

## Conférence-cours-quiz de dérouillage

### Énergie : de quoi parle t'on, au juste ?

par un physicien : E. Plaut

#### 1. Qu'est-ce qu'un scientifique... physicien ?

Quatre qualités primordiales :

- ▶ savoir de quoi on parle
- ▶ savoir observer et faire des expériences
- ▶ être capable de développer des modèles... en langue mathématique
- ▶ connaître les ordres de grandeur

#### 2. Qu'est-ce que l'énergie ?

$$E = ?$$

Multiples formules possibles,  
qui révèlent chacune certains aspects de l'énergie...

## Lien énergie - puissance

$$E = P t \implies 1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ} \implies 1 \text{ MWh} = 3,6 \text{ GJ}$$

## Prix du kWh EDF pour un particulier

Consommateur « standard » se satisfaisant d'une puissance délivrée  $\simeq 20 \text{ kW}$

Année	c€/kWh	€/MWh
2005	10,57	105,7
2007	10,85	108,5
2009	11,25	112,5
2011	12,09	120,9
2014	13,72	137,2
2016	14,62	146,2

Ainsi  $1 \text{ J} \leftrightarrow 42 \text{ n€}$  pas cher :

nous vivons dans une situation d'abondance énergétique !..

## Énergie cinétique dérivée : énergie éolienne

$$P = \frac{dE_c}{dt} = \frac{1}{2} \dot{m} V^2$$

avec  $\dot{m} = \rho q$  débit massique

$q = VS$  débit volumique

$$\Rightarrow \frac{P}{S} = \frac{1}{2} \rho V^3 \simeq 1 \text{ kW/m}^2$$

pour  $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ,  $V = 12 \text{ m/s}$ .

## Énergie potentielle de pesanteur

$$E_p = m g z \simeq 1 \text{ J} \quad \text{si} \quad \text{j'élève } 100 \text{ g de céréales de } 1 \text{ m.}$$

### Application plus industrielle : STEP :



[ Photo Airdiasol pour EDF ]

$$P = \dot{m} g h \simeq 250 \text{ MW} \quad \text{si} \quad q = 100 \text{ m}^3/\text{s}, \quad h = 250 \text{ m} .$$

## Énergie électronique

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

- ▶ **Énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène** ainsi estimée

$$E_i = \frac{q_e^2}{8\pi\epsilon_0 r} = 14 \text{ eV}$$

proche de la **valeur expérimentale**  $E_i = 13,6 \text{ eV}$

- ▶ **Énergie chimique** contenue dans 100 g de matière carbonée ?

$$E_{\chi} \simeq 5 \text{ eV } N_{\text{atomes}} \simeq 5 \text{ eV } \frac{100 \text{ g}}{12 \text{ g}} N_A \simeq 4 \text{ MJ}$$

## Énergie chimique : 4 MJ pour 100 g ?..

Tableau d'informations nutritionnelles de mon paquet de céréales :

Valeurs nutritionnelles moyennes

	100 g	30 g de céréales	1 bol 30 g de céréales + 125 ml de lait demi-écrémé	% ANC** pour 30 g pour une journée	
				6 ans*	10 ans*
<b>Valeur énergétique</b>	1566 kJ (soit 370 kcal)	470 kJ (soit 111 kcal)	710 kJ (soit 166 kcal)	7 %	5 %
<b>Protéines</b>	9,5 g	2,9 g	6,9 g	16 %	11 %
<b>Glucides</b> dont sucres	75 g 29 g	22,5 g 8,7 g	28 g 14,2 g	9 % 10 %	7 % 9 %
<b>Lipides</b> dont acides gras saturés	3,5 g 1,7 g	1,1 g 0,5 g	3,1 g 1,7 g	2 % 3 %	1 % 2 %
<b>Fibres alimentaires</b>	7 g	2,1 g	2,1 g	8 %	8 %
<b>Sodium</b> équivalent en sel	0,12 g 0,3 g	0,04 g 0,1 g	0,1 g 0,25 g	- -	- -

\* Moyenne des ANC fille et garçon de 6 et 10 ans, pour une journée  
\*\* Apports Nutritionnels Conseillés

## Valeur énergétique d'un aliment

Brûler l'aliment dans un calorimètre

⇒ mesure de la chaleur dégagée  $E$  .

Digestion incomplète ⇒  $E_{\text{nutri}} = 0,85 E$  .

## Autre exemple d'énergie chimique : énergie de combustion

Combustion = réaction chimique **exothermique** d'oxydo-réduction.

Exemple : combustion du méthane

- ▶ constituant minoritaire du pétrole,
- ▶ constituant majoritaire (à  $\simeq 90\%$ ) du gaz naturel :



$$\text{Pouvoir calorifique inférieur} = \text{PCI} = \frac{E_x}{m_{\text{combustible}}}$$

**Pouvoir calorifique supérieur** = **PCS** prend de + en compte la chaleur latente de condensation de la vapeur d'eau ; typiquement

$$\text{PCS} \simeq 1,1 \text{ PCI}$$

Ordre de grandeur en MJ/kg = GJ/T ? 40 MJ/kg

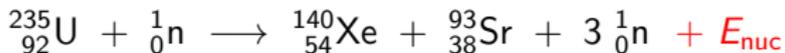
## Énergies de combustion : quelques pouvoirs calorifiques

Combustible	PCI en MJ/kg = GJ/T	Révolution énergétique
Bois	15 - 18	
Charbon	26 - 32	1 <sup>ère</sup> : couple charbon - vapeur
Pétrole Gaz naturel	42 38 - 48	2 <sup>ème</sup> : couple pétrole - électricité
Hydrogène	120	

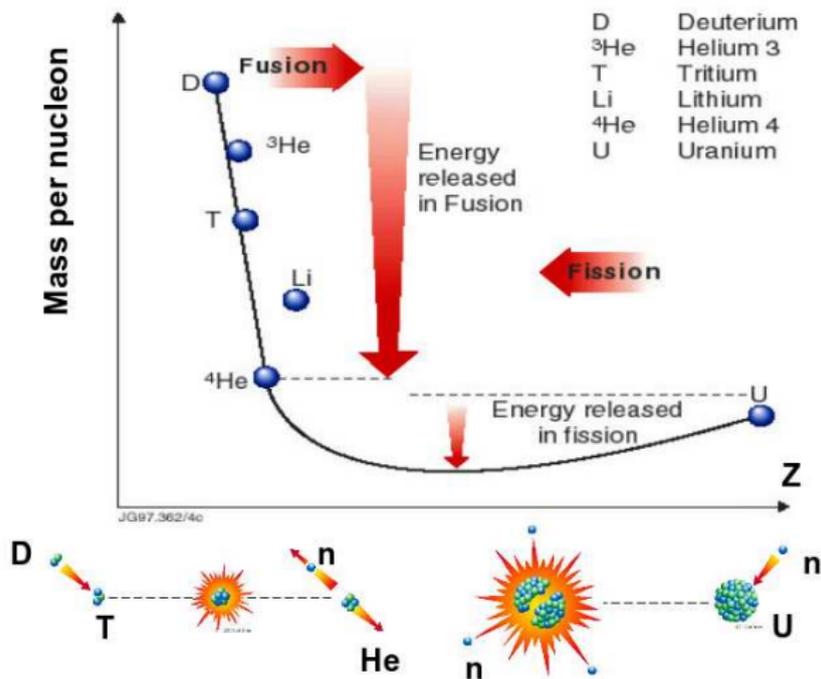
**Rem. : 3<sup>ème</sup> révolution énergétique  $\simeq$  transition énergétique**

Épuisement des énergies fossiles, réchauffement climatique, pb. environnementaux  
⇒ revoir notre **mix énergétique** en incluant beaucoup + d'**én. renouvelables**

## Énergie nucléaire : réaction de fission utilisée par EDF :

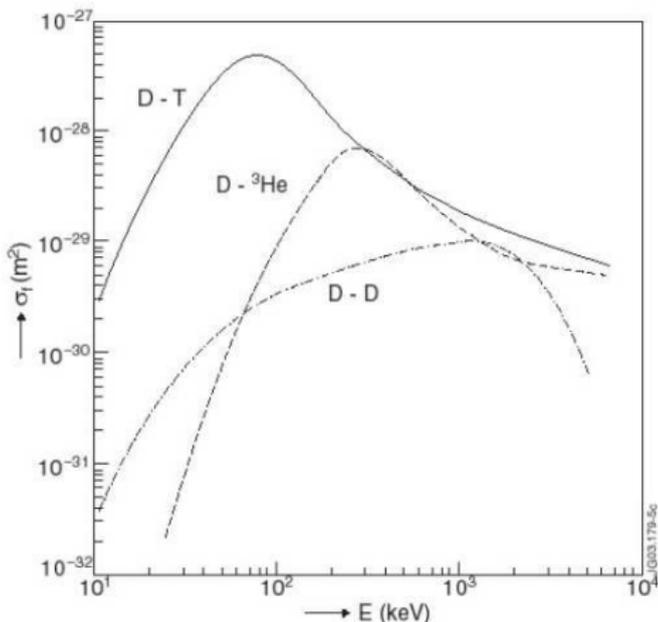


$E_{\text{nuc}} \leftrightarrow$  **énergie de masse** des atomes  $\simeq \delta m c^2 \simeq 200 \text{ MeV} \gg E_{\text{X}}$



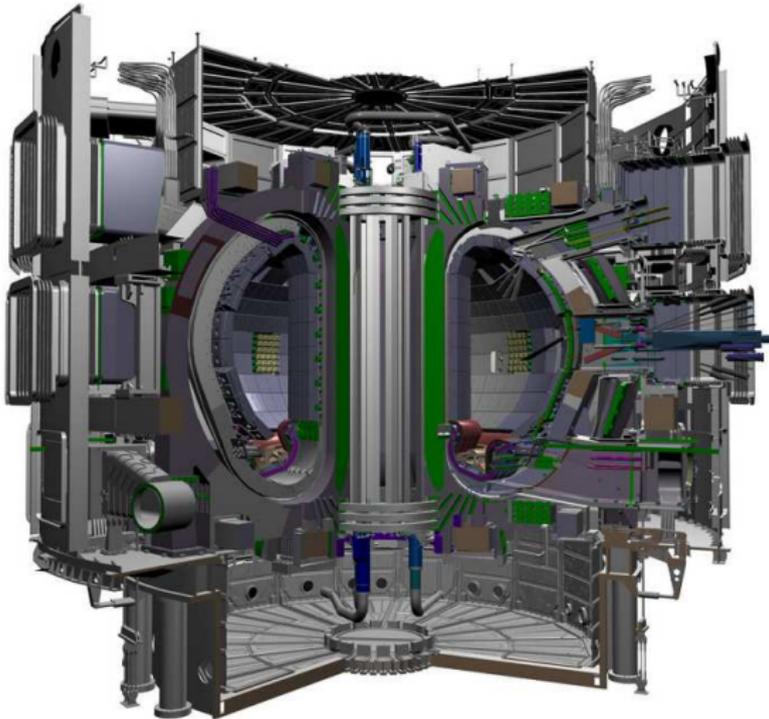
## Pour la fusion la réaction deutérium-tritium est la + efficace

- $D+T \rightarrow {}^4\text{He} + n$   
+17.6MeV
- Section efficace maximale à  $E \approx 70\text{keV} \rightarrow$  plasmas T  $\approx 20\text{keV}$
- Tritium généré par les réactions:  
 $n + {}^6\text{Li} \rightarrow {}^4\text{He} + T$   
 $n + {}^7\text{Li} \rightarrow {}^4\text{He} + T + n$



[ Garbet 2009 Conférence CEA au CFM ]

⇒ projet ITER pour la fusion par confinement magnétique



[ [www.iter.org](http://www.iter.org) ]

## Conclusion

Le dérouillage est réussi puisque les formules

$$E = E_c = \frac{1}{2}mv^2 \iff P = \frac{1}{2}\dot{m}v^2 \quad \text{énergie éolienne}$$

$$\frac{dE_c}{dt} = P = \sum \vec{F} \cdot \vec{v} \iff dE_c = \delta W = \sum \vec{F} \cdot d\vec{x}$$

$$E = E_p = mgz \iff P = \dot{m}gh \quad \text{énergie hydraulique}$$

$$E = E_p = qV = \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0 r} \quad \text{énergie chimique, de combustion}$$

$$E = mc^2 \quad \text{énergie nucléaire}$$

nous ont permis de passer en revue quelques **sources d'énergie** et certaines de leurs caractéristiques...