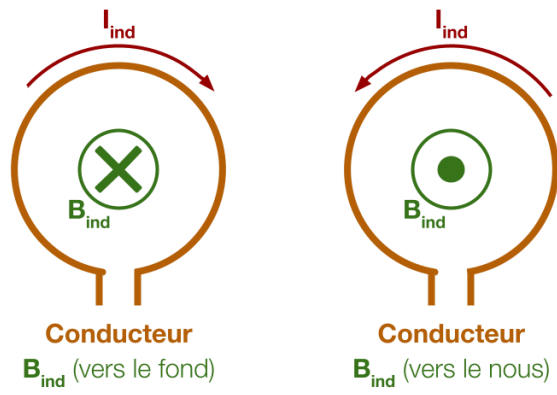
Dans le cas 2, l'aimant s'éloigne donc  $B_{\text{ext}} \searrow$  donc  $B_{\text{ind}}$  doit aller dans le même sens pour l'amplifier et garder l'équilibre.

Ainsi la loi de Lenz est la même que celle de Faraday mais avec un moins devant qui lie la polarité de la f.é.m. induite et la variation du flux.

Loi de Lenz  $\equiv$

$$\varepsilon_{\text{Moyenne}} = - n \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

A savoir :





2. La **loi de Lenz** est une conséquence du [principe de conservation de l'énergie](#) appliqué à l'induction électromagnétique. Elle a été formulée par [Heinrich Lenz](#) en 1833. Tandis que la loi de Faraday donne l'amplitude de la FEM produite, la loi de Lenz renseigne sur le sens que va prendre le courant. Selon cette loi, le sens du courant est toujours tel qu'il va **s'opposer à la variation du flux qui lui a donné naissance**. Ainsi, tout champ magnétique créé par un courant induit sera de sens **opposé** à la variation du champ initial.

La loi de Lenz est en général incorporée à la loi de Faraday avec un signe moins, ce qui permet d'utiliser le même système de coordonnées pour le flux et la FEM. La loi résultante est parfois appelée loi de Lenz-Faraday,

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

En pratique, l'induction magnétique est souvent causée par plusieurs bobines, chacune d'elles produisant la même FEM. Pour cette raison, un terme  $N$  représentant le nombre de bobines est ajouté, *comme ceci* :

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi}{dt}$$