



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 charbon



La révolution du pétrole et de l'électricité



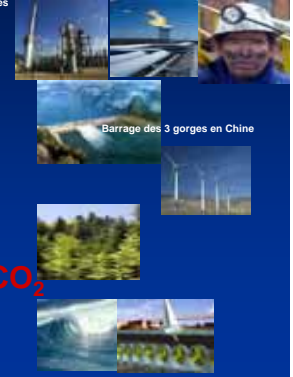
La troisième révolution énergétique

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 ?? + CO₂

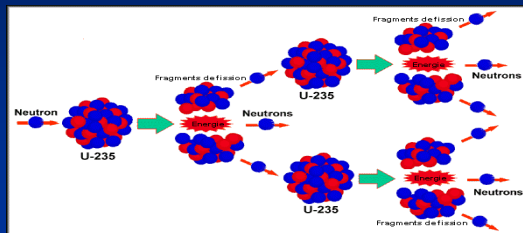
Question d'hier : comment remplacer les énergies fossiles?
Réponses d'aujourd'hui :

- Energie hydroélectrique :** renouvelable si cycles de l'eau respectés non extensible - CO₂
- Energie éolienne :** renouvelable mais aléas climatiques gratuite intermittente - CO₂
- Biomasse :** agrocarburants (diester, bioéthanol), bio gaz (méthane), filière bois, paille : renouvelables ?? Controverse !! + CO₂
Brésil : éthanol ← sucre
- Energies hydrauliques :** courants, marées (accès à la mer) inépuisables gratuites - CO₂
- Energie solaire :** inépuisable gratuite intermittente - CO₂ seule énergie extérieure à la terre !
- Géothermie :** inépuisable ? gratuite continue - CO₂
- Energie nucléaire :** "énergie de base" production continue non renouvelable - CO₂



L'énergie de fission nucléaire

L'uranium : ²³⁸₉₂U ²³⁵₉₂U (0,7%) ²³⁴₉₂U (traces)
Radioactivité naturelle



$$E = mc^2$$

1kg d'uranium première fission = 1,87x10⁷ kWh = 1550 tep

Energie nucléaire → chaleur → électricité

La réponse d'aujourd'hui : European Pressurized Reactor

- Réacteur 3ème génération

- Puissance : 1590MW
- U₂₃₅ 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

Composants : Générateur de vapeur, Pompe de refroidissement, Réacteur, Puits de refroidissement, Production d'électricité (turbine et alternateur), Salle de contrôle, Cour du réacteur.

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

EPR : Avantages technologiques

Technique : réacteurs à eau légère
Première mise en service : 2011

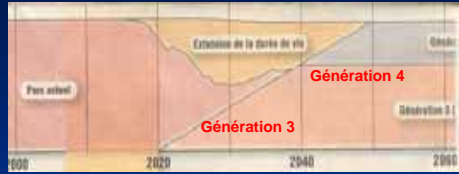
Flamanville sur EPR français en construction (Reys-Steinbois)

Perly sur EPR français sans construction à Paris

	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 : Ansaldo Nippon, Babcock & Wilcox et de Siemens.

L'évolution du nucléaire

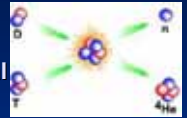


- **Génération 4**
 - meilleure utilisation du combustible
 - U_{238} filière Thorium
 - plusieurs modèles réacteurs à neutrons rapides
 - surgénération ?
 - diminution des déchets
 - augmentation du rendement
 - diminution des pertes thermiques
- Démantèlements des installations :
- 2015 → 2050 ?
-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

Horizons de demain :

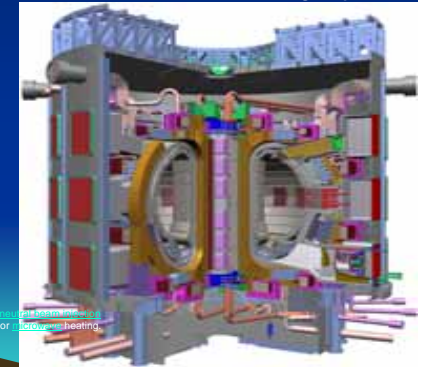
1) Les réacteurs de 4^{ème} génération

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

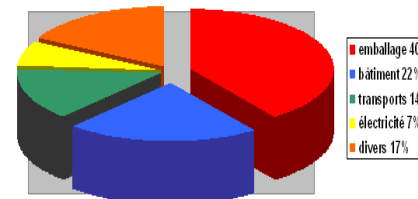
Les matériaux

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

Les matières plastiques

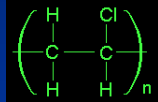
Polyéthylène (PET), polychlorure de vinyle (PVC), polypropylène, polystyrène, polyamides, acryliques,

téflon, silicone, etc ..



Les polymères

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

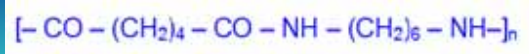


Indice de polymérisation : 16000

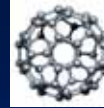
Matière plastique = polymère + plastifiant, additifs...

- Ex : nylon = polyamide

Nylon 6-6 :



Matières premières : pétrole, gaz, charbon, etc.



fullerène

Question d'hier : comment améliorer les matériaux synthétiques ?

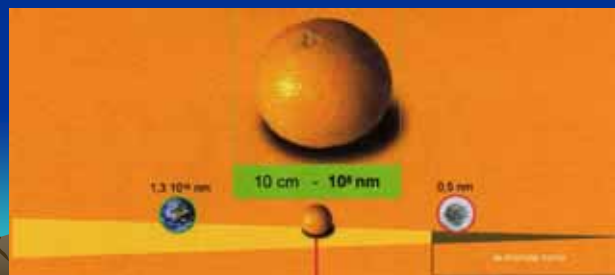
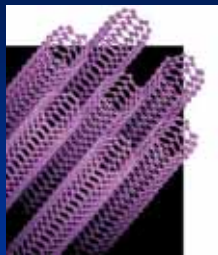
Réponses d'aujourd'hui :

Fibres de carbone



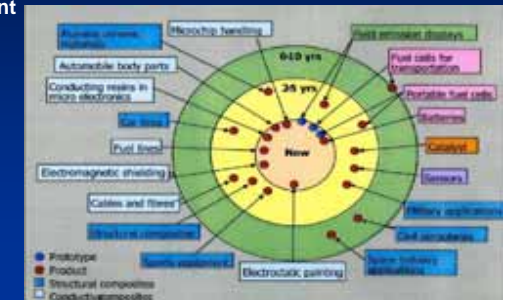
Horizons de demain :

Nanomatériaux



Nanosciences et nanotechnologies : où et pour quoi faire ?

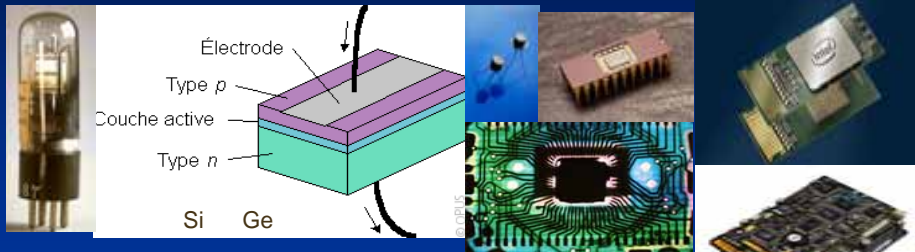
- Procédés « traditionnels » qui travaillent à cette échelle :
- Catalyse,
- Pharmacie,
- Cosmétique,
- Traitements de surface,
- Matériaux, ...
- Industries avec une « roadmap »
- Micro ! Nanoélectronique
- Stockage magnétique d'informations
- Innovations issues des laboratoires
- Nanotubes, boîtes 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

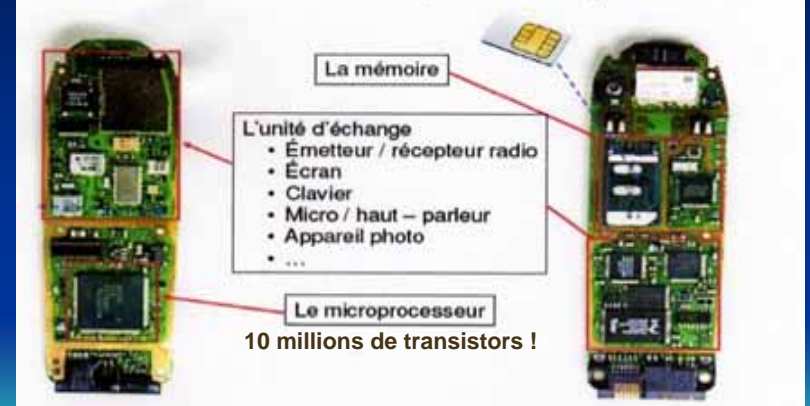


Disque dur d'ordinateur : 700 Go



Clé USB 16 Go !

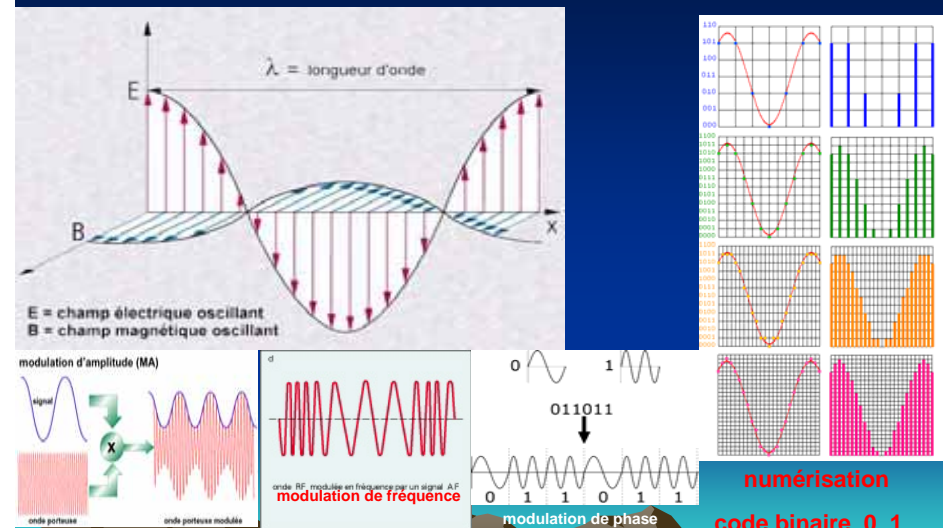
Dans un téléphone portable



Les télécommunications

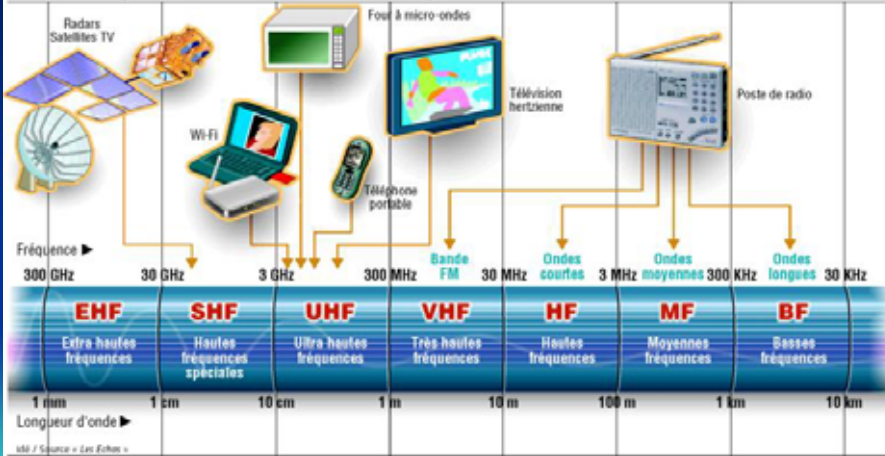


Onde électromagnétique



Gamme des fréquences

Le satellite Syracuse 3A couvre les bandes de fréquences EHF et SHF



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

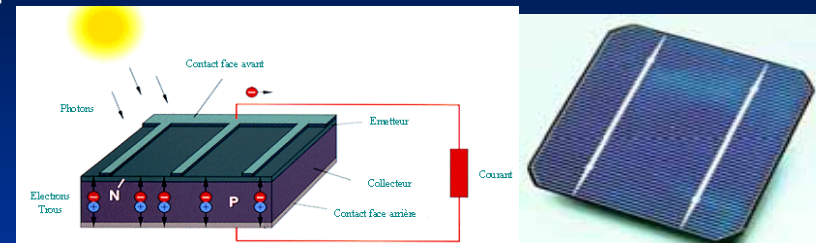
- 58 réacteurs/19 centrales
- 11 réacteurs arrêtés
- Energie totale : $\sim 420 \times 10^9$ kWh/an
- 1150 tonnes combustible neuf /an
- Electricité nucléaire : 76,1%
- EDF:
 - Nucléaire : 84,2%
 - Renouvelables : 7,1% (5,7% hydraulique)
 - Charbon : 3,7%
 - Gaz : 3,2%
 - Fioul : 1,5 %
 - Autres : 0,3%
 - 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 /cm²

A.E. Becquerel (1839)

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