

Le programme Pharo ACEES débute en 1993. Lancement programmé en 2016  
 Ces uns lancés en l'air comme dans une fontaine. Ils retombent sous  
 l'effet de la gravité : très lentement : donc raie de spectre très étroite et  
 précision de  $10^{-6}$ .

Le système ACEES : une horloge à hydrogène : un signal à 100 MHz, puis  
 synchronisation. Ainsi, précision accrue.

Le satellite Gaia successeur d'Hipparcos, 1000 fois plus précis.  
 Nôtre problème : observer la voie lactée alors qu'on est à l'intérieur.

Méthode : mesure de parallaxe : étoile mesurée à deux moments  
 séparés de 6 mois :  
 $7 \cdot 10^{-6}$  mesure d'arc (secondes). (nos télescopes : 1s !)

On se place au point de Lagrange : point de gravité nulle entre Terre  
 et Lune.

précision : le parsec = une seconde de parallaxe : donc précision de  $\frac{10^6}{7}$   
 = 3,26 AL

\* Étude de Céphéides : luminosité intrinsèque + période.  
 "étoiles variables"

Il y a un rapport entre ces données qui est constant et qui  
 permet de mesurer de distances d'étoiles variables (ou on  
 ne peut mesurer la parallaxe (à 10% près)  
 (en fait, il y a plusieurs types de Céphéides).

70 mesures sur chaque étoile.

Discussion : - l'horloge à l'Yttrium : 40 fois plus précis!  
 - les pics de fréquence : amélioration.

Gaia - il faudrait mesurer la masse, mais c'est trop près, pour obtenir de  
 l'information sur l'expansion de l'Univers.

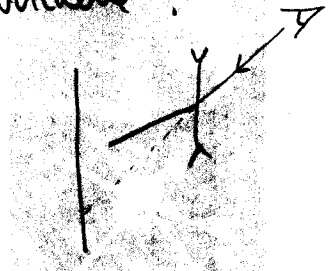
# Le réel et le virtuel

Ya-t-il une séparation nette?

Article de Haroche: Le virtuel en physique. (reçu 13-cinq-académie-2011, Institut de France, dir. S. Haroche phy)

Optique en 3<sup>e</sup>, lentille, miroir: effet de notre vision que nous ne pouvons détecter le changement de direction d'un photon: image virtuelle.

→ C'est une illusion.



"Est virtuel ce qui n'existe encore qu'en puissance"

Thème des corps: explique, mais est-ce réel.

virtuel - potentiel: ce qui peut être, ce qui va être.

travail virtuel: imaginer ce qui serait possible...

Exemple de l'atome: considéré comme virtuelle tant qu'elle n'a pas été mise en évidence. C'est le cas aujourd'hui des supercordes.  
p. virtuelle = particulièrement observable. Parce qu'elle violerait le bilan de masse, n'est pas sur sa couche de masse.

Chemin virtuel: principe de Fermat, de Lagrange.

Comment la particule sait-elle qu'elle suit le chemin le plus court?

Or la particule ne réfléchit pas.

C'est comme la loi de la gravitation universelle.

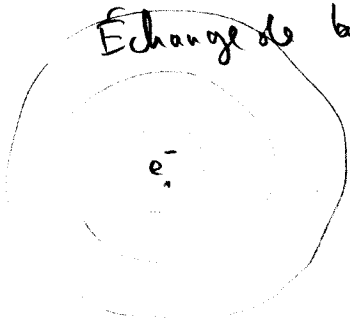
Explication de Haroche: interférence constructives, destructives.

→ Cours de physique de Feynman et d'électromagnétisme.

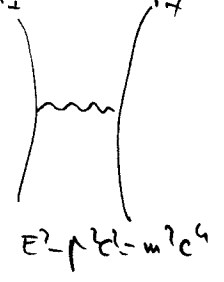
→ en relativité générale, le chemin le plus long, en temps propre.

→ sur une toile ondulée, de proche en proche, une bille se déplace en ligne droite.

Echange de boson de jauge: répulsion proton-proton



$e^-$  apparaît par la percussion de deux photons ( $\gamma$ ) pendant un certain temps, et il n'y a pas encore de champ! (Le langage des bosons virtuels s'échangent.)



Invariance  $\neq$  conservation: ici:  $t_1 + t_2 \neq t_1' + t_2'$   
 Interaction  $\neq$  échange de particules.  $p_1 + p_2 \neq p_1' + p_2'$

Q. A-t-on un champ qd m a un  $e^-$  tout seul?

"bon émis au cas où ..."

"Virtual" à d'autres sens: chez Leibniz (dt la mécanique ne s'est jamais faite)

- principe de puissances virtuelles

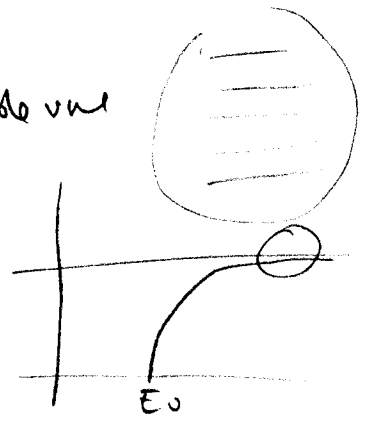
$$\left. \begin{aligned} F &= \frac{dp}{dt} & F &= m \frac{dv}{dt} \\ P &= \frac{dE}{dt} & P &= m v \frac{dv}{dt} \end{aligned} \right\} \text{devient, avec le principe de puissances virtuelles,}$$

$$\left( F - m \frac{dv}{dt} \right) v^* = 0 \text{ pour tout } v^* \text{ ; si on prend } v^* = v, \text{ on obtient } P = m v \frac{dv}{dt}$$

↑  
virtuel!

Le produit scalaire unifié

• Chez Leibniz, une réalité avec une asté de points de vue adonne se place à un niveau de point de vue, tous les autres deviennent virtuels.



Les solutions de Feynman: sur tous les chemins possibles.

Il faut distinguer entre possible et virtuel.

⚠ Épiphyas vaut 137 \$.