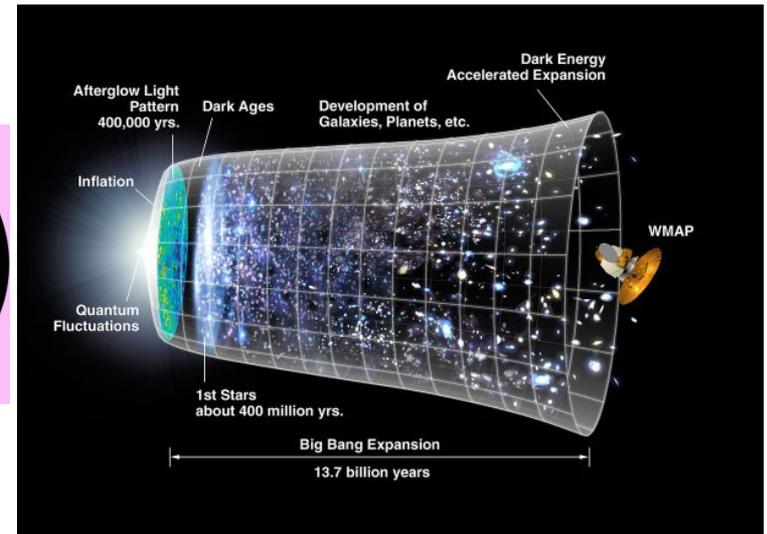
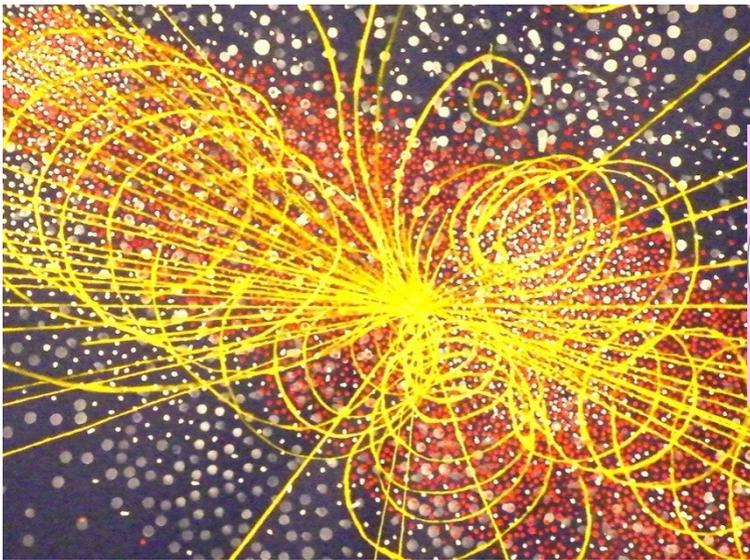


RAYONS COSMIQUES ET PHYSIQUE DES PARTICULES

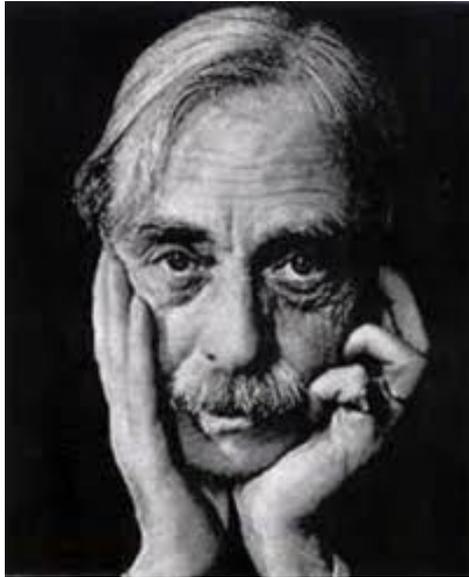
ou les vertus de la dialectique

Etienne KLEIN



DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

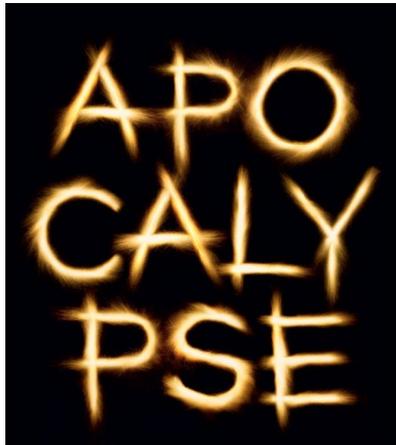
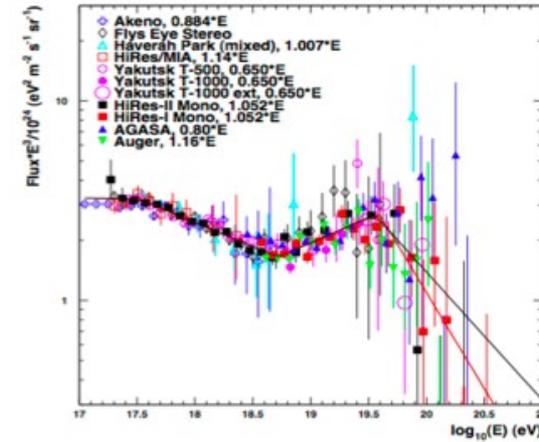
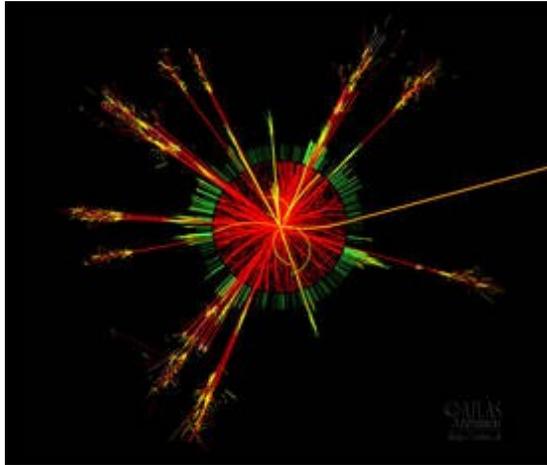
cea



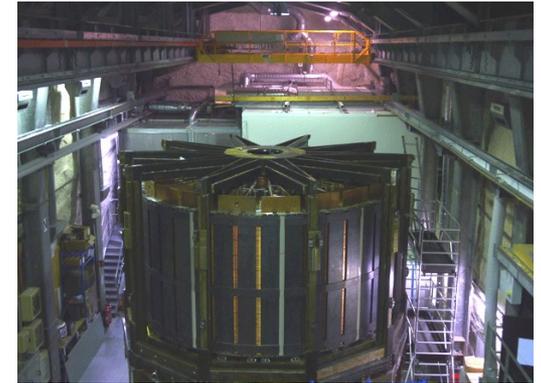
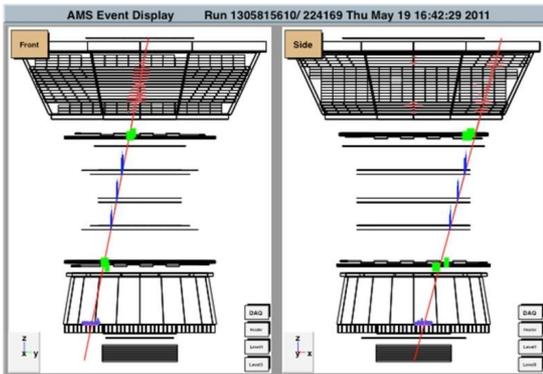
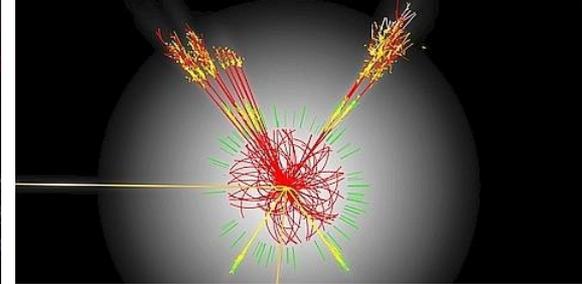
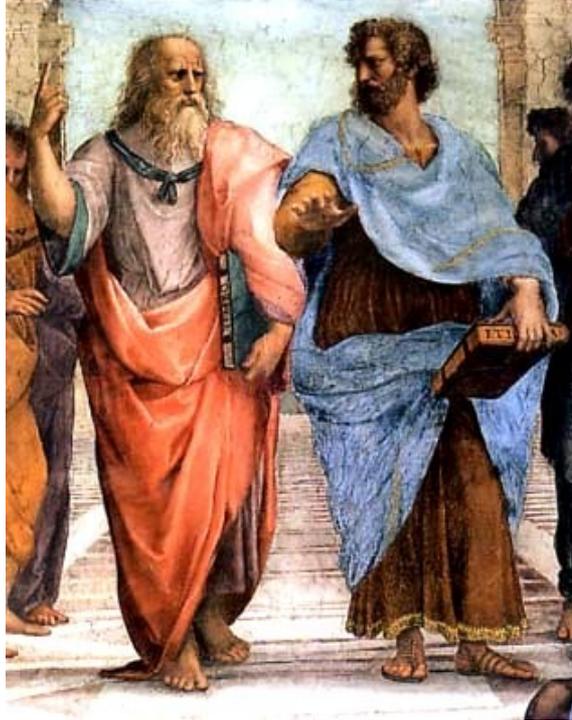
*Les recherches **insensées** sont parentes de découvertes **imprévues.***
Paul Valéry

Une solidarité disciplinaire précieuse en cas de tourmente médiatique.

Il n'est pas contraire à la raison de préférer la destruction du monde entier à l'égratignure de mon doigt.
David Hume

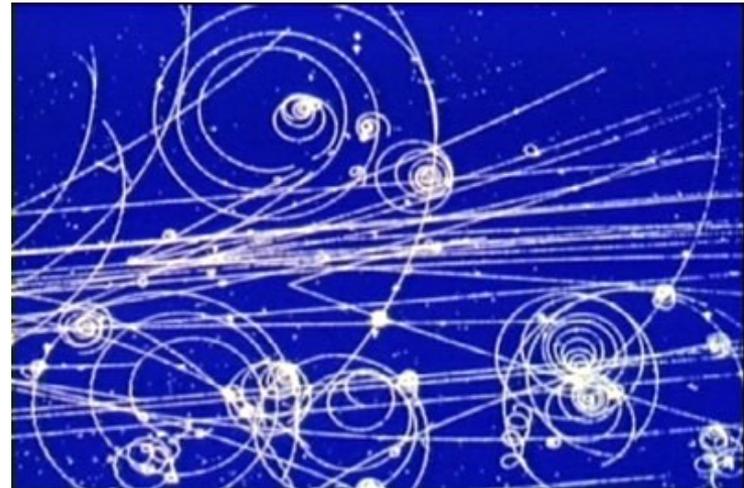
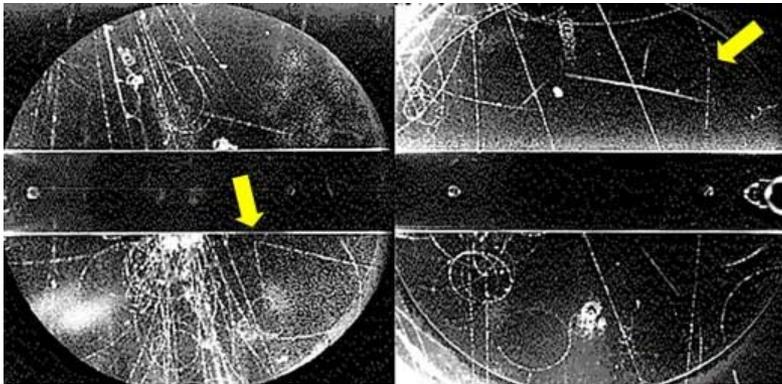
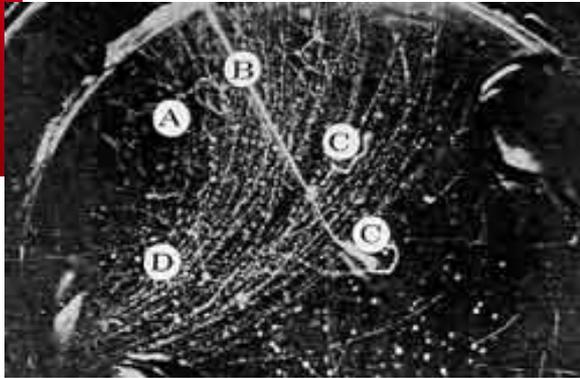


PLATON plus ARISTOTE



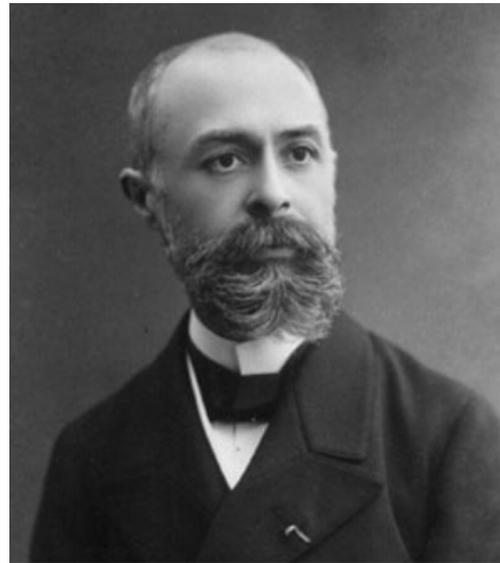
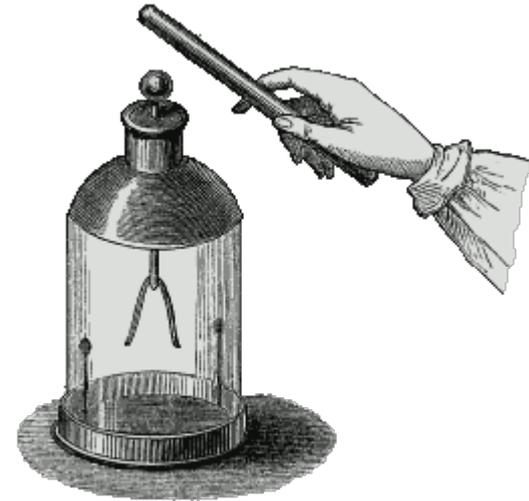
Musique de chambres

(à brouillard ou à bulles avant d'être à étincelles puis à fils)



Donal Glaser fut l'étudiant de Carl Anderson....

Rayons cosmiques et radioactivité : Un enchevêtrement historique

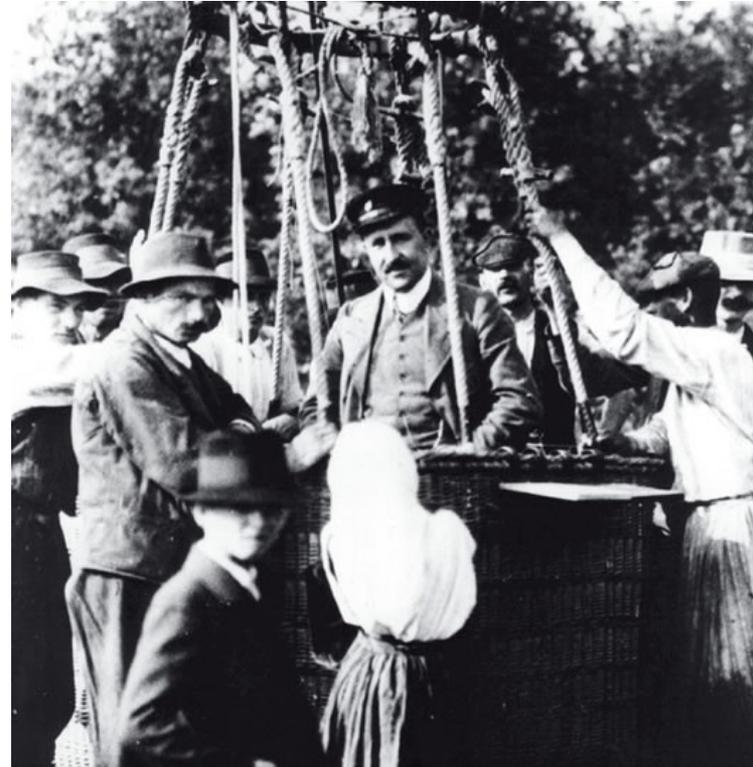


Terrestres ou extra-terrestres ?

Pour (en) avoir le cœur net, une seule solution : grimper...

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea



A la une des journaux

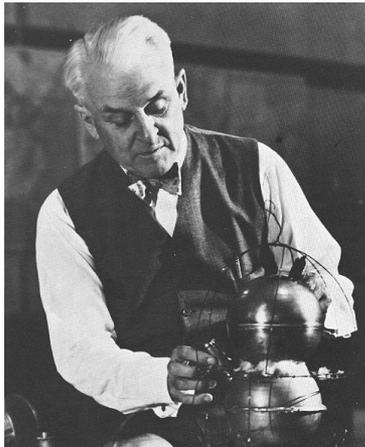
DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE
cea

The New York Times

31-12-1932-

Debate of rival theorists brings drama to session of nation's scientists

New findings of his ex-pupil lead to thrust by Millikan at « less cautious » work

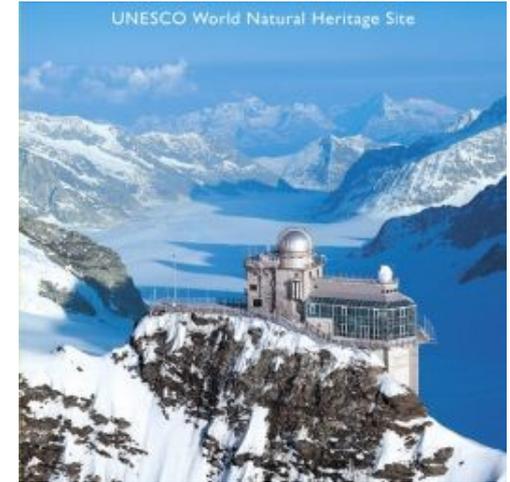
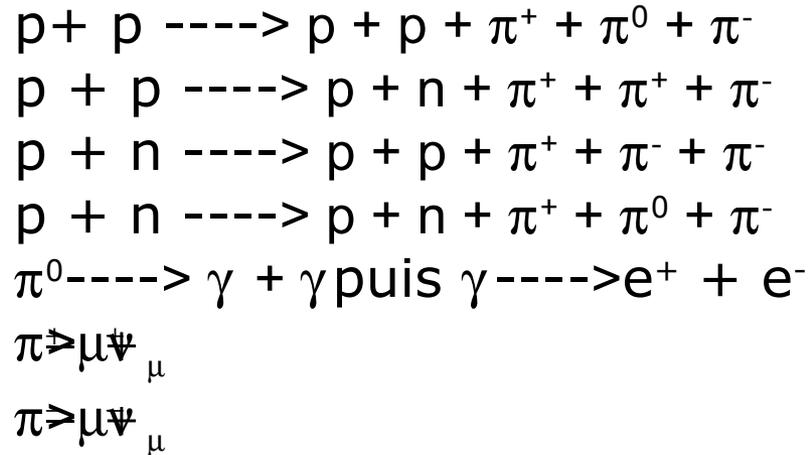


Robert Millikan



Arthur Compton

Gerbes cosmiques



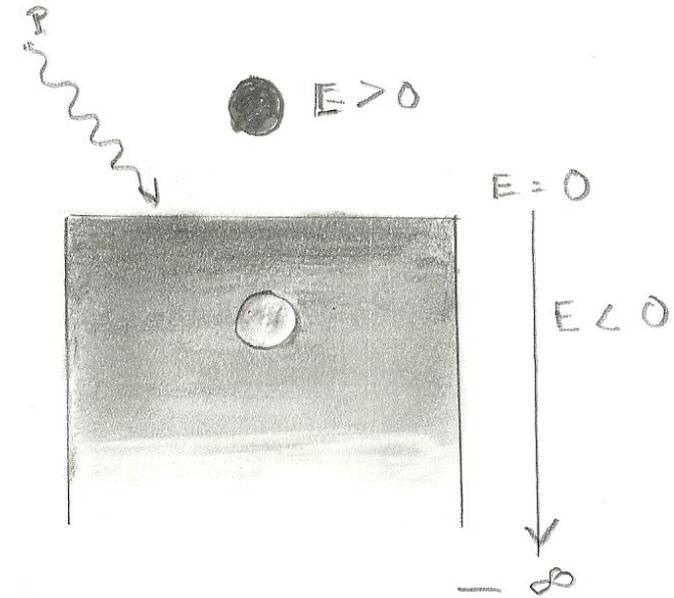
Du fait de la richesse des collisions dans les gerbes, les rayons cosmiques ont longtemps constitué une source précieuse d'informations sur les particules, avant que les accélérateurs ne prennent le relais.

On leur doit les découvertes :

- Du positron (1932)
- Du muon (1937)
- Des pions et des kaons (1947 et 1949)
- Des hypérons (Λ , Σ , Ξ , Ω)

1932 : Paul Dirac, son équation, sa paire et sa mer

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE
cea

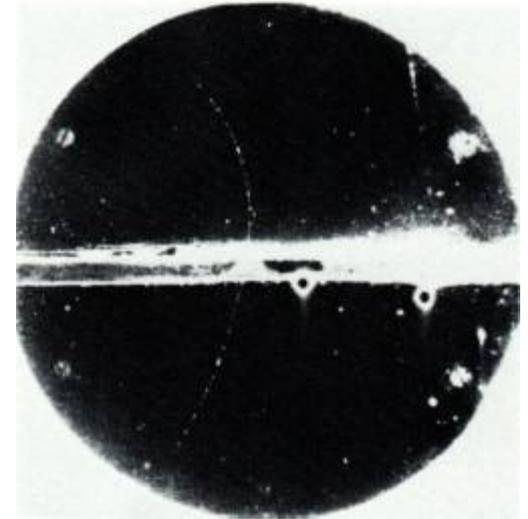
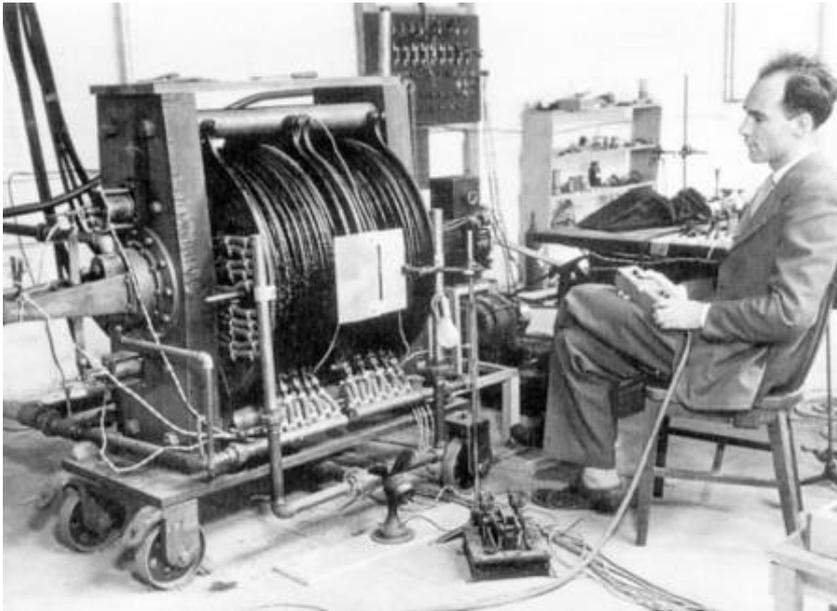


$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\hbar c}{i} \left(\alpha_1 \frac{\partial \psi}{\partial x^1} + \alpha_2 \frac{\partial \psi}{\partial x^2} + \alpha_3 \frac{\partial \psi}{\partial x^3} \right) + \alpha_4 mc^2 \psi$$

Carl Anderson et sa chambre d'étudiant

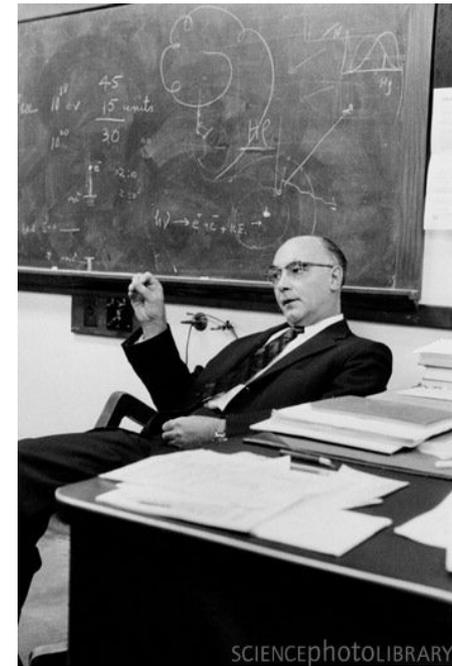
DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea



Carl Anderson reçoit le prix Nobel en 1936, la même année que Hess...

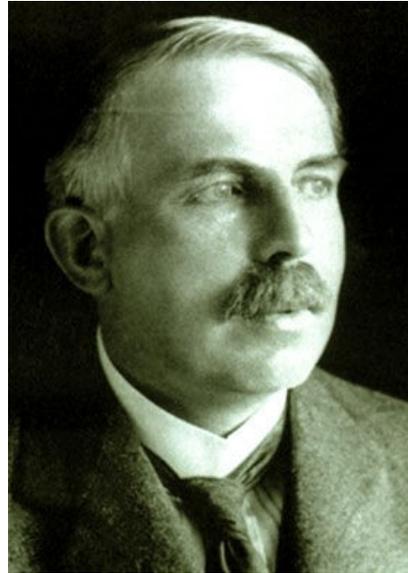
Théorie-expérience : parfois, de la friture sur la ligne...



Il a été souvent dit dans la littérature que la découverte du positron avait été une conséquence de la prédiction théorique de Paul Dirac, mais cela n'est pas exact. La découverte du positron a été tout à fait accidentelle. En dépit du fait que la théorie relativiste de l'électron de Dirac était une excellente théorie du positron, et en dépit du fait que cette théorie était connue de presque tous les physiciens, elle ne joua aucun rôle dans la découverte du positron.

Carl Anderson

Réaction d'un empiriste...



Il est regrettable que nous ayons eu une théorie de l'électron positif avant le début des expériences. M/ Blackett a fait son possible pour ne pas se laisser influencer par la théorie, mais la façon d'envisager les résultats doit inévitablement être influencée par la théorie dans une certaine mesure. J'aurais été plus content si la théorie était venue après l'établissement expérimental des faits.

Ernest Rutherford, 22 octobre 1933, Congrès Solvay

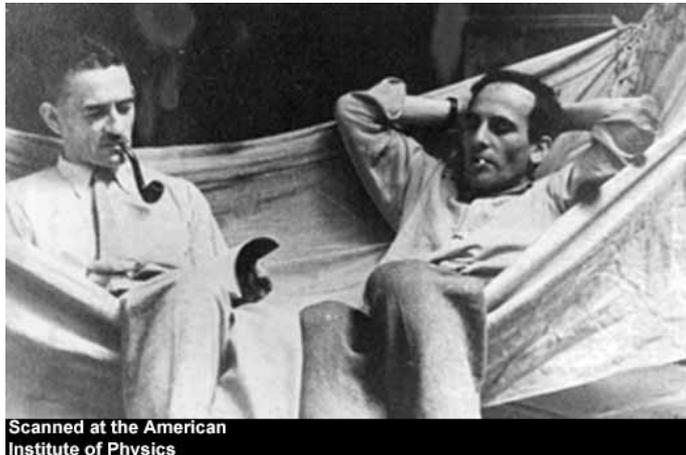
Certaines barrières psychologiques sont infranchissables, même par effet tunnel...

Le temps du basculement



Gentlemen, we have been invaded.
The accelerators are here.

Cecil Powell (découvreur du pion), 1950

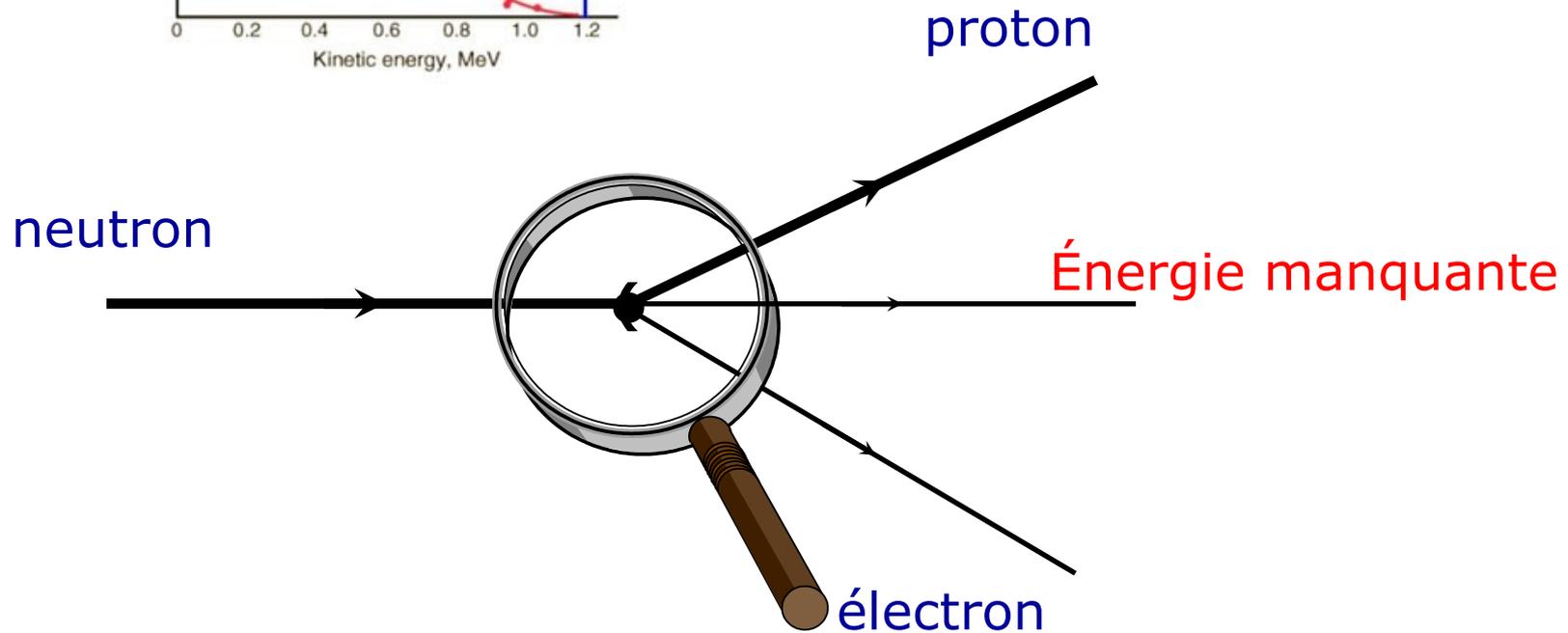
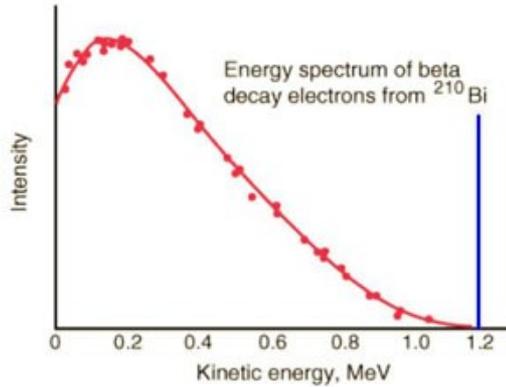


Scanned at the American
Institute of Physics

Je suis conscient de cette nouvelle approche de la physique des particules [par accélérateurs], et je réalise que nous avons été, parmi tous ses pionniers et à leur image, d'aventureux chasseurs d'espèces inconnues, qui ont découvert ces particules insoupçonnées sans pouvoir toujours les définir parfaitement, sans être capables d'en connaître toutes les propriétés. Nous allons devoir nous transformer en membres d'une équipe lourde, esclaves d'une grande machine à cracher des protons.

Louis Leprince-Ringuet (ici avec Occhialini), 1953

Le « puzzle » de la radioactivité bêta



Lettre du 5 décembre 1930

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea



Chers mesdames et messieurs radioactifs,

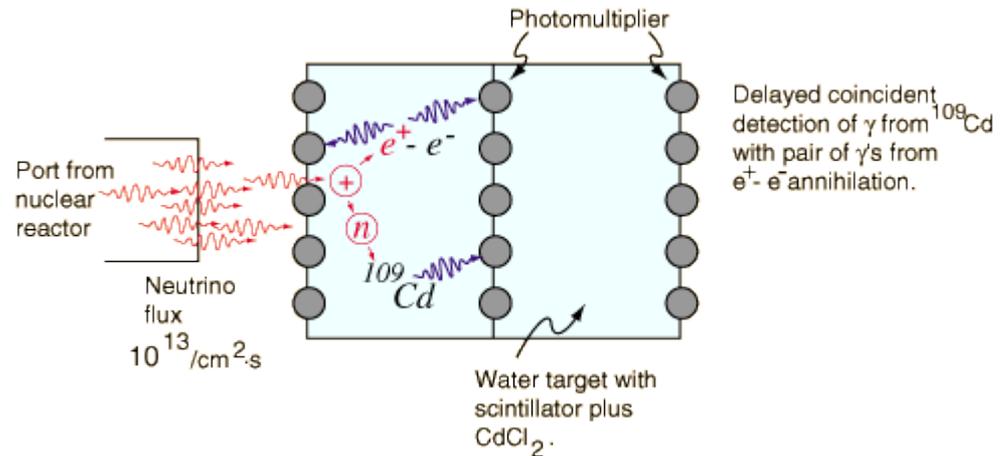
Je vous prie d'écouter avec bienveillance le messenger de cette lettre. Il vous dira que pour pallier la « mauvaise » statistique des noyaux d'azote et de lithium et la continuité du spectre bêta, j'ai découvert un remède inespéré pour sauver la loi de conservation de l'énergie : il s'agit de la possibilité d'existence dans les noyaux de particules neutres de spin $\frac{1}{2}$, obéissant au principe d'exclusion, mais différentes des photons en ce qu'elles ne se déplacent pas à la vitesse de la lumière. [...] Ainsi, cher peuple radioactif, examinez et jugez. Malheureusement, je ne pourrai pas être moi-même à Tübingen, ma présence étant indispensable ici pour un bal qui aura lieu ici dans la nuit du 6 au 7 décembre.

Votre serviteur, le plus dévoué.

W. Pauli



Télégrammes du 14 juin 1956



• « *Nous sommes très heureux de vous annoncer que nous sommes parvenus à détecter des neutrinos émis par des fragments de fission stop Frederik Reines et Clyde Cowan* »

• « *Merci pour le message stop Tout vient à point à qui sait attendre stop Wolfgang Pauli.* »

Les neutrinos sont-ils de Dirac ou de Majorana ?

Les états d'énergie négative « répugnent » à Majorana, qui considère que la mer de Dirac constitue une hypothèse « artificielle et insatisfaisante » dont il faut débarrasser la physique. Dans le modèle qu'il propose, les particules neutres sont nécessairement identiques à leurs propres antiparticules. Plus précisément, les particules neutres doivent avoir pour antiparticules leur propre image dans un miroir.

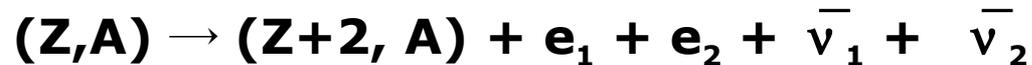
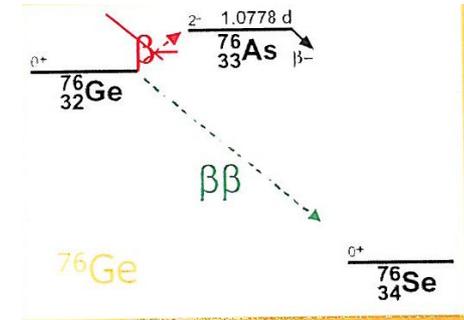
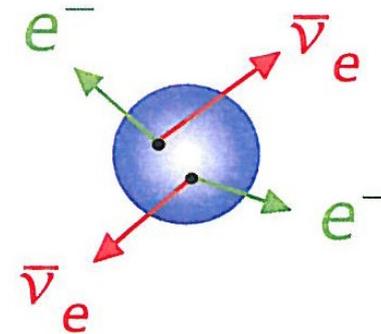
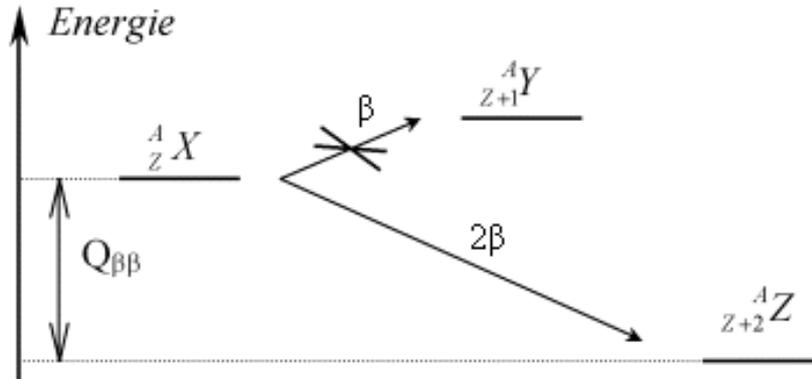
La question de l'existence de particules « de Majorana » est fondamentale pour comprendre l'origine de la masse des neutrinos, et également les symétries cachées qui structurent les interactions fondamentales.



?



La désintégration double bêta avec émission de neutrinos



Ce processus rare est autorisé par le modèle standard et a été observé sur différents isotopes : ${}^{48}\text{Ca}$, ${}^{76}\text{Ge}$, ${}^{82}\text{Se}$, ${}^{96}\text{Zr}$, ${}^{100}\text{Mo}$, ${}^{116}\text{Cd}$,

${}^{130}\text{Te}$, ${}^{136}\text{Xe}$, ${}^{150}\text{Nd}$...

La double désintégration bêta sans émission de neutrinos

Mais si $m_\nu \neq 0$ et si $\nu = \bar{\nu}$ (neutrino de Majorana), alors la double désintégration bêta peut se produire sans émission de neutrinos :



(violation de la conservation du nombre leptonique : $\Delta L = 2$)

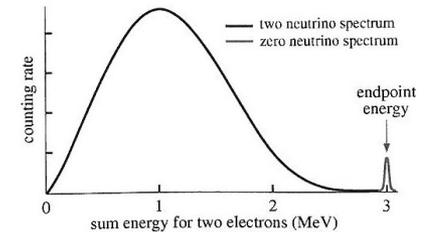
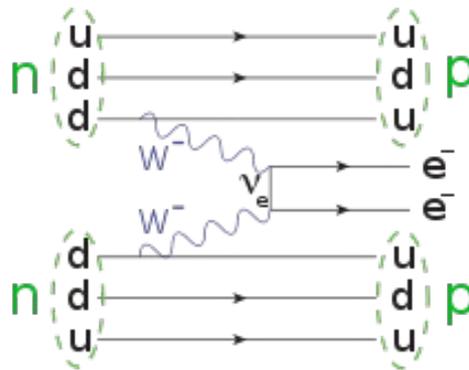
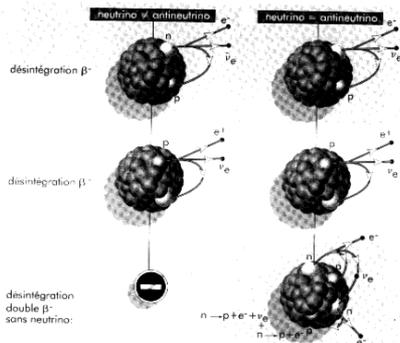


Fig. 1. Energy spectrum for the two electrons.

De nombreuses expériences tentent de traquer ce phénomène : **SUPERNEMO, CUORE, MOON, EXO, GERDA, MAJORANA...** Elles donneront des indications sur la violation de CP, sur une éventuelle violation du nombre leptonique, et apporteront des contraintes dans la construction de modèles théoriques de type SUSY.

De quoi est faite la matière « noire » ?

