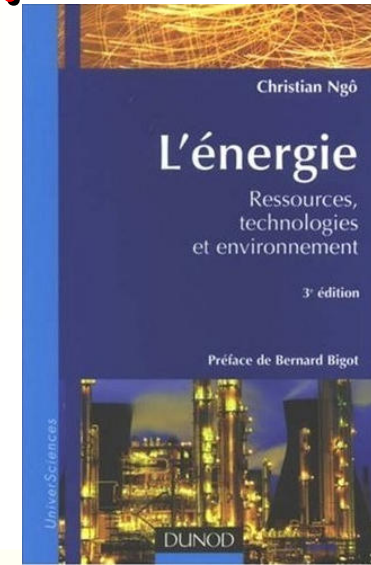
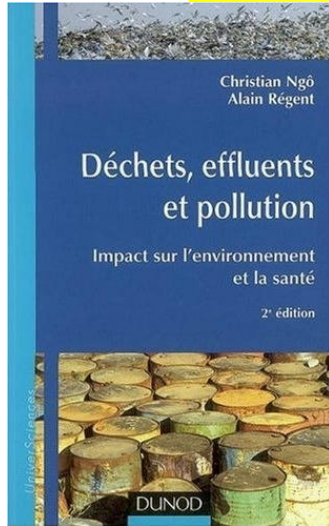
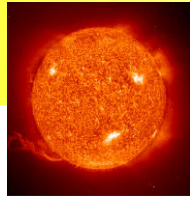


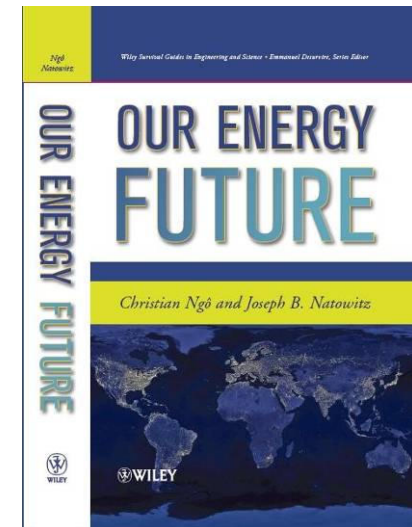
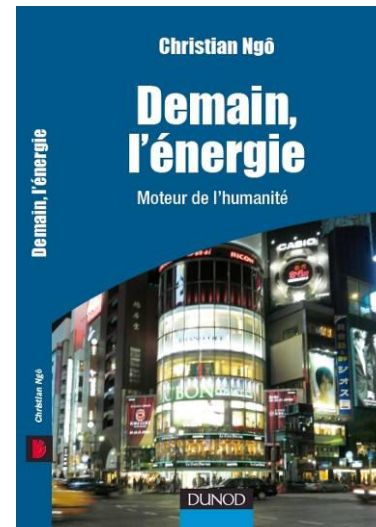
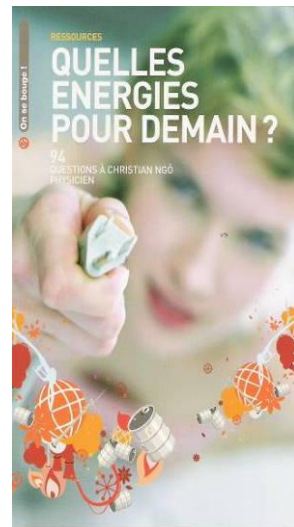
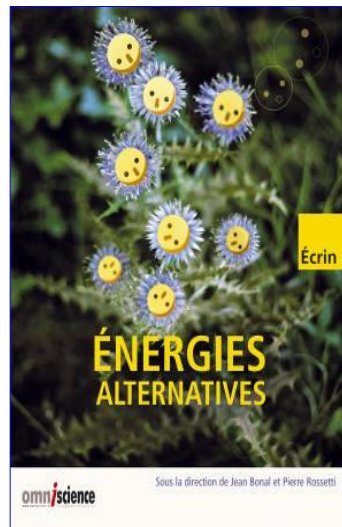
L'avenir énergétique est-il écrit?

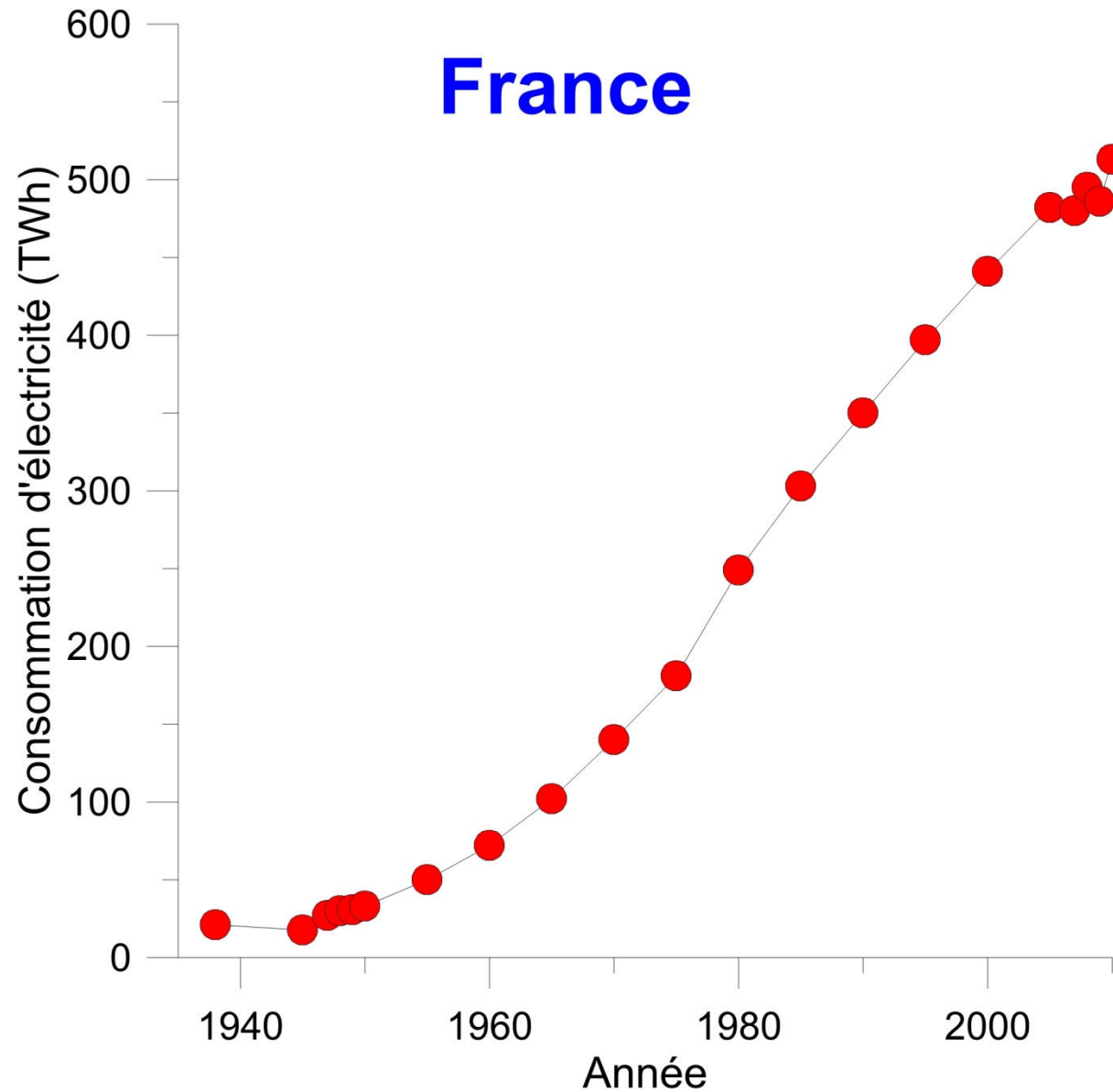
Christian Ngô
Edmonium

edmonium@gmail.com



www.edmonium.fr et edmonium.wordpress.com





L'électricité est un vecteur d'énergie noble. La croissance de la demande est supérieure à celle de l'énergie

Le défi énergétique

Les contraintes

❑ Le changement climatique

- Émissions de gaz à effet de serre
- L'homme émet 2 fois plus de CO_2 que ce que la nature peut absorber
- Échelle de temps courte

❑ Les combustibles fossiles sont en quantité finie

- On va vers une crise énergétique inévitable
- Échelle de temps plus longue

Le défi énergétique

❑ Émettre moins de CO_2

❑ Progressivement se passer des combustibles fossiles

Ne pas confondre énergie et CO_2

Suède \Rightarrow 15 MWh/hab/an d'électricité, 5,3 t CO_2 /hab/an

Danemark \Rightarrow 6,9 MWh/hab/an d'électricité, 10,1 t CO_2 /hab/an

Ruptures scientifiques et technologiques

De quoi parle-t-on ?

❑ Rupture scientifique

- ❑ Grande rupture : la mécanique quantique
- ❑ Petite rupture : le pompage optique

❑ Rupture technologique

- ❑ Grande rupture : manipuler les atomes, le transistor...
- ❑ Petite rupture : remplacer le platine par un métal de transition comme catalyseur dans les piles à combustible

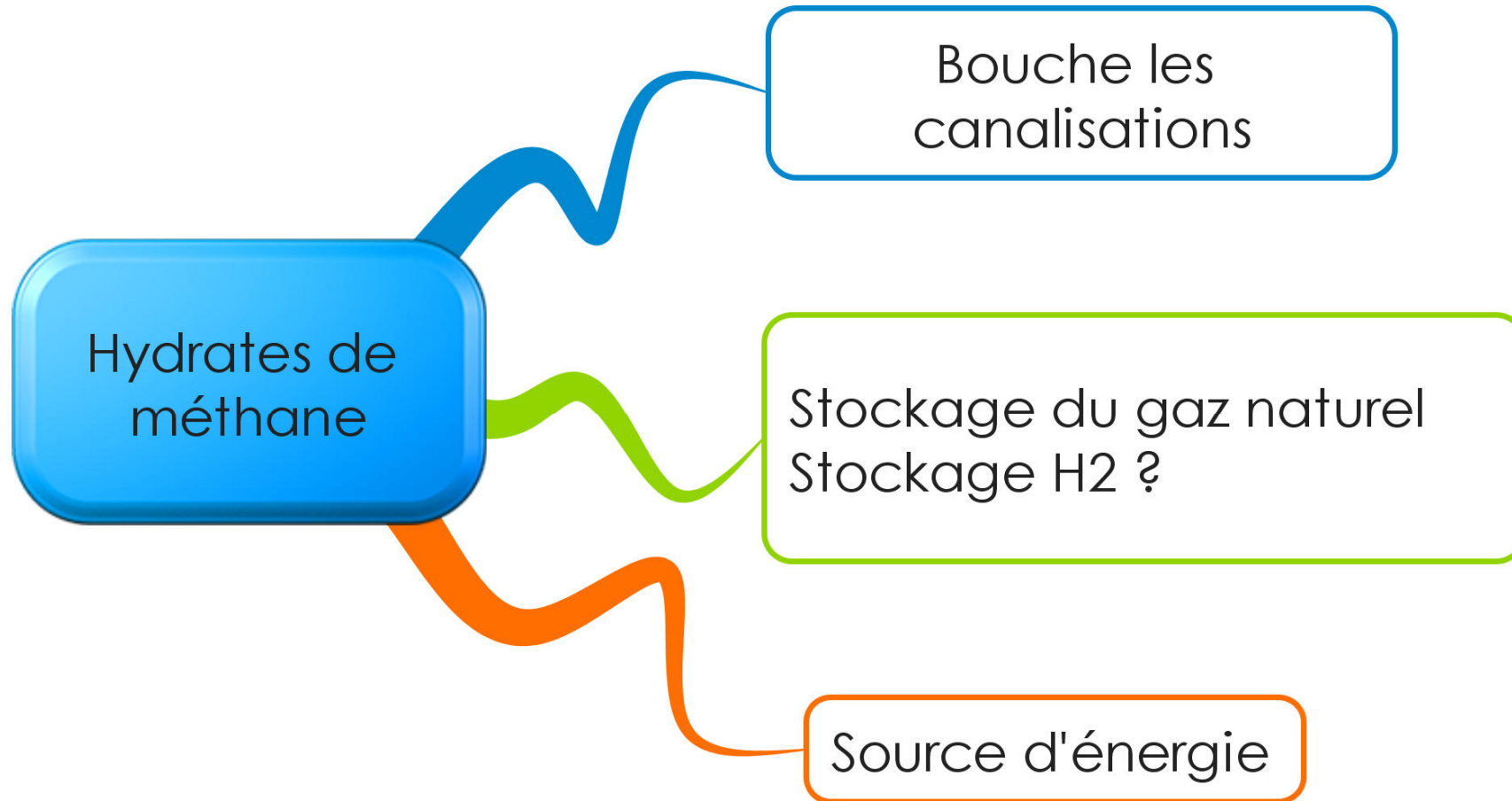
Les petites ruptures sont indispensables pour faire progresser le domaine énergétique

Maintenant quelques exemples....

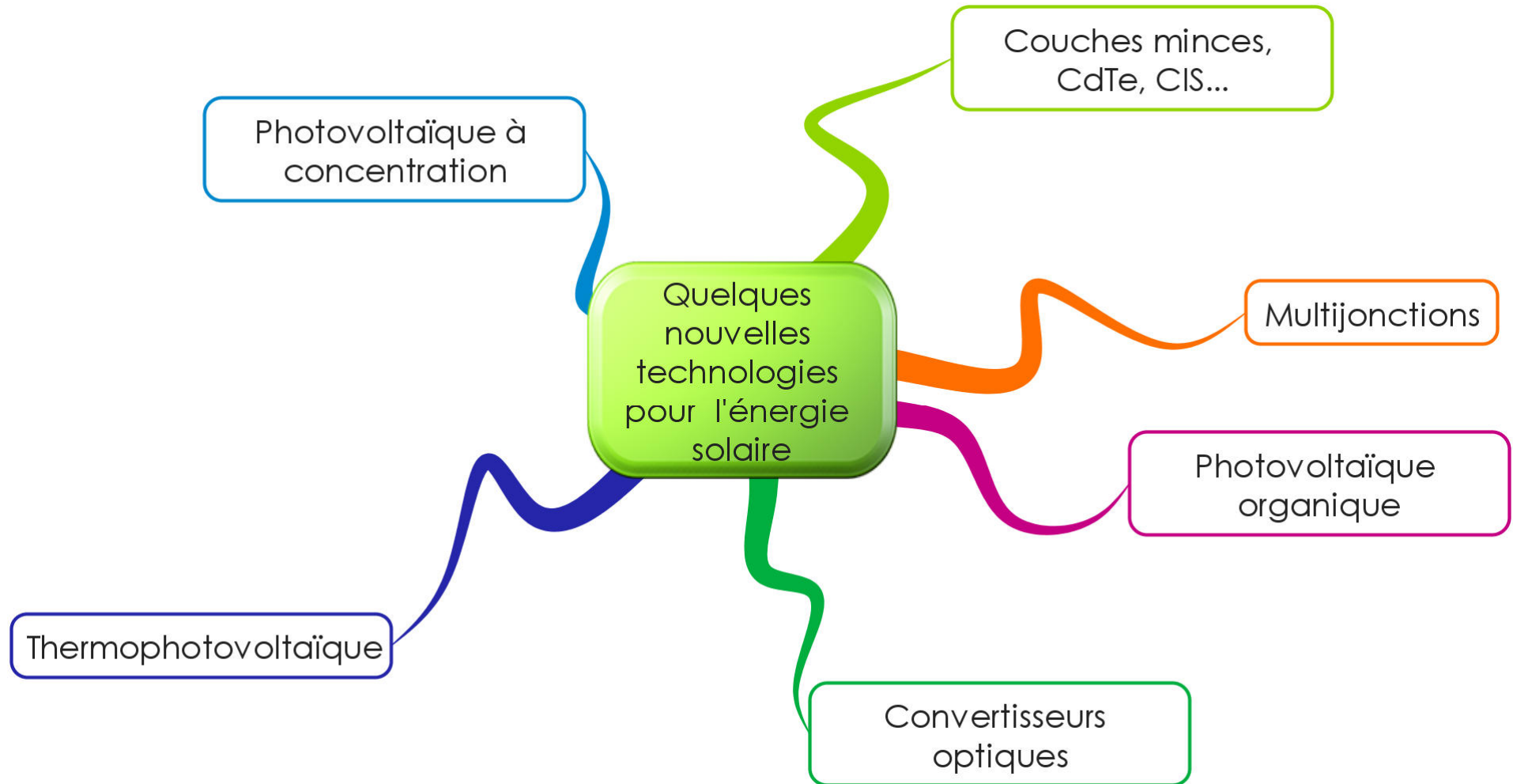
Combustibles fossiles non-conventionnels

- ❑ Asphaltènes présents dans le pétrole extralourd
Molécules très lourdes, contiennent des métaux (Ni, V), du soufre, de l'azote...
Améliorer les qualités du pétrole contenant des asphaltènes
=> hydrogénation (hydroprocessing, 70 bars, 350-450 °C)
Le catalyseur (MoS_2 , WS_2 ...), sur Al_2O_3 est très vite empoisonné par les métaux.
Nanotechnologies => self-supporting nanoparticules => élimine bien le soufre et permet de produire des produits pétroliers utilisables.
Morphologie des nanoparticules => permet d'optimiser les fonctions du catalyseur. Exemple avec un sulfure métallique on peut obtenir à partir de CO/H_2 des alcools à longue chaîne plutôt que des alcanes et des oléfines.

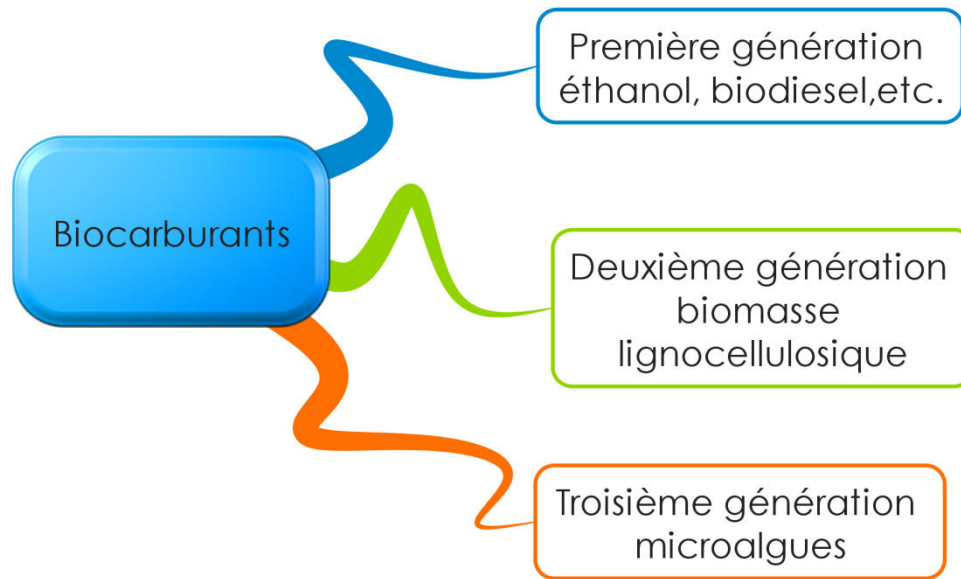
Hydrates de méthane



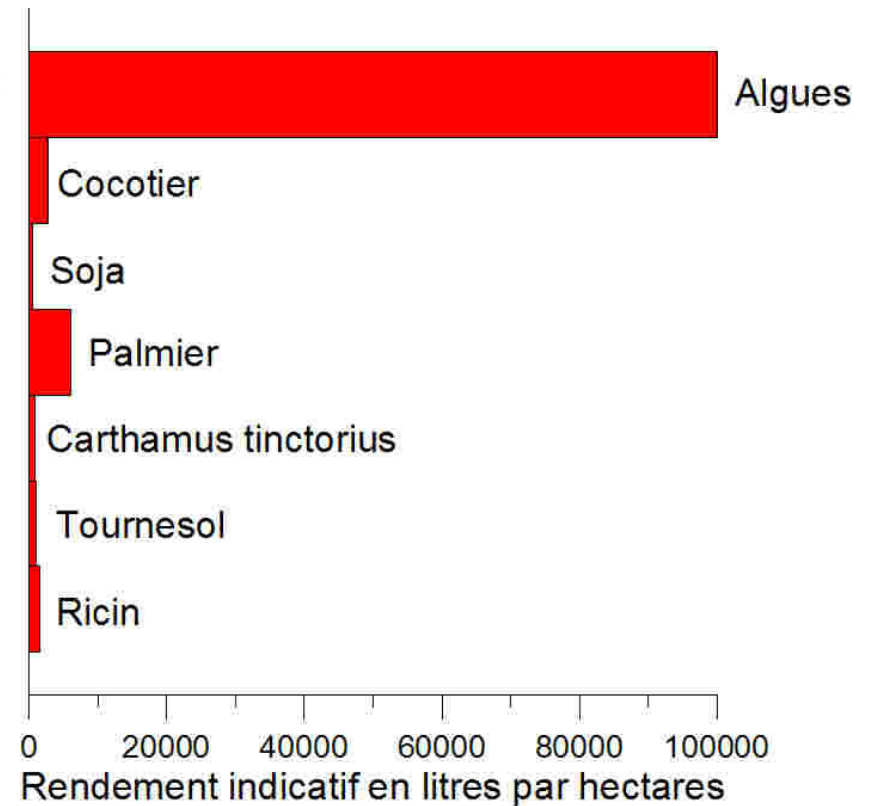
Energie solaire



Biocarburants

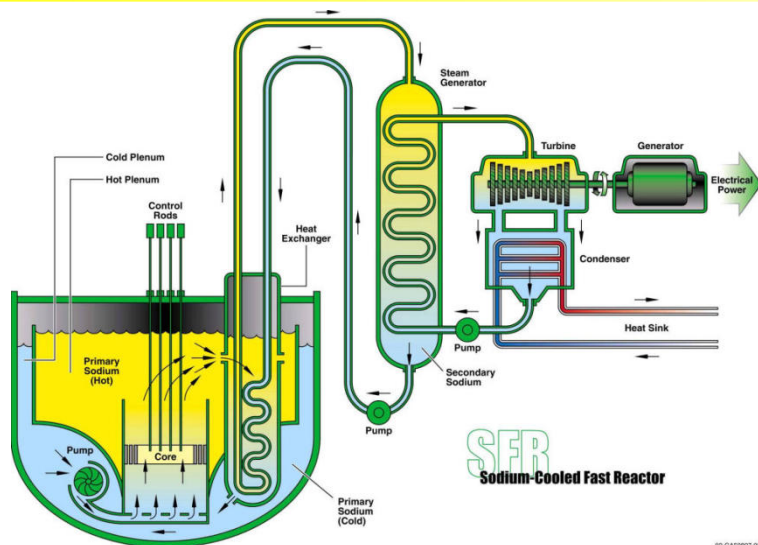


❑ Si on pouvait fabriquer du pétrole à partir des microalgues ce serait une révolution



L'énergie nucléaire

- Réacteurs à neutrons lents (^{235}U , 0,7% de U naturel)
 - 1 kWh d'électricité \Rightarrow 2 kWh de chaleur rejetés
 - Futur \Rightarrow réacteurs à neutrons les rapides (1 an d'uranium pour les REP actuels = plus de 100 ans de fonctionnement avec les rapides) \Rightarrow Réserves = dizaines de milliers d'années
 - \Rightarrow 1kWh électrique pour 1 kWh de chaleur
 - \Rightarrow Économiquement intéressant 2050-2075



La fusion que l'on veut faire sur Terre n'est pas celle qui se produit dans le Soleil



....



Section efficace $\sim 10^{-50} \text{ m}^2$!!!

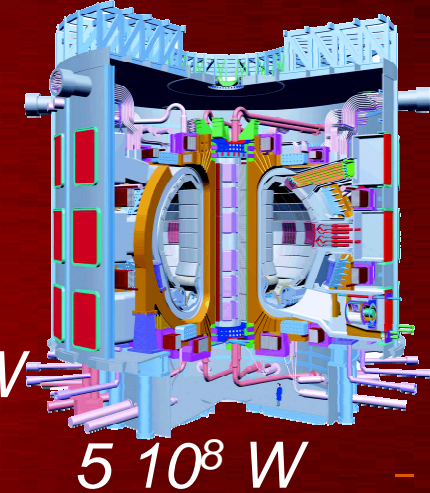
Section efficace fission :
 10^{24} plus élevée !!!

15 10^6 K
(1.5 keV)
 10^{16} pascal

5800 K

$4 \cdot 10^{26}$ W

Masse = $2 \cdot 10^{30}$ kg
70% H
27% He



Deux voies de recherche :

- ❑ densités très élevées mais brèves
- ❑ densités très faibles mais durables

La fusion : énergie d'avenir... mais lointain

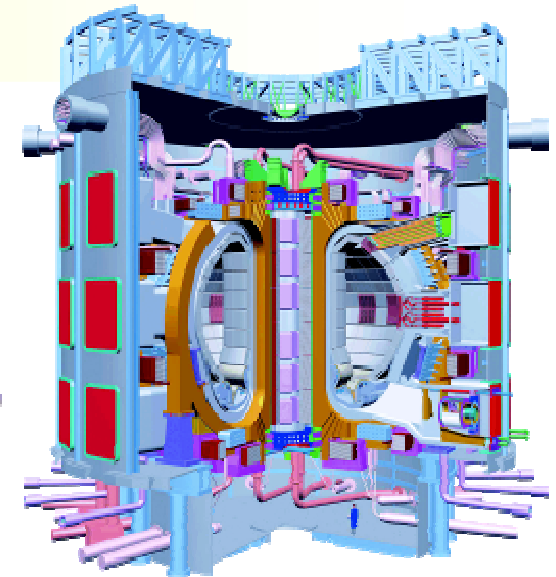
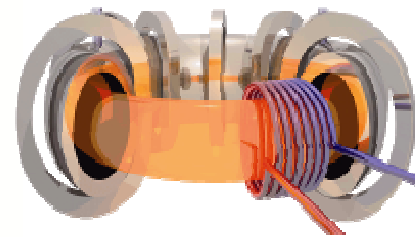
- (d+t) Au stade de la recherche. Réalisation industrielle \Rightarrow pas avant la fin du siècle, voire plus
- Réserves \Rightarrow quelques milliers d'années (+ avec eau de mer) (le tritium est fabriqué à partir du Lithium)
- Pour avoir une énergie inépuisable il faudra maîtriser la fusion d-d

Les projets (internationaux)

Jet 1kWh \Rightarrow 1 kWh

ITER 1kWh \Rightarrow 10 kWh

Pour faire de l'électricité il faut 1kWh \Rightarrow 40 kWh \Rightarrow
(2 projets futurs DEMO et PROTO)



Transports (véhicules individuelles)

- ❑ Véhicules hybrides, hybrides rechargeables, électriques
- ❑ Hydrogène et pile à combustible ?

- ❑ Il faut : 15 kWh/100 km (≈ 150 Wh/km)
- ❑ Moteur thermique (rendement $\approx 20\%$)
⇒ 7,5 l/100 km
- ❑ Moteur électrique (rendement $\approx 100\% + 20\%$ récupération)
⇒ 12 kWh/100 km
⇒ Batterie d'environ 25 kWh pour 200 km
⇒ Batterie de l'ordre de 200 kg Li-Ion
- ❑ Attention les accessoires diminuent fortement l'autonomie (chauffage, climatisation, éclairage, autoradio, etc.)

Quelles nouvelles batteries ?

La batterie Li-Air pourrait permettre dans un premier temps d'atteindre 500 Wh/kg

Pour l'hydrogène et les PACs

- ❑ 2 révolutions à faire : la PAC et l'hydrogène
- ❑ Il faut à peu près 1kg de H₂/100 km ce qui représente environ 80 l à 700 bars pour 5 kg

Catalyseur des PACS ?

La convergence habitat-transport

Maison à énergie positive



Les maisons à énergie positive n'ont d'intérêt que si le supplément d'énergie est stocké. L'idéal est dans la batterie d'une voiture hybride rechargeable. On pourrait utiliser le couple gaz naturel-électricité

Trop d'électricité :
on charge la batterie

On ne roule pas aujourd'hui :
on récupère l'électricité



Voiture hybride rechargeable