



# 1809-2009



## Deux siècles de science

Questions d'hier,  
réponses d'aujourd'hui,  
horizons de demain

L'énergie, les matériaux, les télécommunications

Marius Ptak  
Académie d'Orléans



# 1809-2009: deux siècles de science



# La révolution du pétrole et de l'électricité



# La troisième révolution énergétique

**Energies fossiles :** pétrole, gaz, charbon : fossilisation d'organismes vivants végétaux, algues, planctons concentrent et transforment des énergies solaire et chimiques

non renouvelables, l'après pétrole ?? + CO<sub>2</sub>

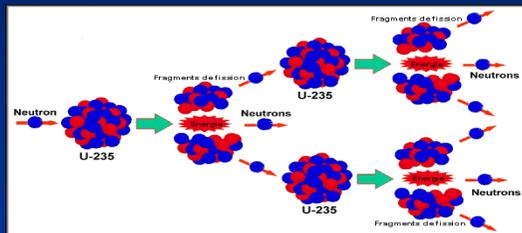
Question d'hier : comment remplacer les énergies fossiles?  
Réponses d'aujourd'hui :

- Energie hydroélectrique :** renouvelable si cycles de l'eau respectés non extensible - CO<sub>2</sub>
- Energie éolienne :** renouvelable mais aléas climatiques gratuite intermittente - CO<sub>2</sub>
- Biomasse :** agrocarburants (diester, bioéthanol), bio gaz (méthane), filière bois, paille : renouvelables ?? Controverse !! + CO<sub>2</sub>  
Brésil : éthanol ← sucre
- Energies hydrauliques :** courants, marées (accès à la mer) inépuisables gratuites - CO<sub>2</sub>
- Energie solaire :** inépuisable gratuite intermittente - CO<sub>2</sub> seule énergie extérieure à la terre !
- Géothermie :** inépuisable ? gratuite continue - CO<sub>2</sub>
- Energie nucléaire :** "énergie de base" production continue non renouvelable - CO<sub>2</sub>



# L'énergie de fission nucléaire

L'uranium : <sup>238</sup><sub>92</sub>U <sup>235</sup><sub>92</sub>U (0,7%) <sup>234</sup><sub>92</sub>U (traces)  
Radioactivité naturelle



$$E = mc^2$$

1kg d'uranium première fission = 1,87x10<sup>7</sup> kWh = 1550 tep

Energie nucléaire → chaleur → électricité

# La réponse d'aujourd'hui : European Pressurized Reactor

- Réacteur 3ème génération

- Puissance : 1590MW
- U<sub>235</sub> 5% + MOX
- + 22% électricité
- combustion + complète
- limitation du réchauffement
- - 14 à 30% déchets
- Durée 60 ans
- Chargement / 3 ans (16 jours)
- Sécurité renforcée
- En France : Flamanville  
Perly



**EPR, le réacteur nucléaire de troisième génération**  
Nicolas Sarkozy annonce la construction d'une deuxième centrale

**Combustible :** uranium 235 enrichi à 5% ou MOX (mélange uranium + plutonium)

**EPR** : technique innovante et sûre

Technique : réacteurs à eau légère

Première mise en service : 2011

Flamanville : 1<sup>er</sup> EPR français en construction (après St Marc)

Perly : Le 2<sup>e</sup> EPR français sera construit à Perly

	Réacteur actuel (D94)	Réacteur EPR
Puissance	1 400 MW	1 900 MW
Durée de vie	40 ans	60 ans
Consommation d'uranium (base 100 = 14)	100	85

Constructeur : Anvers, NIP, Malesherbes et de Siemens

# L'évolution du nucléaire



- **Génération 4**
  - meilleure utilisation du combustible
    - $U_{238}$  filière Thorium
  - plusieurs modèles réacteurs à neutrons rapides
  - surgénération ?
  - diminution des déchets
  - augmentation du rendement
  - diminution des pertes thermiques
- Démantèlements des installations :
- 2015 → 2050 ?
- Le stockage des déchets

## Horizons de demain :

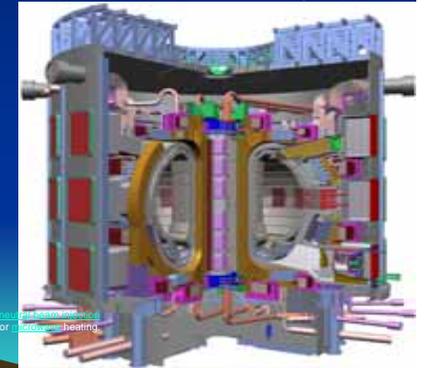
### 1) Les réacteurs de 4<sup>ème</sup> génération

### 2) ITER : International Thermonuclear Experimental



Chauffages électromagnétiques confinement magnétique

- Modèle tokamaks
- Cadarache démarrage 2018 ?
- Fusion :  $^2H + ^3H \rightarrow$  100 millions °C
- Production de chaleur : 500 MW /400s
- Faisabilité : 2040/2050 ?  
DEMO : 1500mW  
Électricité



research eu

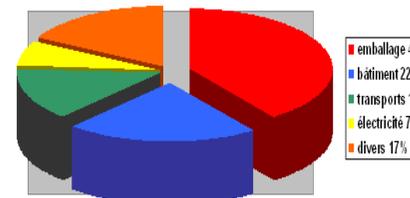
# Les matériaux

- Les matières plastiques
- Fibres et composites
- Les nanomatériaux
- Les semi-conducteurs

## Les matières plastiques

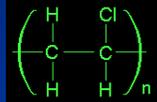
Polyéthylène (PET), polychlorure de vinyle (PVC), polypropylène, polystyrène, polyamides, acryliques,

téflon, silicone, etc ..



# Les polymères

- Longues chaînes obtenues par condensation = macromolécules
- Ex : le PVC

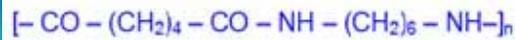


Indice de polymérisation : 16000

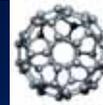
Matière plastique = polymère + plastifiant, additifs...

- Ex : nylon = polyamide

Nylon 6-6 :



Matières premières : pétrole, gaz, charbon, etc.



Question d'hier : comment améliorer les matériaux synthétiques ?  
Réponses d'aujourd'hui :

## Fibres de carbone

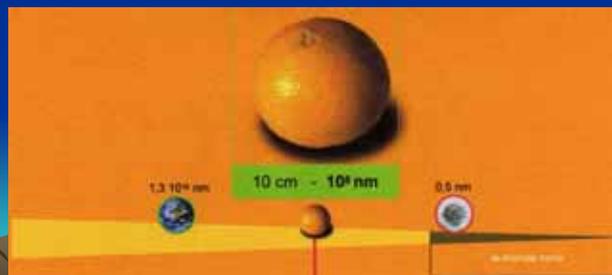
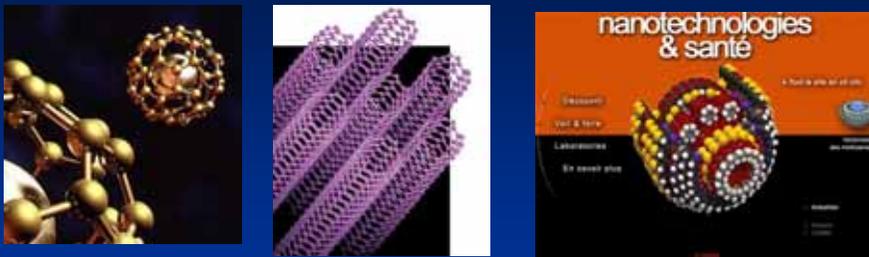


Matériaux composites

Frein de l'Airbus

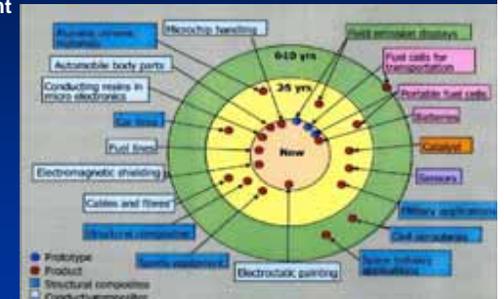
Horizons de demain :

# Nanomatériaux



## Nanosciences et nanotechnologies : où et pour quoi faire ?

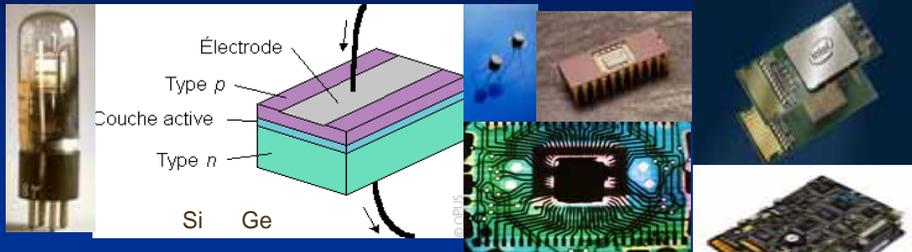
- Procédés « traditionnels » qui travaillent à cette échelle :
- Catalyse,
- Pharmacie,
- Cosmétique,
- Traitements de surface,
- Matériaux, ...
- Industries avec une « roadmap »
- Micro ! Nanoélectronique
- Stockage magnétique d'informations
- Innovations issues des laboratoires
- Nanotubes, boîtes quantiques, électronique moléculaire, nanophotonique, ...
- " diffusion dans divers secteurs (électronique, éclairage, matériaux, énergie, santé, ..)
- " création de nouvelles industries ou à terme impliquant des mutations significatives
- Cientifica



Question d'hier : comment remplacer les lampes (diodes, triodes, pentodes, etc ?)

Réponses d'aujourd'hui :

# Le transistor



• Puce d'ordinateur portable : 826 millions de transistors !!!

## • Les mémoires

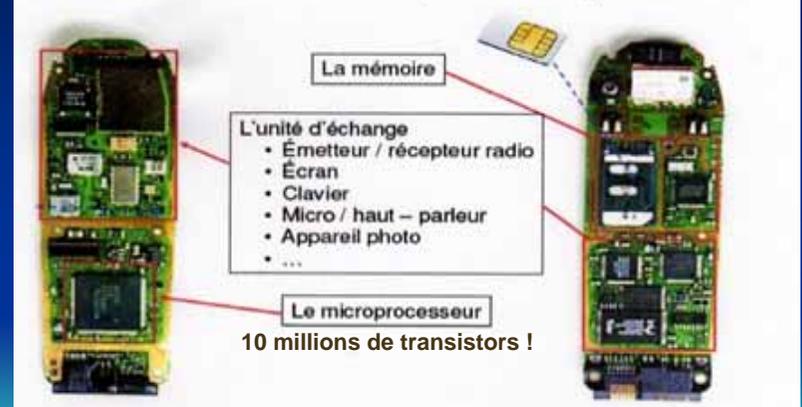


Disque dur d'ordinateur : 700 Go



Clé USB 16 Go !

## Dans un téléphone portable



# Les télécommunications



## Onde électromagnétique

The block contains several diagrams: a 3D representation of an electromagnetic wave with electric field (E) and magnetic field (B) vectors, wavelength ( $\lambda$ ), and axes (x, y, z); a grid of 12 small graphs showing different waveforms; a diagram of amplitude modulation (MA) showing a signal being multiplied by a carrier wave; a diagram of frequency modulation (MF) showing a carrier wave whose frequency varies with a signal; a diagram of phase modulation (MP) showing a carrier wave whose phase varies with a signal; and a diagram of binary code (011011) being converted to a digital signal.

E = champ électrique oscillant  
B = champ magnétique oscillant

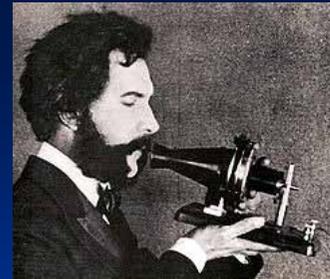
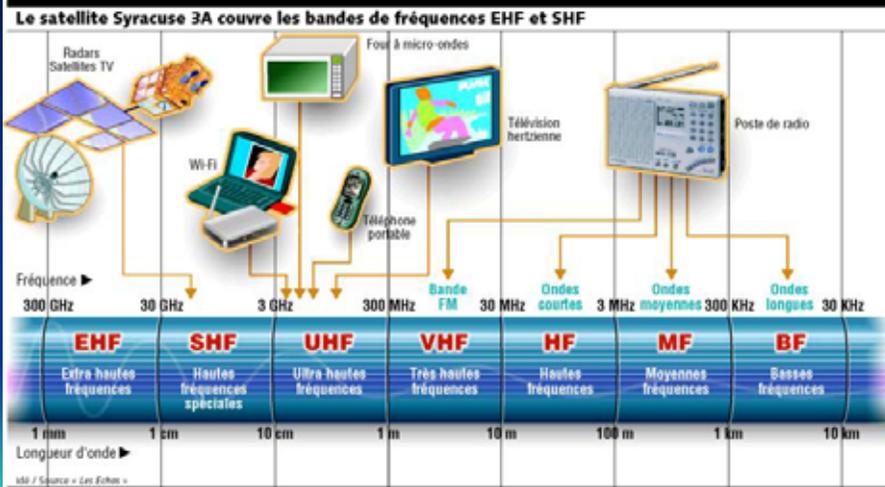
modulation d'amplitude (MA)

modulation de fréquence

modulation de phase

numérisation  
code binaire 0 1

# Gamme des fréquences



Graham Bell essayant son téléphone en 1876



# GPS

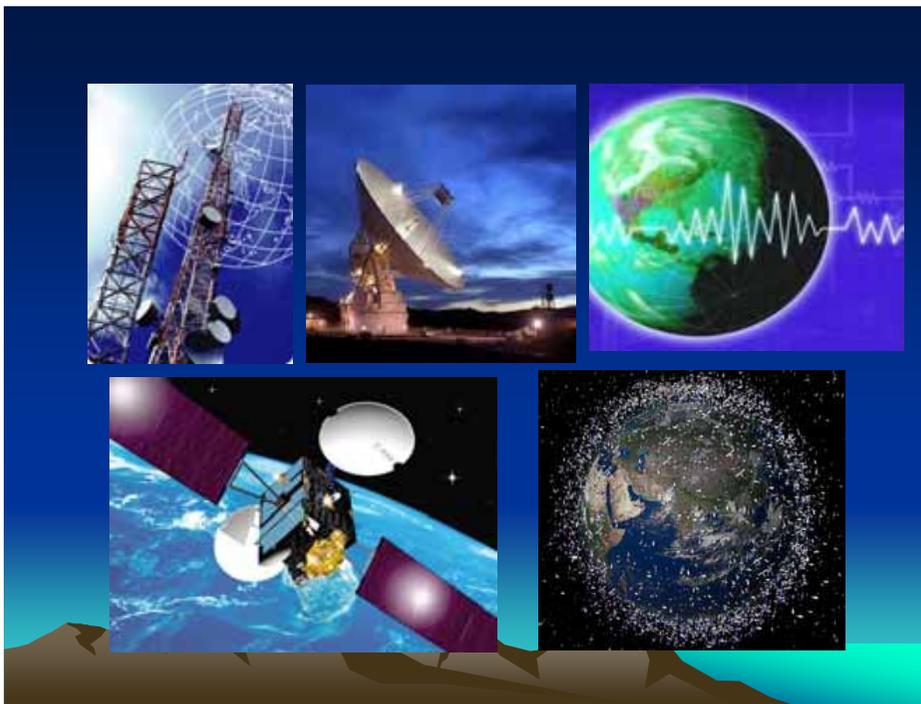
Global Positioning System : Géolocalisation



- 24 satellites : altitude : 20.000km
  - période orbitale : 12h (14.000km/h)
- 2 fréquences : 1575,42 Mhz 1227,60 Mhz
- Modulation en phase

- Récepteur GPS : logiciel cartographique
- Galileo





## Centrales nucléaires françaises

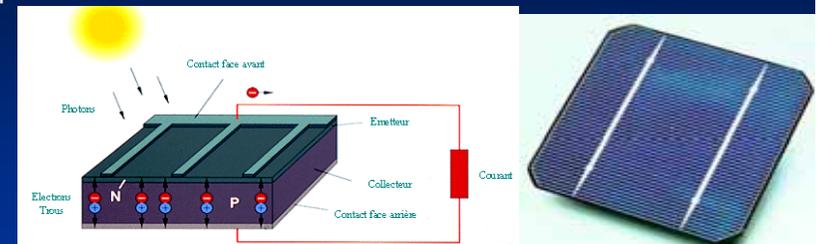
- 58 réacteurs/19 centrales
- 11 réacteurs arrêtés
- Energie totale :  $\sim 420 \times 10^9$  kWh/an
- 1150 tonnes combustible neuf /an
- Electricité nucléaire : 76,1%
- EDF:
  - Nucléaire : 84,2%
  - Renouvelables : 7,1% ( 5,7% hydraulique)
  - Charbon : 3,7%
  - Gaz : 3,2%
  - Fioul : 1,5 %
  - Autres : 0,3%
  - prix du kWh : 0,0803€ HT dont 0,0369€ pour le transport



Le nucléaire et l'indépendance énergétique

## Cellule photovoltaïque

- Effet photovoltaïque : découvert par Alexandre Edmond Becquerel en 1839



- Jonctions de deux semi-conducteurs :
- Si , Ge dopés n (excès d'électrons) par P, As dopés p (défaut d'électrons) par B, Ga

→ Courant continu : 0,4 à 0,6 V 12mA /cm<sup>2</sup>

A.E. Becquerel (1839)

Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires Comptes Rendus : 961-967.