



Hommage à Louis de Broglie

Louveciennes 10 Mars 2012



Demain la Physique

- (l'électricité n'a pas été inventée en cherchant à améliorer les bougies)



Röntgen, prix Nobel 1901

QuickTime™ et un
décompresseur TIFF (non compressé)
sont requis pour visionner cette image.




La physique autour de nous

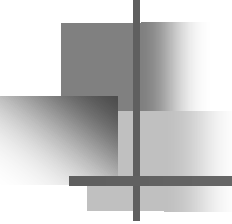
- STIC
- Energie nucléaire
- Imagerie médicale
- Matériaux : cristaux liquides, polymères...
- **COMPRENDRE NOTRE UNIVERS**



GPS

- 24 satellites qui orbitent à 20 000 kms
- Tout point de la surface du globe est visible par au moins 4 satellites
- La position est déduite de la mesure du temps de propagation d'un signal depuis un satellite
- La lumière parcourt 300 mètres en une microseconde, il faut des horloges atomiques
- Horloge atomique : une seconde, temps nécessaire pour
9 192 631 770 périodes de la radiation produite par la transition entre deux niveaux hyperfins du Cs133 ; précision une seconde en 50 millions d'années.
- Précision 10^{-10} , i.e. centimètres
mais...

- 
- Le satellite se déplace par rapport à nous. Ses horloges nous « semblent » plus lentes (relativité restreinte).
 - L'effet est un retard de 7 microsecondes par jour

- 
-
- Les masses courbent l'espace et le temps
 - Le temps est influencé par la gravité (relativité générale)
 - Toute horloge, même atomique, à l'altitude du satellite nous semblera en avance de 45 microsecondes par jour
 - Total $45 - 7 = 38$ microsecondes/jour soit plus de 10kms

Si on ignorait la relativité le GPS serait inutilisable



Lasers

- CD, DVD, lecteurs de codes-barre, pointeurs, chirurgie...

Sont devenus des objets très familiers

Cependant lorsqu'ils furent découverts (Meiman, Townes et al. 1960), tout le monde considérait qu'ils n'auraient d'intérêt que pour les laboratoires..



Lasers

- Einstein (1916) émission stimulée
- Pompage optique pour avoir une inversion de niveaux (Alfred Kastler 1950)



Imagerie médicale

- Rayons X
- Microscopie électronique
- RMN-IRM
- Tomographie à émission de positrons
- Echographie (ultrasons)
- Magnéto-encéphalographie
- Microscopie à effet tunnel



Rayons X

- **Sir William Henry Bragg**
- **William Lawrence Bragg**
- **Partagent le prix Nobel 1915 pour l'analyse** analysis de la structure cristalline

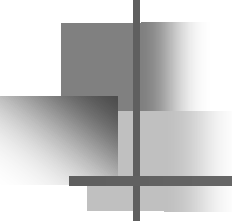
QuickTime™ et un
décompresseur TIFF (non compressé)
sont requis pour visionner cette image.

QuickTime™ et un
décompresseur TIFF (non compressé)
sont requis pour visionner cette image.



Rayons X

- Wilkins, R. Franklin, Crick & Watson : double hélice de l'ADN
- Biologie structurale : analyse de la structure des protéines à précision de 0.1 nanomètre (rayonnement synchrotron)



Microscopie électronique

- Louis de Broglie 1924 : dualité onde-particule
- Les électrons sont aussi des ondes qui peuvent être diffractées par un cristal :
Davidson et Germer 1927

$$\lambda = h/p$$

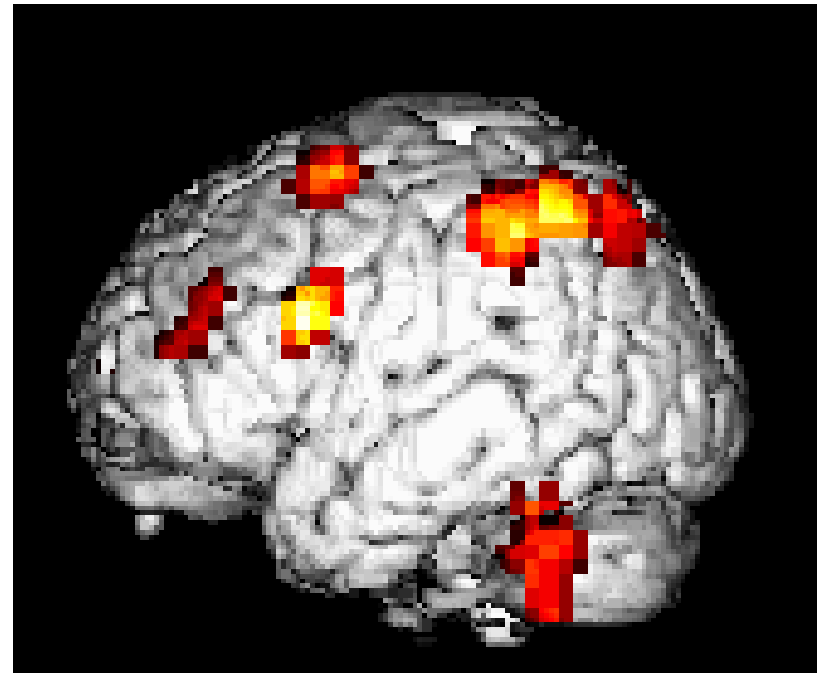
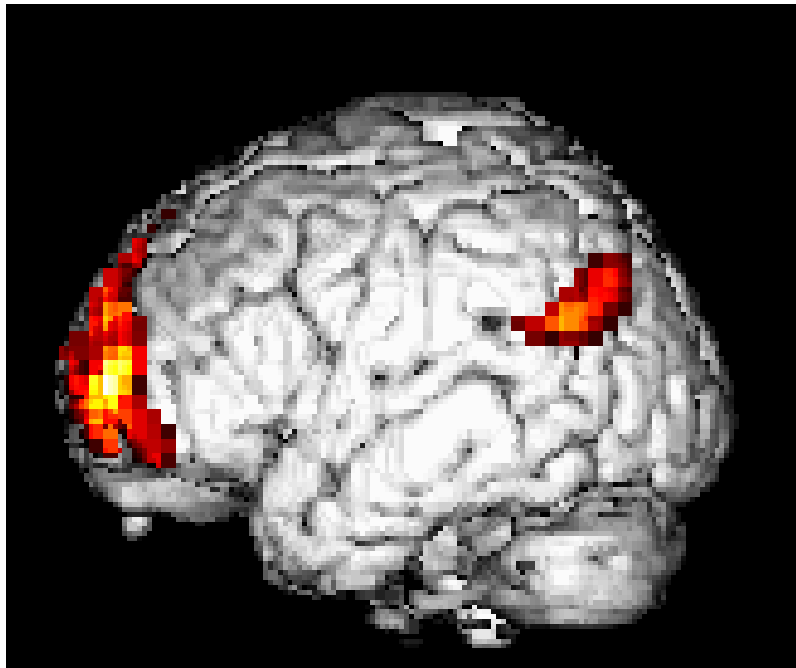


RMN-IRM

- Technique extraordinaire en science et en médecine
- Potentialités encore en forte croissance
- Principes de base : F. Bloch & E. Purcell (1946-47)

Anatomique et Fonctionnelle

- IRM fonctionnelle en neuroscience
- « Voir le cerveau penser »
(NEUROSPIN)



PET scan

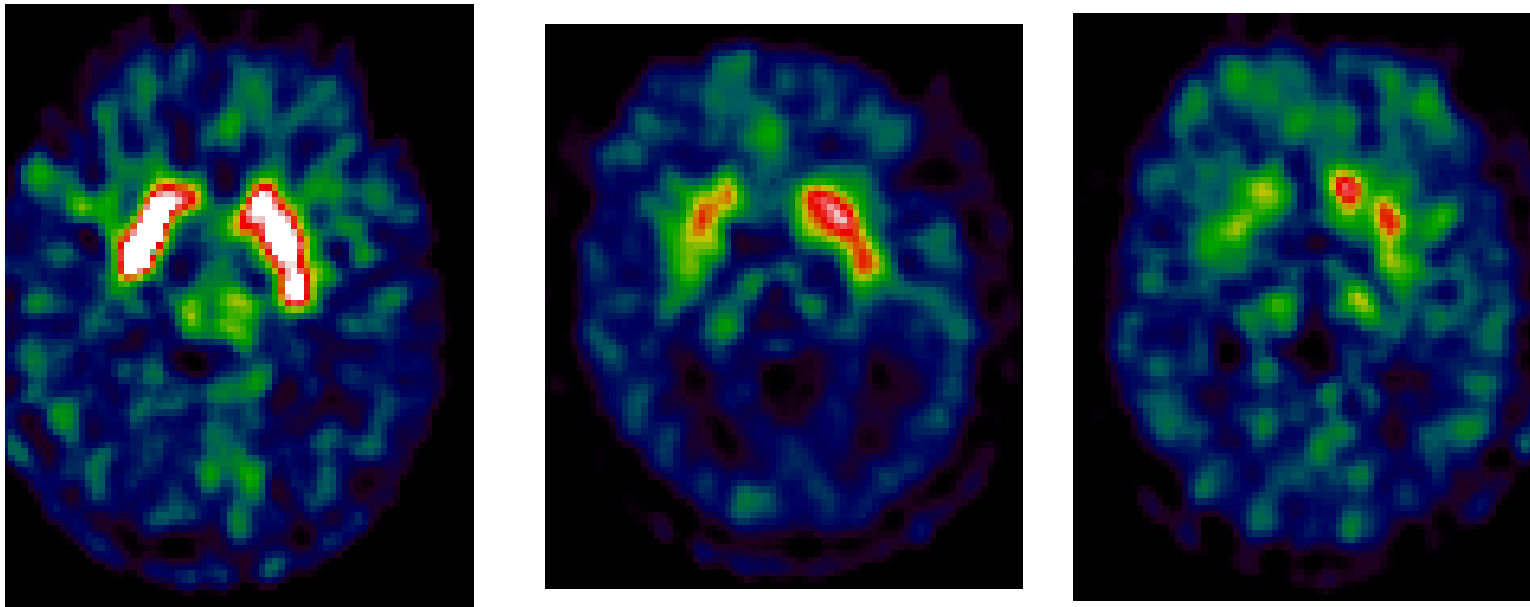
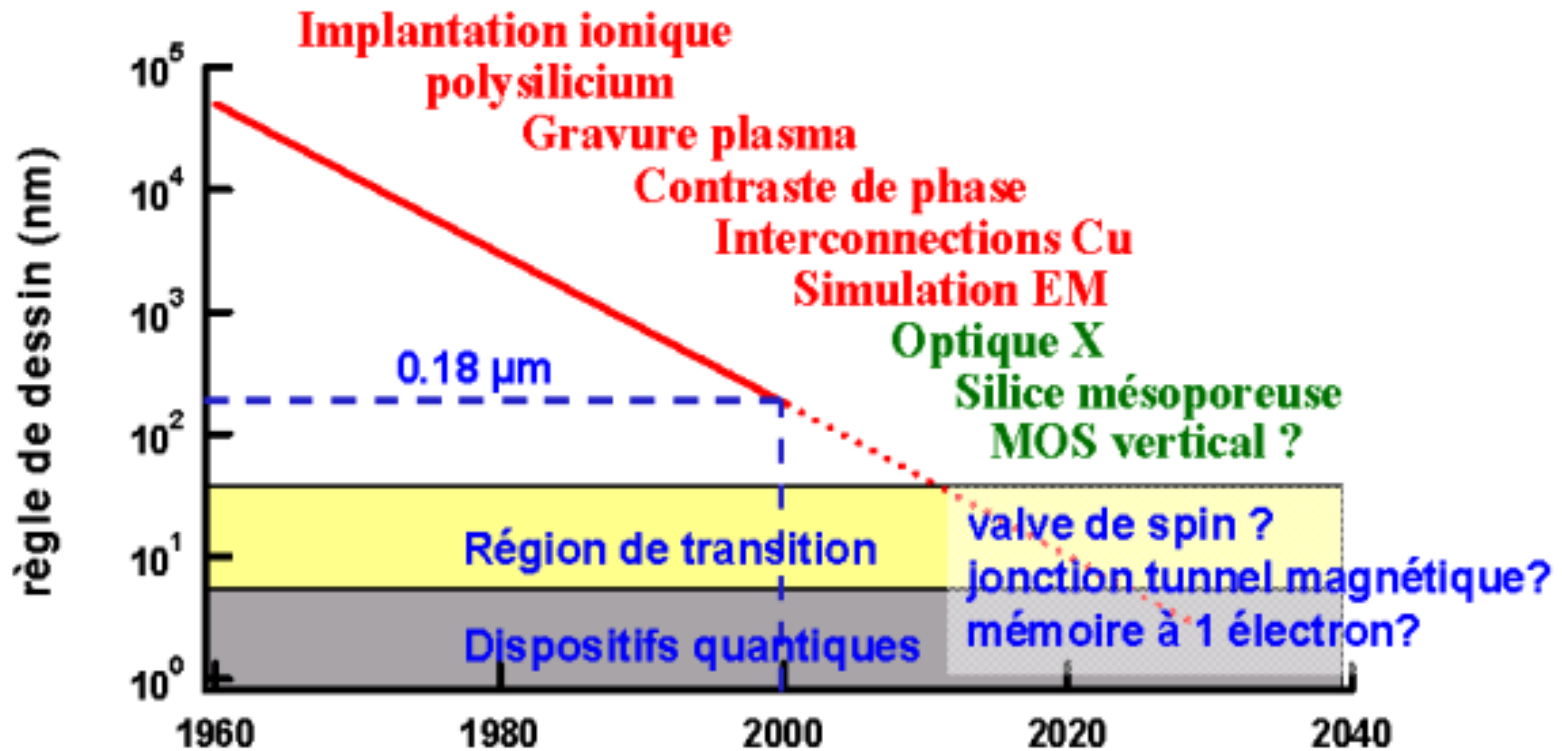


Figure 4. Détection de la maladie d'Alzheimer grâce à la tomographie par émission de positrons (TEP). La caméra détecte des variations du débit sanguin, grâce à l'injection d'un marqueur du métabolisme énergétique,

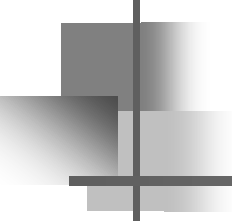
“Loi“de Moore

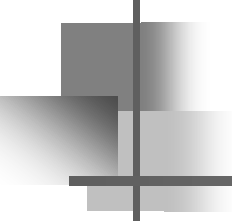




Intrication, bits quantiques, information quantique...

- 1935 Einstein , Podolsky, Rosen :
problème de “séparabilité de la mesure”
en mécanique quantique.
- Intrication d'un système quantique ,
exemple : une particule neutre se
désintègre en (e^+, e^-) .

- 
-
- Longs débats conclu avec le travail théorique de J. Bell et l'expérience (Aspect et al 1980)
 - Le monde paradoxal qu'Einstein et al n'aimaient pas est le nôtre
 - Tout cela avait l'air conceptuel, quasi-philosophique, mais a et aura des conséquences pratiques, telles que la cryptographie quantique et peut-être le calcul quantique.



Quelques exemples de questions non résolues

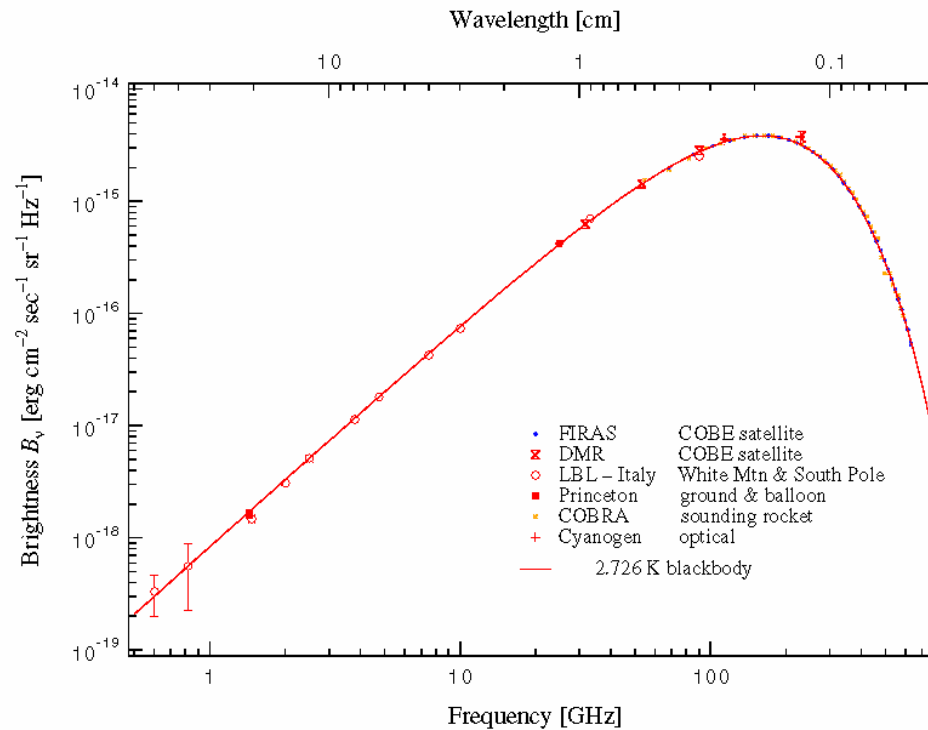
- Energie noire et matière noire
- Concilier gravitation et fluctuations quantiques
- L'espace a-t-il plus de trois dimensions?
- Les constantes de la physique sont-elles constantes?
- L'ordinateur quantique?
- Le boson de Higgs
- etc



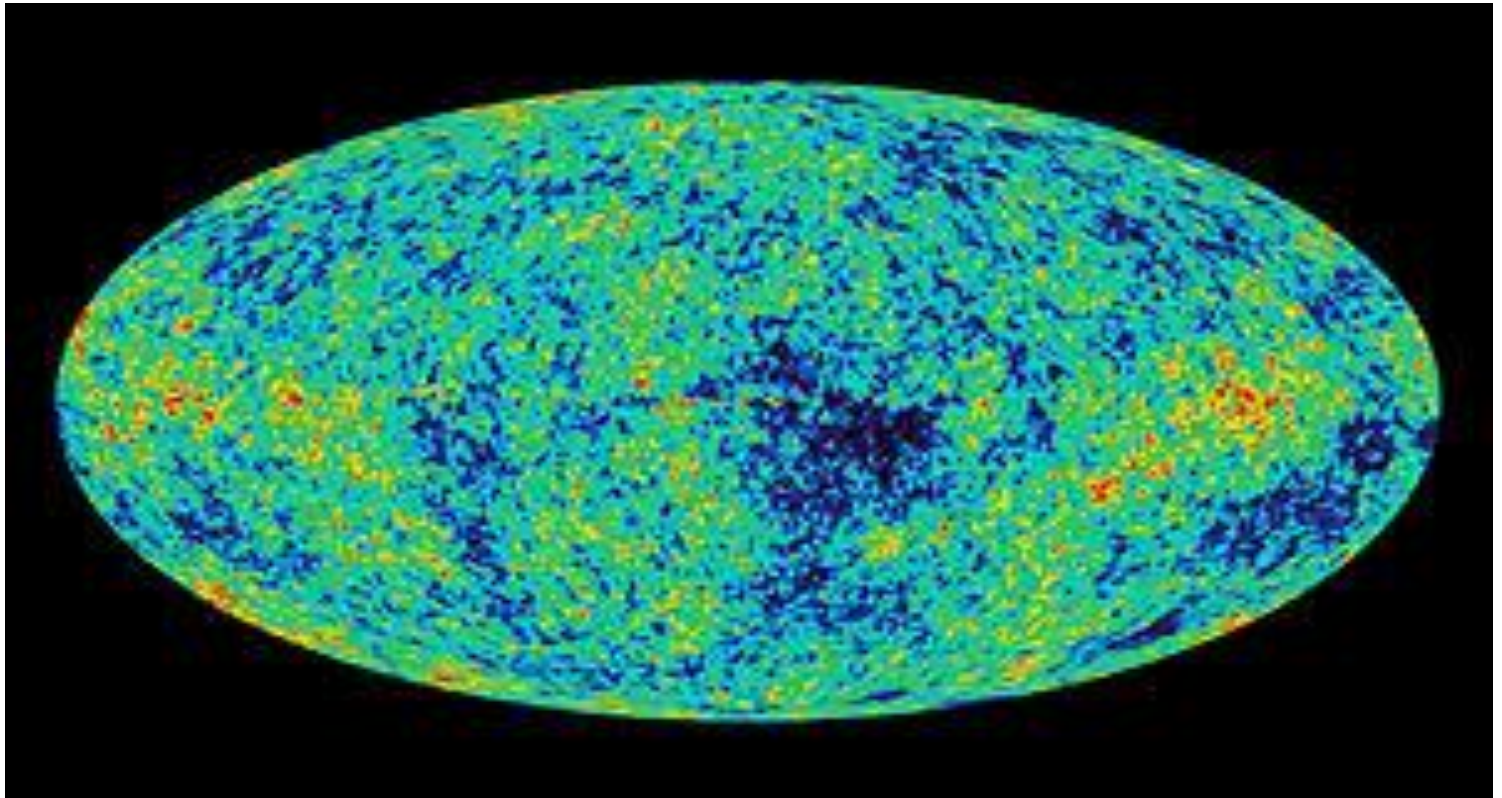
Cosmologie

- Penzias-Wilson 1964 , découverte du fond diffus cosmologique
- Prédit par G. Gamow (années 40)
- Corps noir environ $T = 2,726\text{K}$

Le corps noir cosmologique (COBE et al)



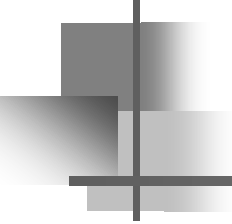
Fluctuations du fonds cosmologique : de COBE à WMAP





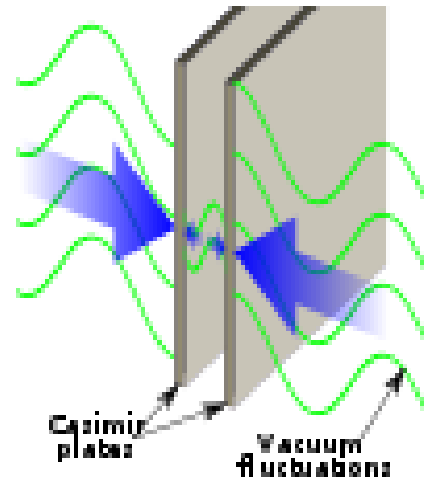
L'accélération cosmique

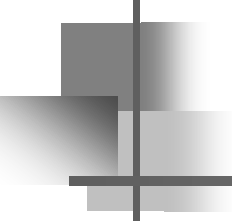
- La découverte en 1998 de l'accélération de l'expansion : Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt, Adam G. Riess , prix Nobel 2011, par l'observation de supernovae distantes, a contraint à réintroduire une constante cosmologique Λ .
- En fait Einstein l'avait introduite pour obtenir un équilibre, une *pression négative* pour contrebalancer l'attraction gravitationnelle, mais cet équilibre est instable.

- 
-
- Cette pression négative est due à une densité d'énergie du vide, *l'énergie noire*, qui correspond environ à 70% du contenu énergétique de l'Univers.
 - Comment expliquer cette densité d'énergie du vide? La physique théorique est là sérieusement en panne! En effet...

Les fluctuations quantiques du vide

- Un oscillateur possède une « énergie quantique de point zéro »
- Cette énergie du vide due aux oscillateurs quantiques n'est pas une vue de l'esprit : exemple "l'effet Casimir"(1948)





Hélas! L'estimation de l'énergie du vide à partir de l'énergie de point zéro des oscillateurs contenus dans les champs quantiques est fautive d'un facteur 10^{120}



Quelques remarques complémentaires concernant l'historicité du monde physique

Les constantes physiques sont-elles des constantes?

(Il s'agit bien sur de constantes sans dimension telle la constante de structure fine)

La question a été posée par Dirac en 1937.
Dans les théories contemporaines
(supercordes) une variation temporelle est
générique...mais jusque là inobservée.



Les réacteurs naturels d'Oklo (Gabon)

L'Uranium naturel est un mélange de deux isotopes

U238 : 99,3%

U235 : 0,7%

Seul le 235 est fissile. Il a une demi-vie de 700 Millions d'années.

En 1972 le CEA s'inquiéta de la proportion d'U235 de la mine du Gabon

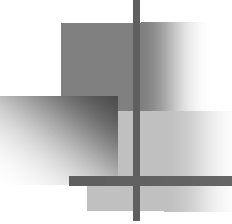
0,7171% au lieu des 0,7202% usuels.



Des réactions en chaîne spontanées !

Il y a près de deux milliards d'années le ^{235}U était donc présent pour environ 4%, proportion atteinte aujourd'hui dans l'enrichissement nécessaire pour les réacteurs dans lesquels les neutrons sont modérés par de l'eau.

L'examen de la zone d'Oklo révéla des produits de fission, des réacteurs naturels ayant fonctionné de 150 000 à 850 000 ans.



Le rapport $^{149}\text{Sm}/^{147}\text{Sm}$ d'ordinaire 0.9 est environ 0.02 à Oklo. Déplétion par capture résonante des neutrons par le ^{149}Sm .

T.Damour et F.Dyson ont fait observer que l'origine de cette résonance est d'origine coulombienne.



$$|\dot{\alpha}/\alpha| < 10^{-17}/\text{an}$$

Les horloges atomiques permettent d'obtenir aujourd'hui des bornes (ou peut-être un jour des résultats non nuls) plus précis.

$$\dot{\alpha}/\alpha = (0.01 \pm 0.15) 10^{-16}/\text{an}.$$



Conclusion

- La physique sera aussi présente au XXIème siècle qu'elle le fut au XXème:

Nanosciences, dispositifs quantiques, biophysique, imagerie quantique, Gén IV....

- L'innovation repose sur la science existante, les grandes ruptures sur de l'imprévu