

Futuribles International

Vigie 2009

**Percées techniques et ruptures scientifiques à
l'horizon 2030?**

Pierre Papon 16 décembre 2009

Vous avez dit ruptures?

1905: Einstein et la théorie de la relativité $E = mc^2$

1914 :Wells « Le temps libéré » Energie nucléaire?

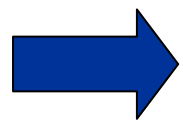
« Ruptures » : des changements de paradigme

 **des percées scientifiques, des innovations**

- *Relativité : abandon espace et temps absolus, vitesse de la lumière constante*
- *Biologie moléculaire: le gène pilote la synthèse des protéines*
- *Le transistor*

Ruptures et incertitudes: biologie et génétique

- **Dogme central de la biologie moléculaire (1950-1960)**



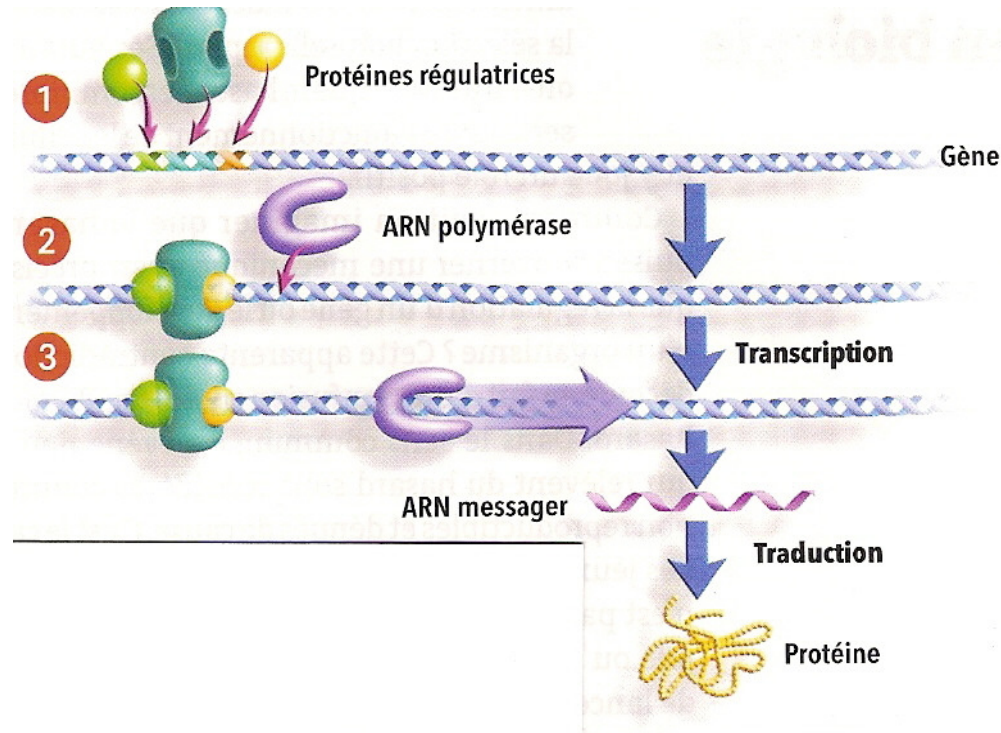
**Information génétique: ADN (gènes) ► ARN ►
Protéines**

- **Plus compliqué: approche systémique**



**Un système: gènes, ADN, ARN protéines en
interaction ► changement de paradigme**

Biologie systémique

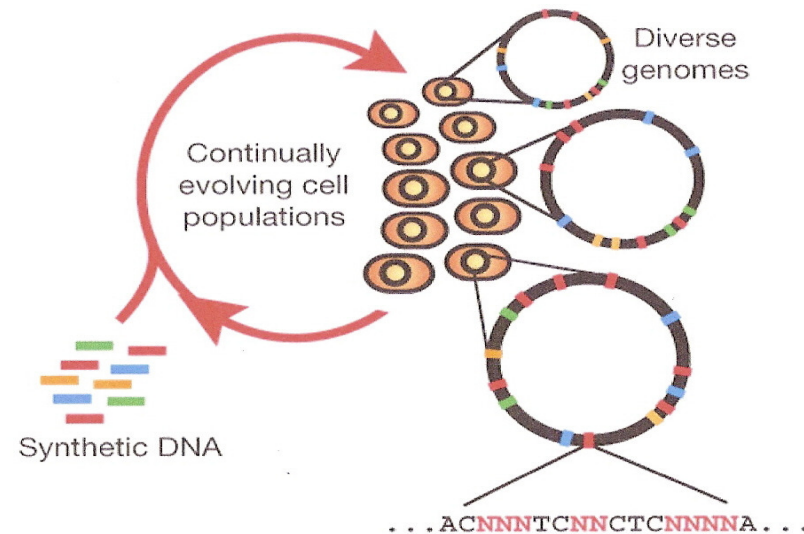


Approche probabiliste : probabilités d'interaction protéines ► gènes, etc.

Relation étroite avec la physique: prévoir?? modéliser

Rôle clé de la bioinformatique

Une biologie synthétique



Synthèse de génomes de micro-organismes: morceaux ADN ► insertion par virus dans le génome

Nouveaux procédés de synthèse : protéines, etc.

Génétique

- Rupture : percée des cellule souches pluripotentes (S.Yamanaka 2006 ► peau souris)

Quel mécanisme de reprogrammation des cellules?

Le vivant « remonte le cours du temps »?

Les promesses de la chimie supramoléculaire

Construction d'architectures moléculaires avec des « briques » moléculaires : liaisons faibles

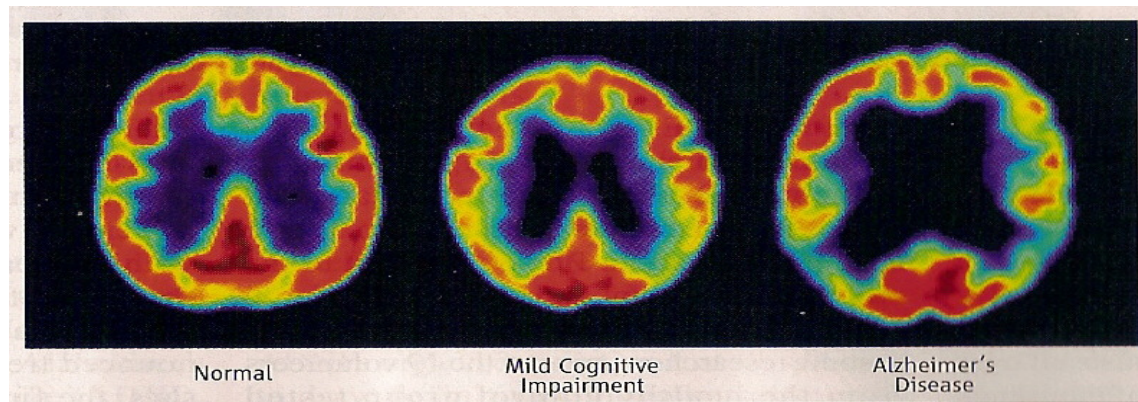


- ▶ Nouvelle chimie : contrôle de la structure, peu d'énergie
- ▶ Contribution à la biologie synthétique

Les neurosciences à la recherche d'un nouveau paradigme: en attente d'une rupture

Paradigme chimique: neuromédiateurs transmettent les signaux via les neurones ► se fixent sur les récepteurs

► *Progrès considérables de l'imagerie: IRM, émission de positons, etc.*



Comprendre mécanismes cognition: conscience, mémoire, vision unitaire relation avec l'extérieur, *paradigme ???*

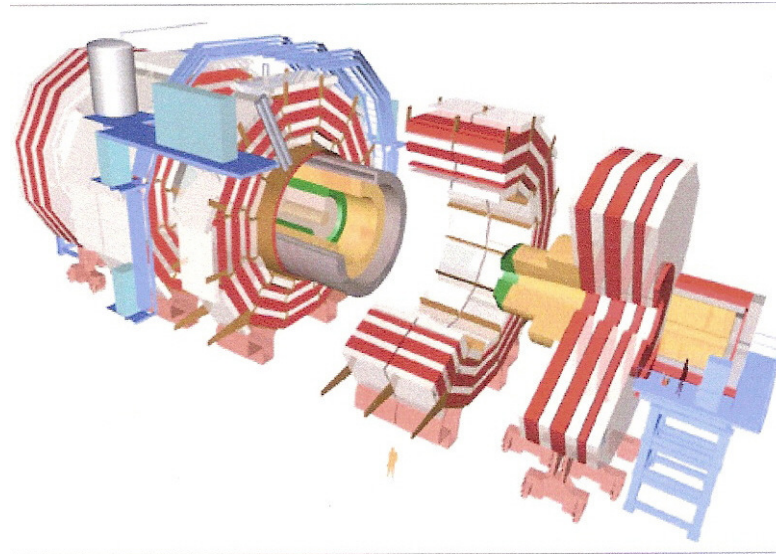
Des ruptures en physique?

Trois défis pour la physique:

- ☺ Expliquer l'origine matière et énergie noires: 95 % masse de l'univers, expansion s'accélère (« antigravitation »)
- ☺ Théorie des particules et forces élémentaires: boson de Higgs et autres
- ☺ Unifier Relativité et théorie quantique

Si échec des vérifications : rupture possible

Des ruptures en physique



Expériences au Cern (LHC), observations spatiales

Echecs ► remise en cause des théories : rupture

- Nouvelle théorie de la gravitation?

- Nouvelle théorie des particules, équivalence masse /énergie

Nouveau paradigme informatique

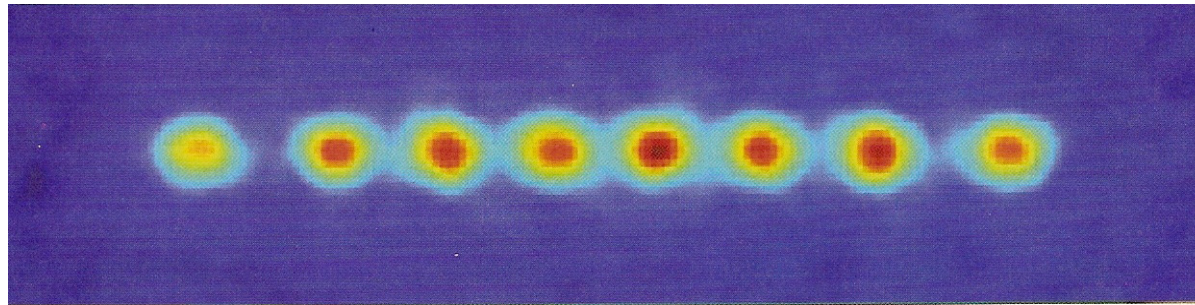
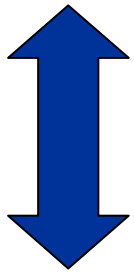
Paradigme informatique classique: on manipule des bits via des transistors pour opérations logiques

2025: limite de la miniaturisation des transistors?

Nouveau paradigme: utiliser l'information quantique et la manipuler

Nouveau paradigme informatique

On sait manipuler électrons, atomes, ions, *individuels*



*Un objet quantique peut occuper 2 états simultanément :
« Qubits » : 8 atomes = 8 états, etc. ► calcul massivement
parallèle*

**Applications: cryptographie ($15 = 5 \times 3$), calculs complexes
chimie, physique, météo... Comment?? Utiliser lasers,
algorithmes..... Pas avant 2030**

Quelles conséquences? Questions de la société à la science

☹ **Les paradigmes ont la vie dure**

😊 **Une rupture (nouveau paradigme) met du temps
pour se traduire en découvertes et innovations**

☹ **Il existe des incertitudes scientifiques**

😊 **Les ruptures scientifiques ont un impact sur
les techniques (transistor)**

Quelles conséquences? Questions de la société à la science

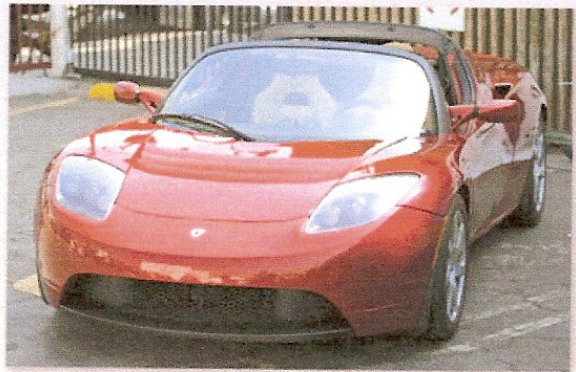
☺ **Les enjeux de société interpellent la recherche**

- **Des besoins importants: Energie, Santé, Alimentation, Sécurité (*y compris climat*)**

- **Les besoins « techniques » suscitent des recherches (énergie: Carnot..)**

Quelles conséquences? Questions de la société à la science

2008)



Voiture électrique belge (1899): « La jamais contente »...La Tesla
Edison (1899): l'avenir est à la voiture électrique...Ford le quitte

Le front Biologie, Chimie, Physique, Informatique

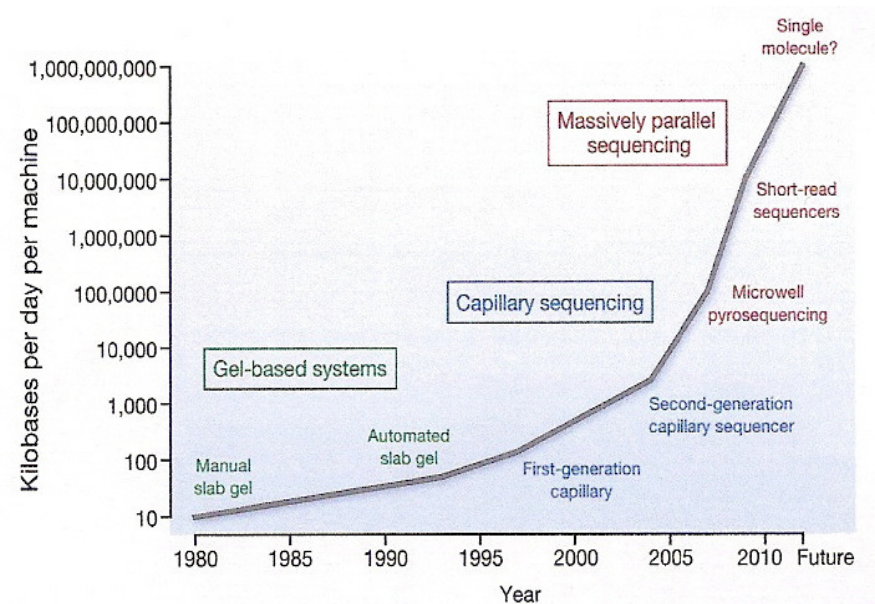
**Meilleure prévision interaction protéines/gènes,
meilleure connaissance de l'action des gènes**

**Mécanismes de régulation et de programmation des
cellules et de l'action des gènes, *repérer mutations***

**Synthèses partielles de génomes grâce à la biologie
synthétique et à la chimie supramoléculaire**

Le front Biologie, Chimie, Physique, Informatique

Séquençage rapide et peu coûteux des génomes



Certains diagnostics pour maladies génétiques « simples »

Profil génétique de malades

Espoirs et difficultés d'une médecine prédictive et d'une thérapie génique

Réparation de gènes possibles par transfert via un virus : maîtriser les conséquences

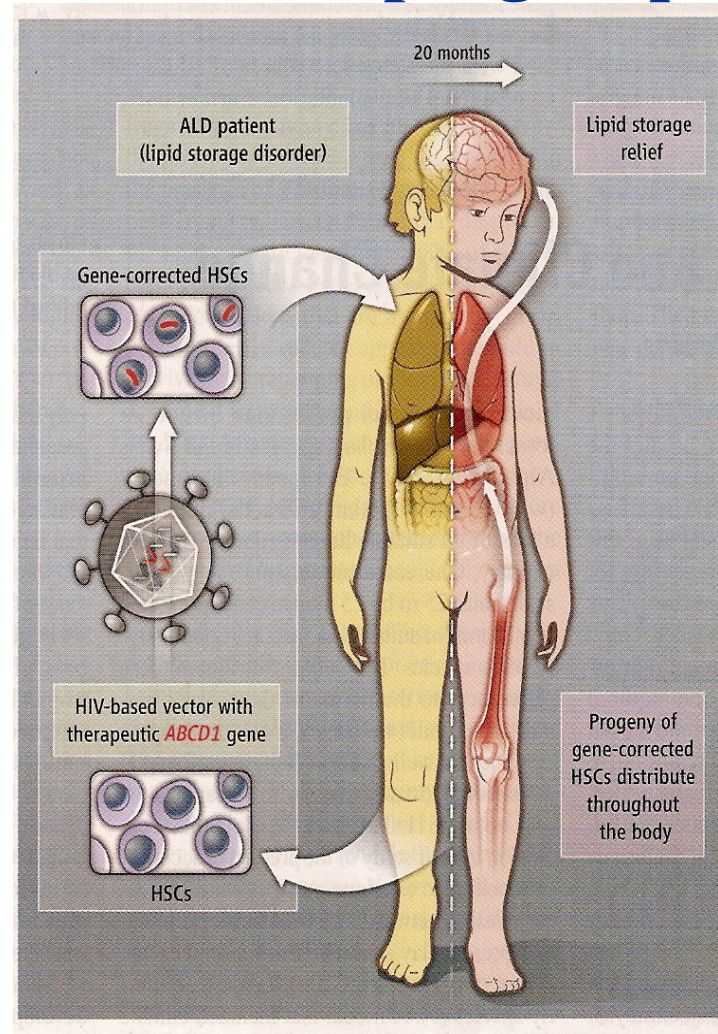
Utilisation des cellules souches: comprendre et maîtriser les processus de reprogrammation

▶ Tests génétiques pour maladies héréditaires et simples (diabète, certains cancers) : problèmes éthiques

▶ Thérapie génique pour maladies graves, Alzheimer, Parkinson?

▶ Meilleur ciblage de l'action des médicaments

Espoirs et difficultés d'une médecine prédictive et d'une thérapie génique



Succès d'une thérapie génique (2009) Adrénoleucodystrophie X

Le front Biologie, Chimie, Physique, Informatique

**Nouveaux procédés chimiques par biologie synthétique
(production par bactéries) et chimie supramoléculaire**

Nouveaux catalyseurs: chimie, piles, photolyse de l'eau



**« Biocarburants » produits par bactéries: éthanol,
hydrocarbures**

**OGM à fonctions multiples (productions spécifiques),
résistance sécheresse, croissance rapide, etc.**

Beaucoup de questions d'éthique

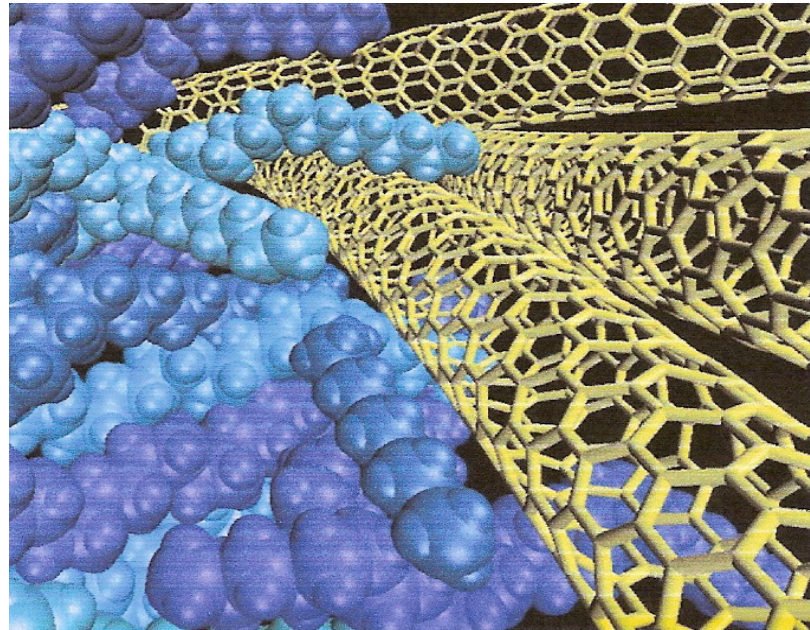
Manipuler la matière: des nanosciences aux nanomatériaux

Le paradigme de la physique quantique poussé à l'extrême: effets collectifs de la matière à petite dimension ► ce n'est pas une rupture

On sait manipuler des groupes d'atomes...des électrons...

La « nanomatière » peut avoir des propriétés spécifiques: résistance mécanique, conduction électrique, émission de lumière, catalyse, etc.

Manipuler la matière: des nanosciences aux nanomatériaux



Composites avec nanotubes de carbone

Manipuler la matière: des nanosciences aux nanomatériaux, les applications

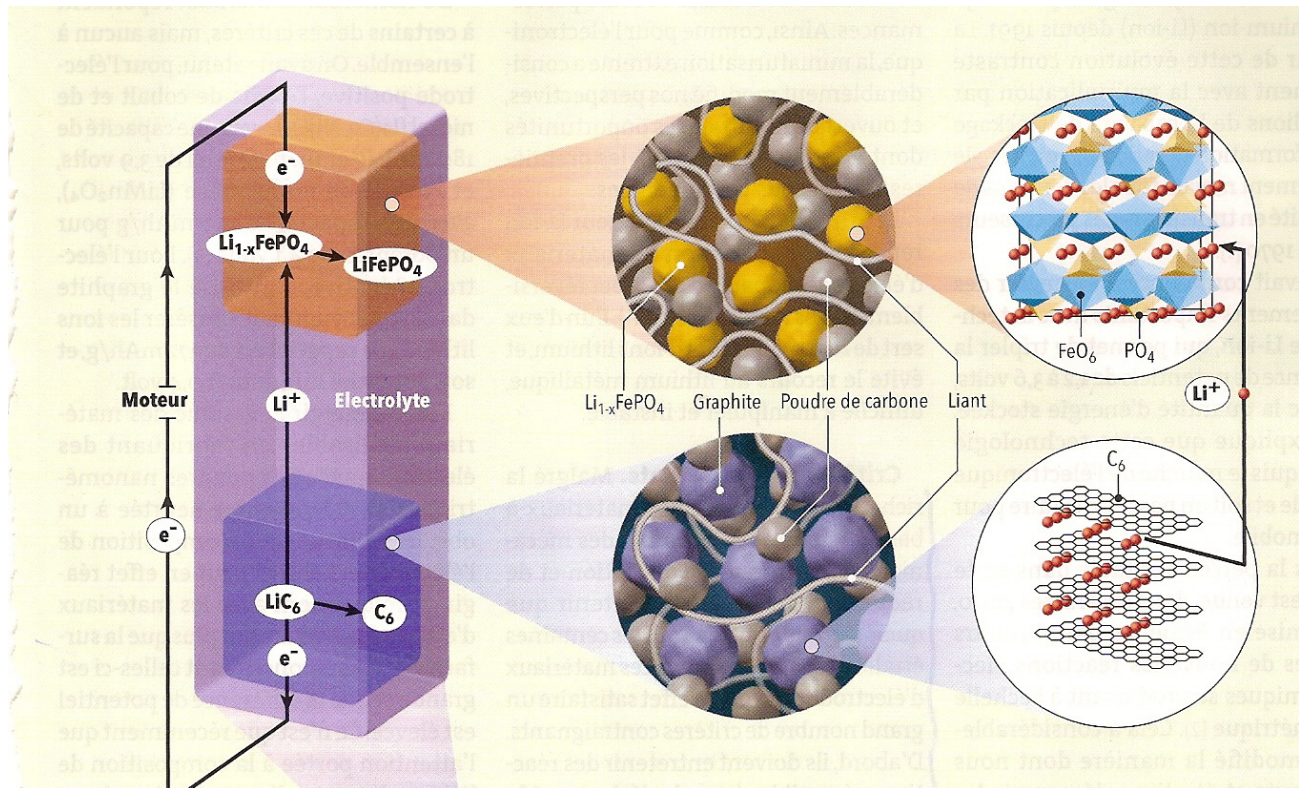
Miniaturisation extrême de composants: diodes lasers, transistors nanos, capteurs, stockage de l'information

Santé: véhicules pour médicaments, capteurs intégrés

Amélioration performances mécaniques: tubes, plaques,

Nanoparticules pour électrodes de batteries: plus de charges, catalyseurs pour piles H₂, capteurs solaires

Manipuler la matière: des nanosciences aux nanomatériaux, les applications



Electrodes avec nanoparticules

Manipuler la matière: des nanosciences aux nanomatériaux, les applications

Des percées techniques mais pas de révolution industrielle

Technologies de production complexes

Limite atomique pour les composants : passer à l'informatique quantique 2030-2040?

Débat sur la toxicité des nanoparticules

Conséquences des ruptures possibles en physique

Le long terme: après 2030

Révision de la gravitation aux distances cosmiques

**Nouvelles théories des particules, *aggiornamento*
relation matière-énergie, interaction matière/lumière**

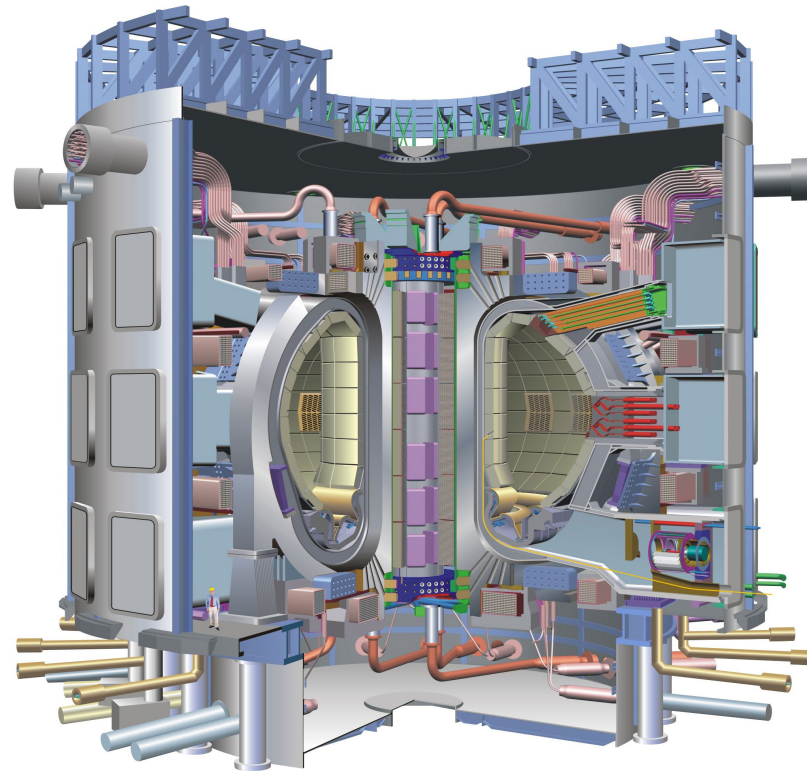
*Nouveau nucléaire? Nouveau solaire avec de nouveaux
types de phénomènes ou de nouveaux matériaux*

Le nucléaire entre fission et fusion

Un nucléaire avec moins de déchets: comment s'en débarrasser? Nouvelles réactions nucléaires?

Les incertitudes de la fusion (Iter), nouveaux moyens (lasers)?

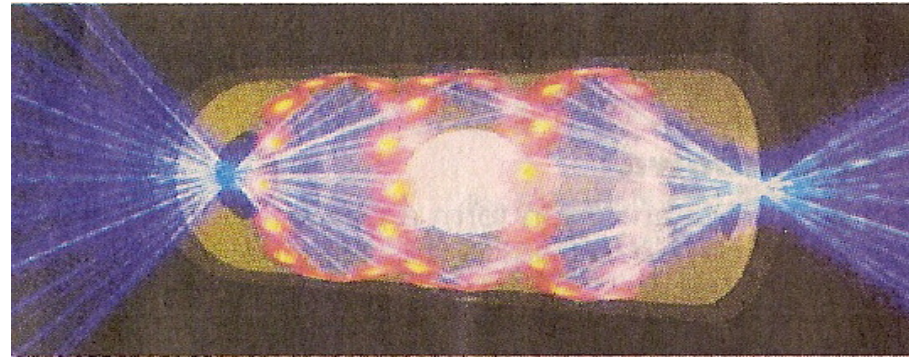
Le nucléaire entre fission et fusion



Chapitre 8 Iter: Maquette de la machine ITER (International thermonuclear Experimental Reactor) pour étudier la fusion thermonucléaire contrôlée. Le réacteur va être construit en France à Cadarache.

Coupler fusion-fission: « brûler » les déchets par les neutrons de la fusion

Le nucléaire entre fission et fusion



Coupler fusion-fission: « brûler » les déchets par les neutrons de la fusion

Ruptures et stratégies de recherche

Identifier les questions clés, les blocages et les ruptures en cours



Ex. : Biologie synthétique, stockage de l'électricité, catalyse, physico-chimie des nanomatériaux

Laisser le temps au temps: les ruptures et les percées ne se programment pas

Ruptures et stratégies de recherche

Eviter la monoculture institutionnelle: une capacité de « ratisser» large et de favoriser les rapprochements disciplinaires, éviter un « Saclay » du solaire ou des biocarburantsun CEA et énergies alternatives ??? mais ...des Grenoble, EPFL (Lausanne)....

Conforter les percées par des programmes ou des plateformes souples pour favoriser les coopérations

Stratégie à la Bell Telephone pour les entreprises (transistor): investir dans les domaines où les ruptures sont faites pour changer procédés et produits

Ruptures et stratégies de recherche

► Comment « traduire » des questions à la science en questions de science? (ex. Agora)

Une prospective continue....des lieux de dialogue

Einstein n'a pas dit son dernier mot...d'autres attendent pour dire le leur