

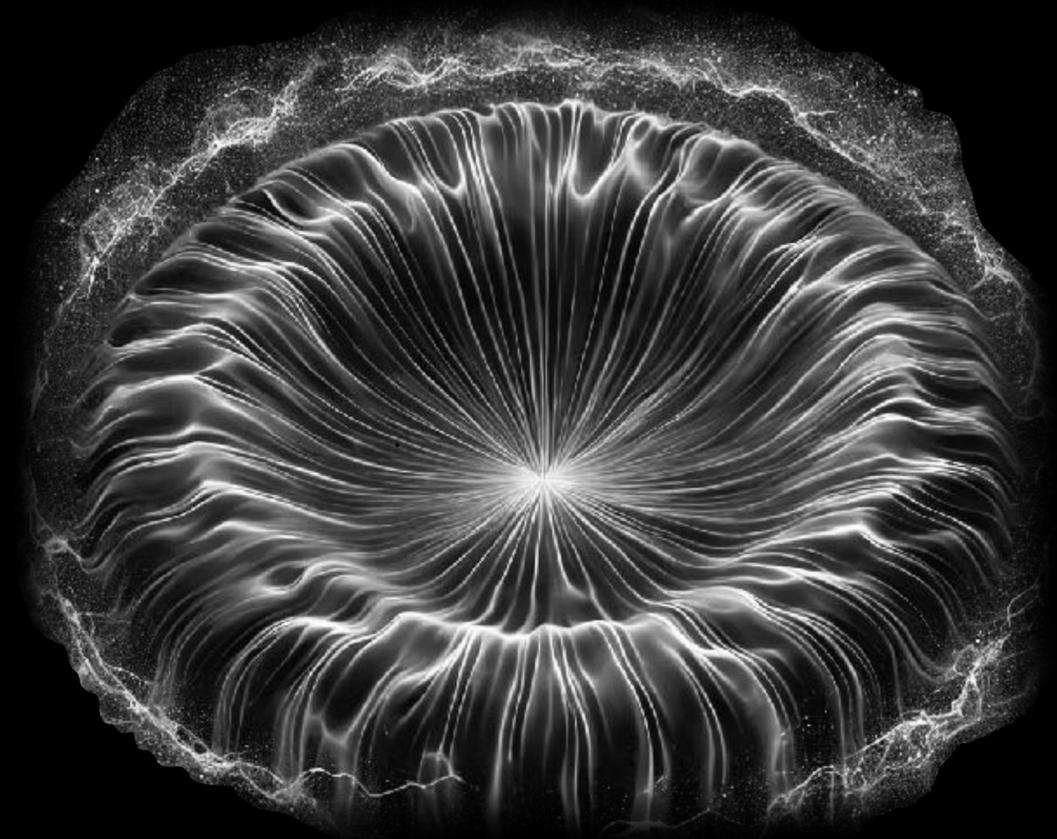
Le Plein du Vide IV

Yves Schutz

Le vide absolu, un vide irréalisable



Le vide de la physique existe-t-il ?



The background is a dark blue gradient with a complex, abstract pattern of glowing blue lines and spheres. The lines are thin and intersect to form a web-like structure. The spheres are of various sizes, some with a bright blue center and a darker blue outer ring, giving them a three-dimensional appearance. The overall effect is reminiscent of a quantum field or a network of particles.

Le vide de la physique quantique ...

16 Group notation
 8 Atomic Number
 O Symbol
 Oxygen Name
 2 Period
 ⚠ Radioactive
 ⚡ Synthetic

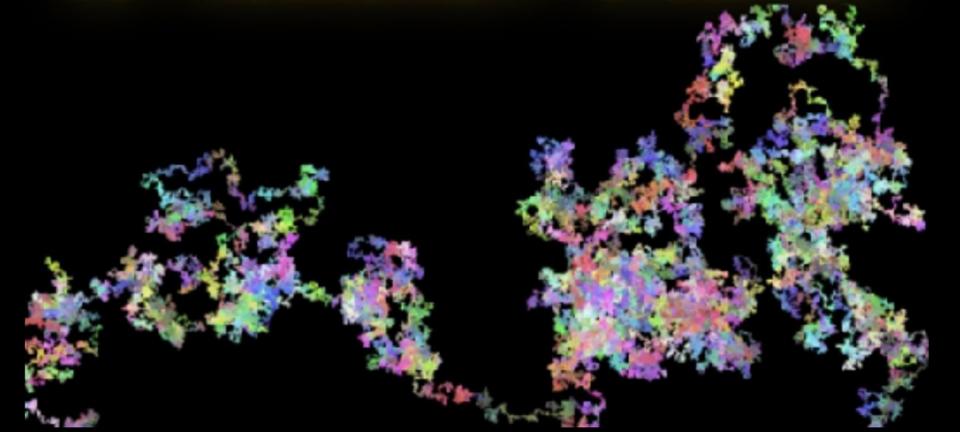
Gassendi, Boyle, Lavoisier, Dalton, Mendeleev



Gassendi, Boyle, Lavoisier, Dalton, Mendeleev

1897 JJ Thomson, l'atome est sécable

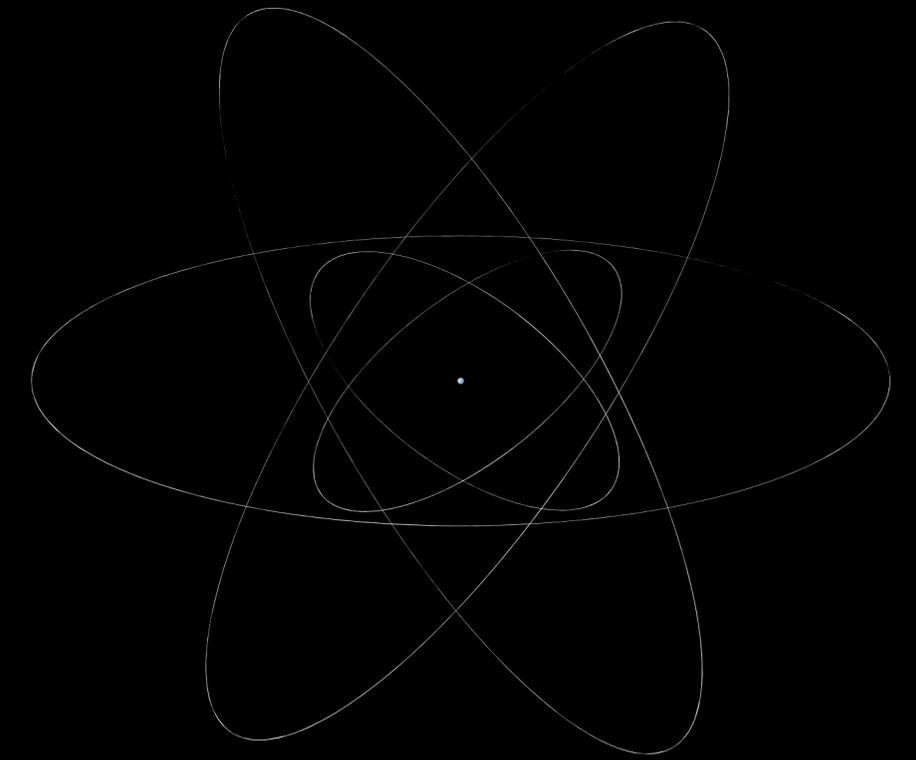
Le mouvement brownien



Gassendi, Boyle, Lavoisier, Dalton, Mendeleev

1897 JJ Thomson, l'atome est sécable

1906 Jean Perrin, l'atome existe



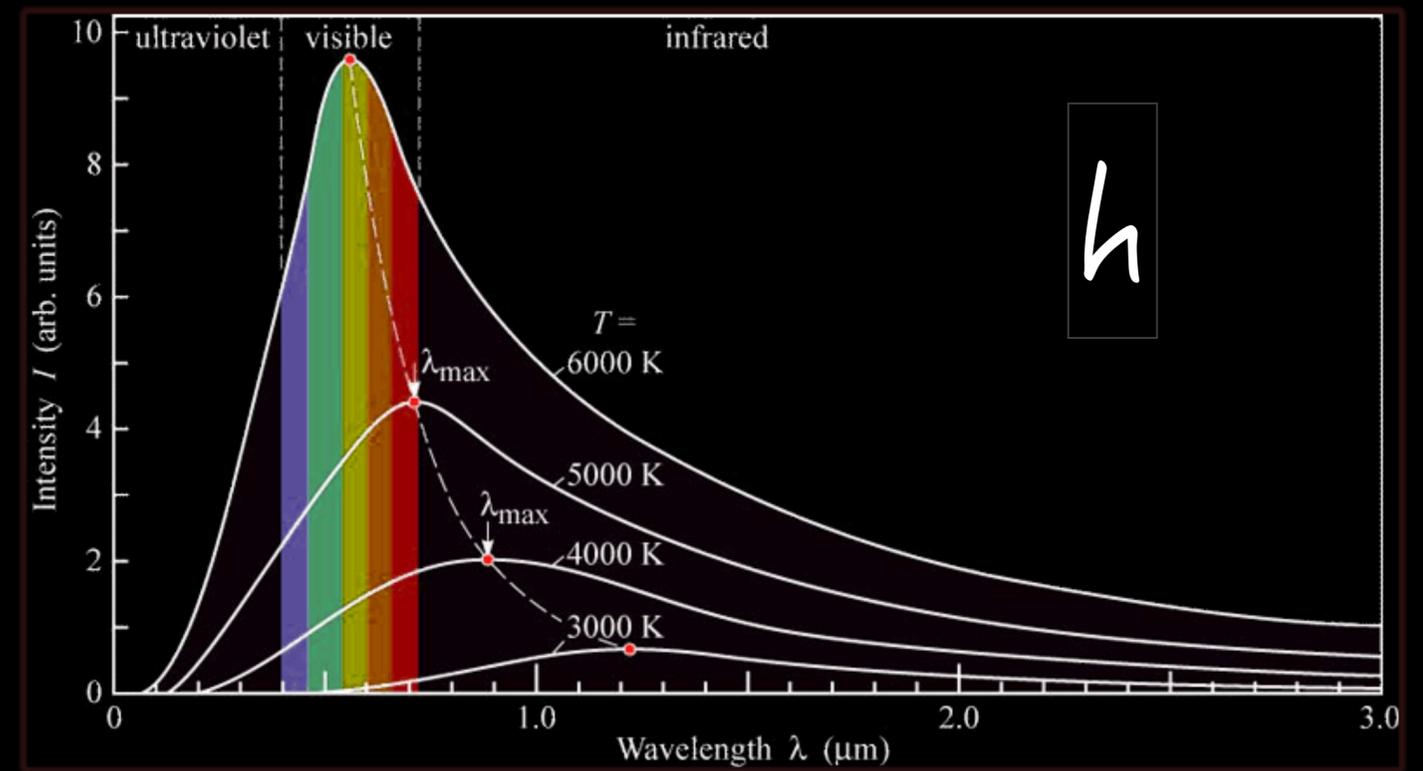
L'atome, laboratoire de la chose quantique

Gassendi, Boyle, Lavoisier, Dalton, Mendeleev

1897 JJ Thomson, l'atome est sécable

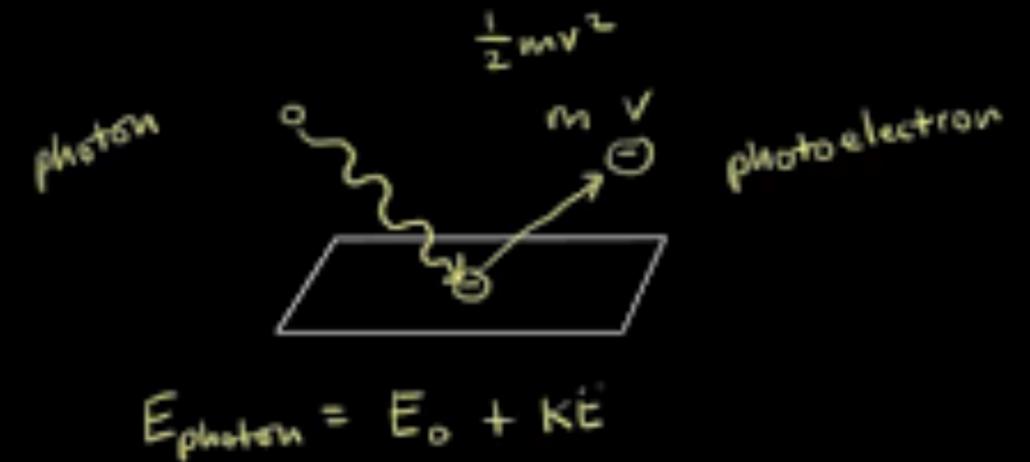
1906 Jean Perrin, l'atome existe

1909 Ernest Rutherford, l'atome est vide



L'atome, laboratoire de la chose quantique

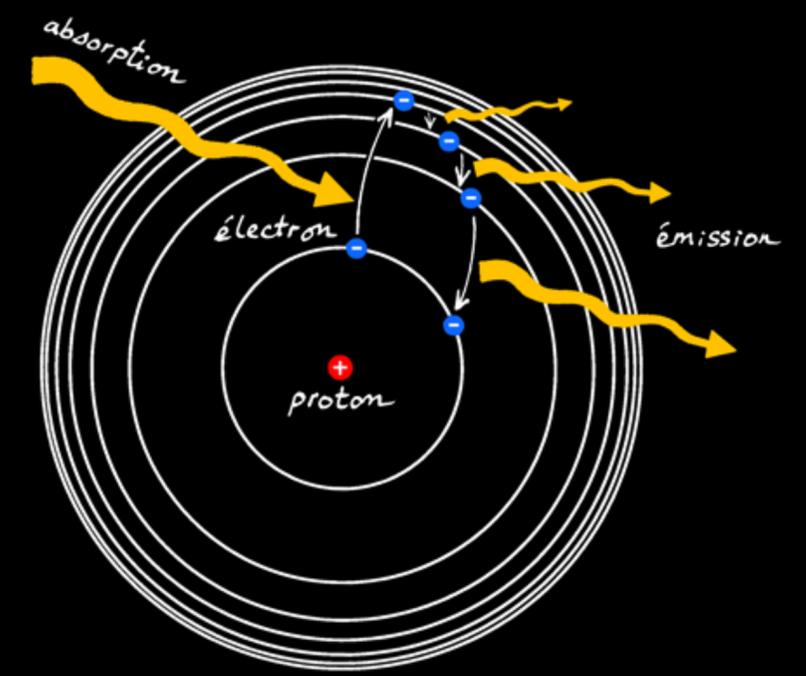
1900 Max Planck, quantifie les échanges d'énergie



L'atome, laboratoire de la chose quantique

1900 Max Planck, quantifie les échanges d'énergie

1905 Albert Einstein, quantifie le rayonnement

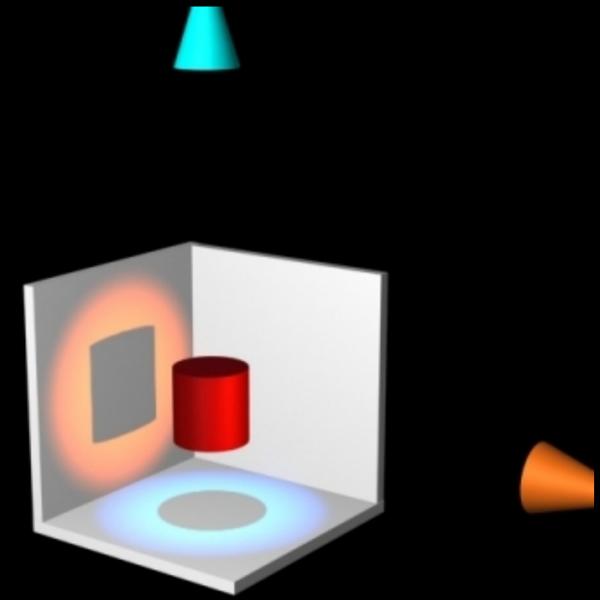


L'atome, laboratoire de la chose quantique

1900 Max Planck, quantifie les échanges d'énergie

1905 Albert Einstein, quantifie le rayonnement

1913 Niels Bohr, l'atome quantique



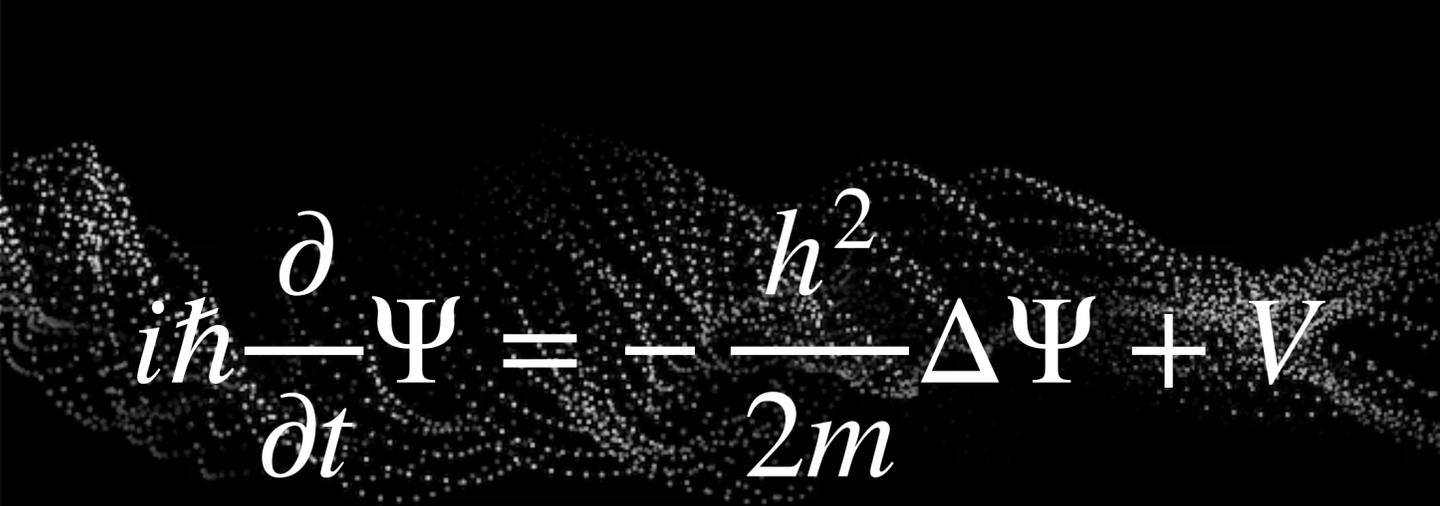
L'atome, laboratoire de la chose quantique

1900 Max Planck, quantifie les échanges d'énergie

1905 Albert Einstein, quantifie le rayonnement

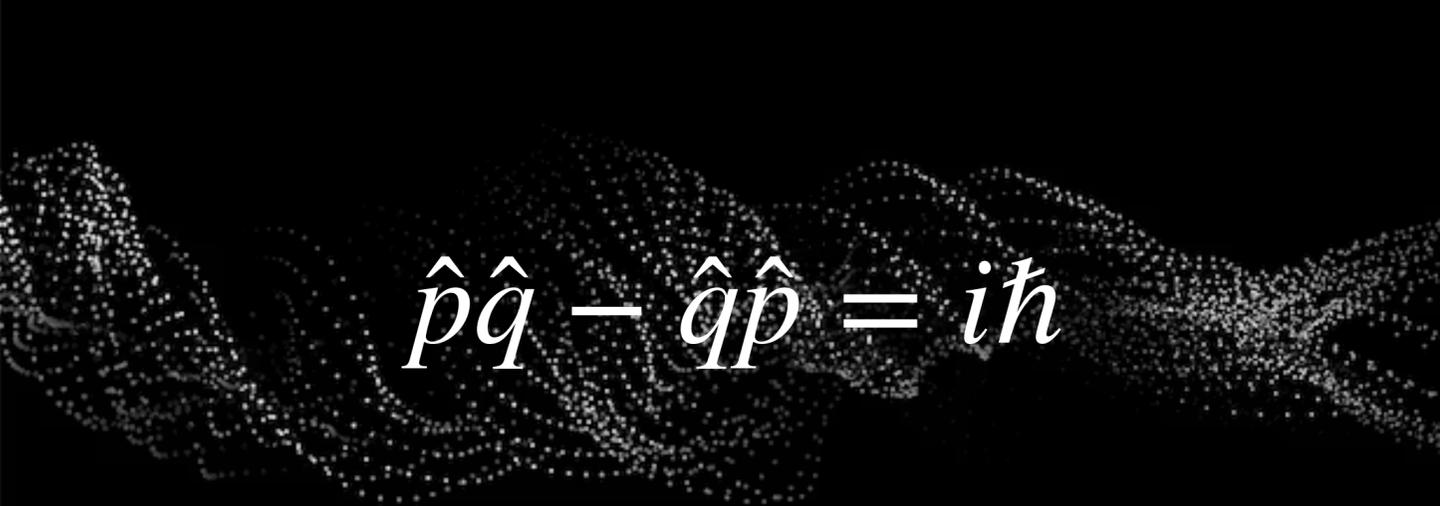
1913 Niels Bohr, l'atome quantique

1923 Louis de Broglie, la particule quantique


$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi + V$$

La mécanique quantique

1926 Erwin Schrödinger, la mécanique ondulatoire


$$\hat{p}\hat{q} - \hat{q}\hat{p} = i\hbar$$

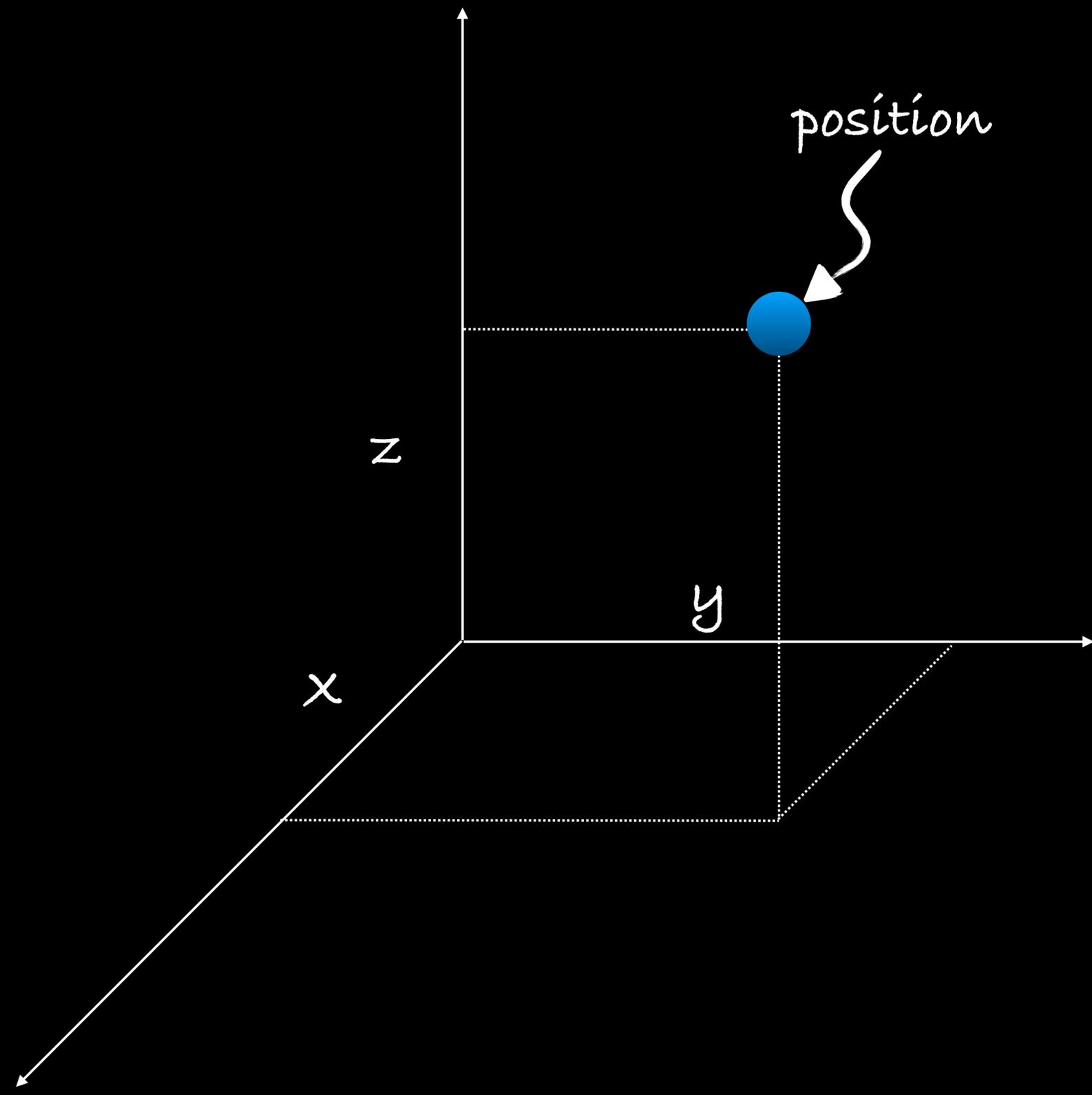
La mécanique quantique

1926 Erwin Schrödinger, la mécanique ondulatoire

1926 Werner Heisenberg, Max Born et Pascual Jordan,
la mécanique des matrices

La mécanique quantique

La mécanique classique
ou corpuscule ...



La mécanique quantique



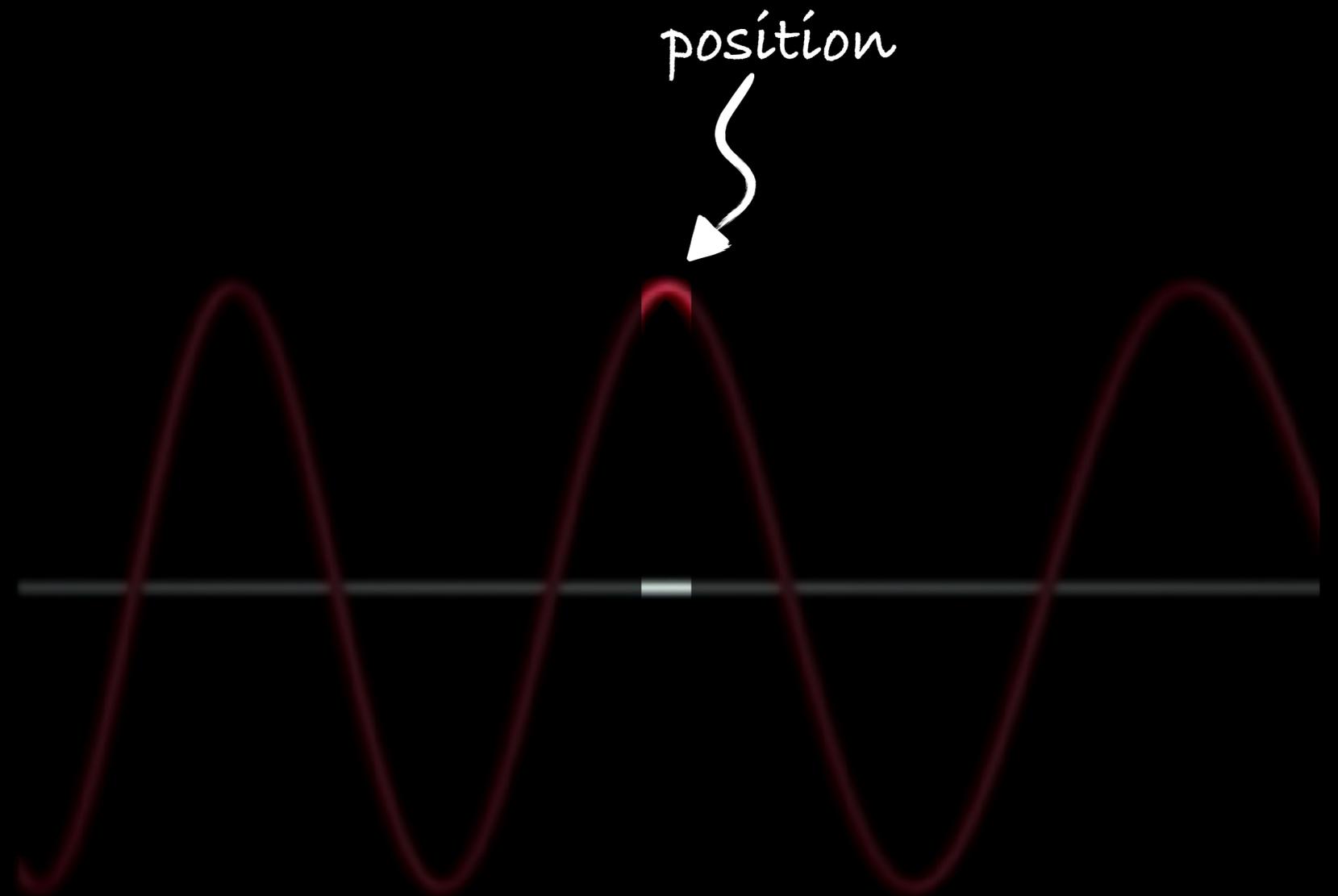
La mécanique classique

ou onde ...



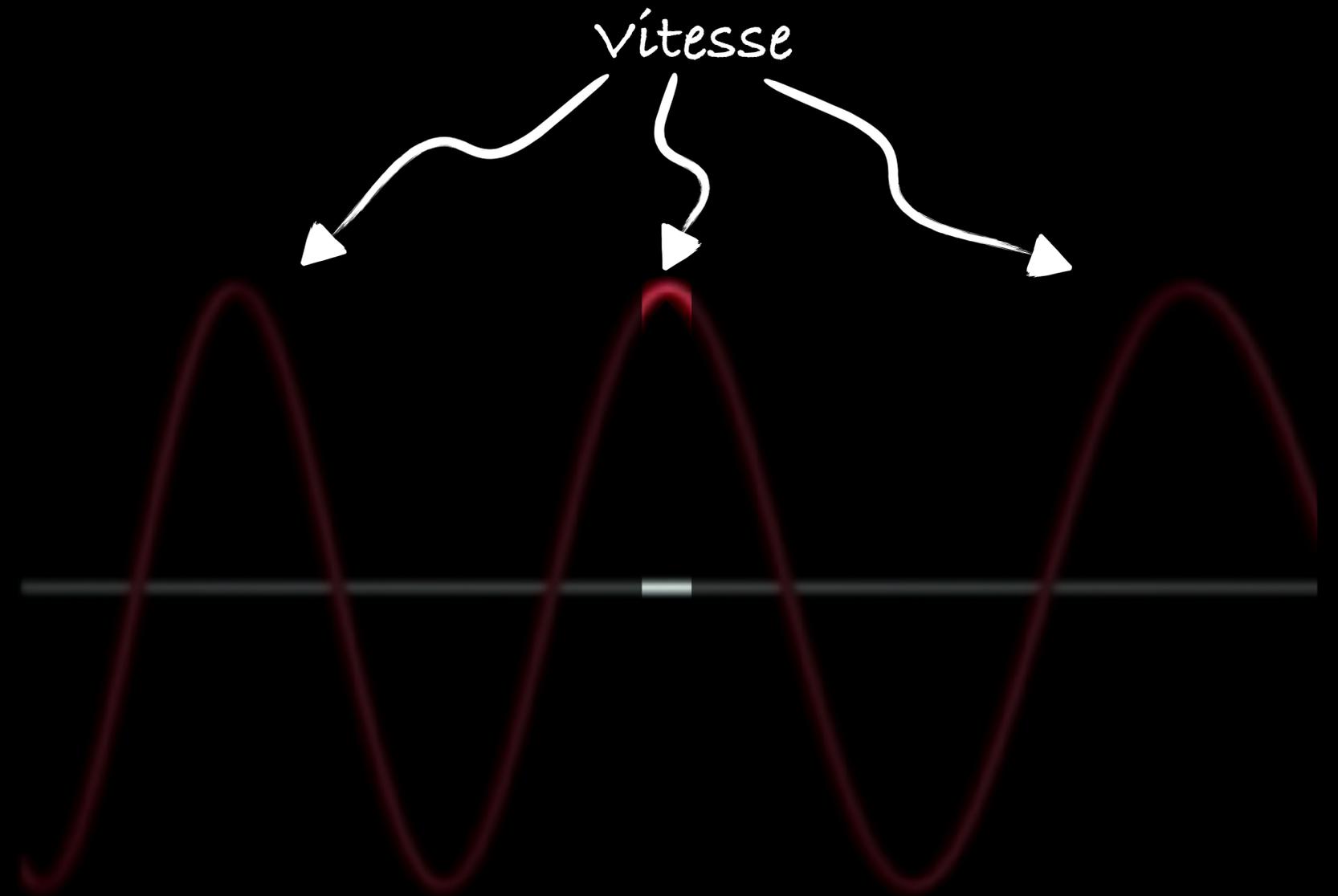
Une onde

où ? ...



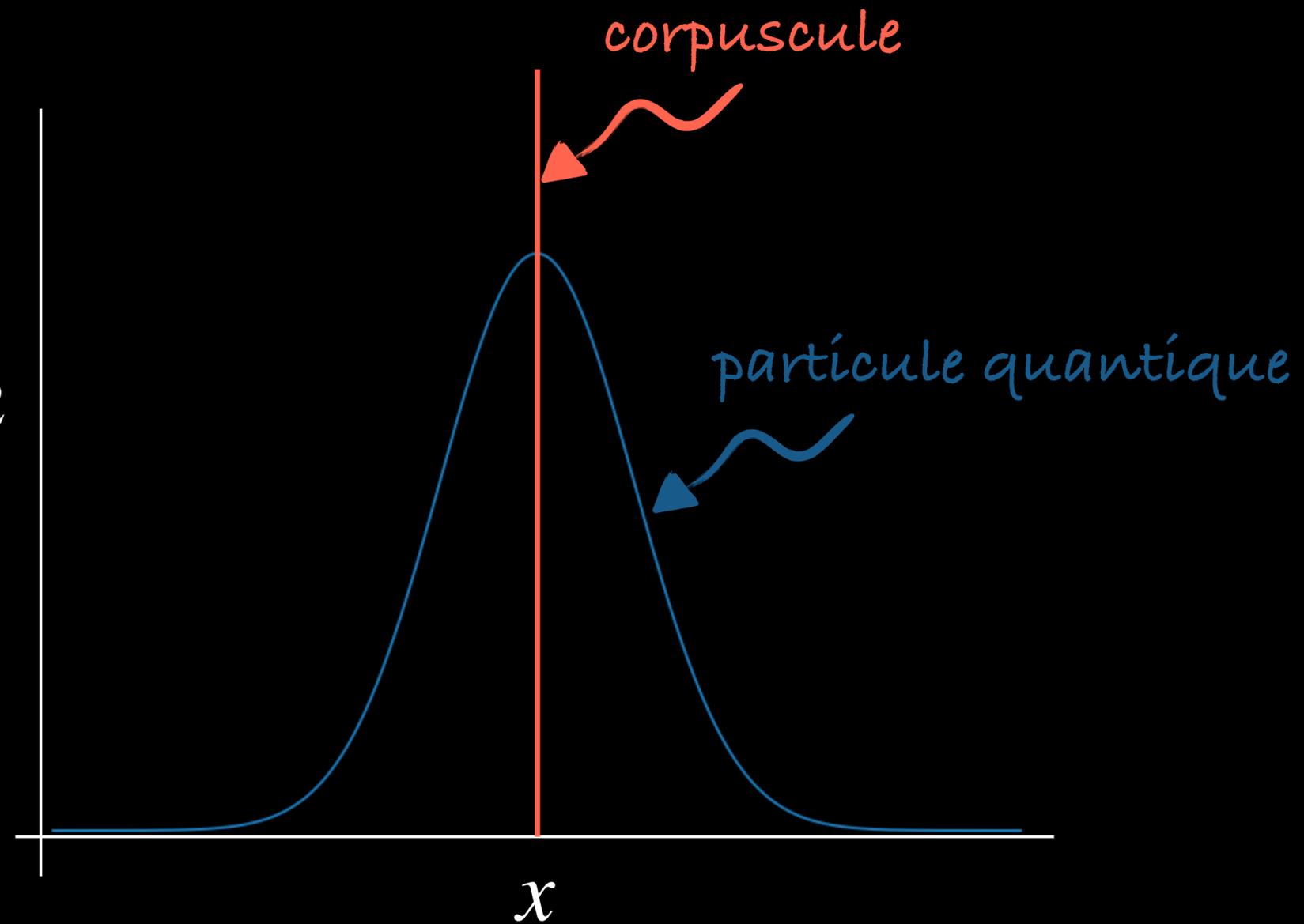
Une onde

vitesse ? ...



Particule quantique

$$|\psi(x)|^2$$



La mécanique quantique

$$\hat{p}\hat{q} - \hat{q}\hat{p} = i\hbar$$

$$\text{Le flou quantique : } \Delta x \Delta p = \frac{\hbar}{2}$$

Particule quantique sans réalité objective

La mesure révèle une réalité objective

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi + V \equiv \hat{p}\hat{q} - \hat{q}\hat{p} = i\hbar$$

La mécanique quantique de Dirac

Paul André Marie Dirac

1925 : équivalence mécanique ondulatoire mécanique des matrices

$$i\frac{\partial\psi}{\partial t} = \left(-i\vec{\alpha} \cdot \vec{\nabla} + m\beta \right) \psi$$

La mécanique quantique de Dirac

Paul André Marie Dirac

1925 : équivalence mécanique ondulatoire mécanique des matrices

1928 : équation relativiste


$$E = \pm \sqrt{p^2 + m^2 c^4}$$

La mécanique quantique de Dirac

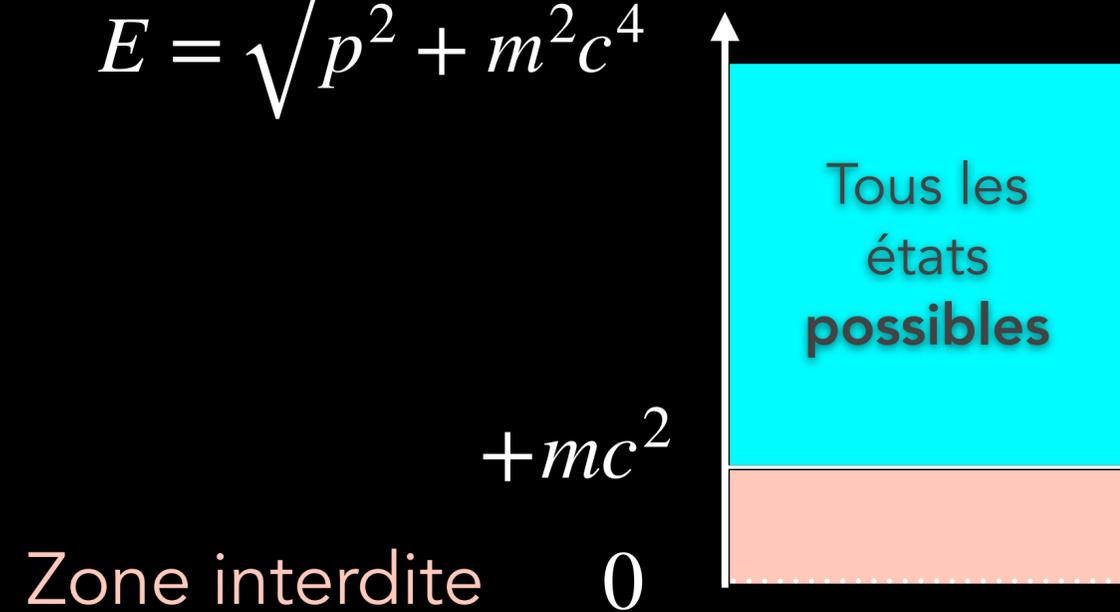
Paul André Marie Dirac

1925 : équivalence mécanique ondulatoire mécanique des matrices

1928 : équation relativiste

1928 : des énergies négatives !

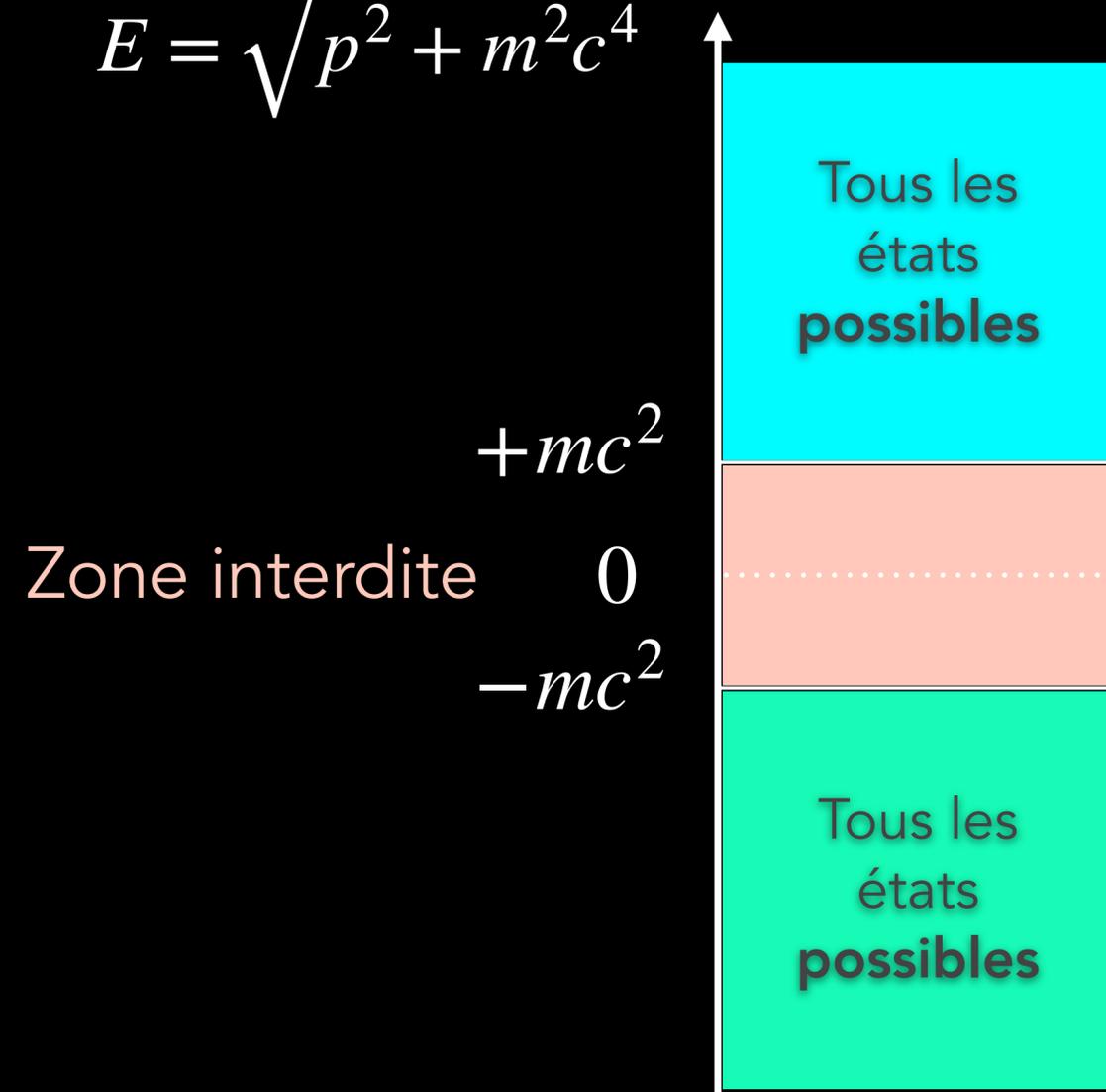
$$E = \sqrt{p^2 + m^2 c^4}$$



Solutions = une infinité d'états possibles

$$E > + mc^2$$

$$E = \sqrt{p^2 + m^2 c^4}$$

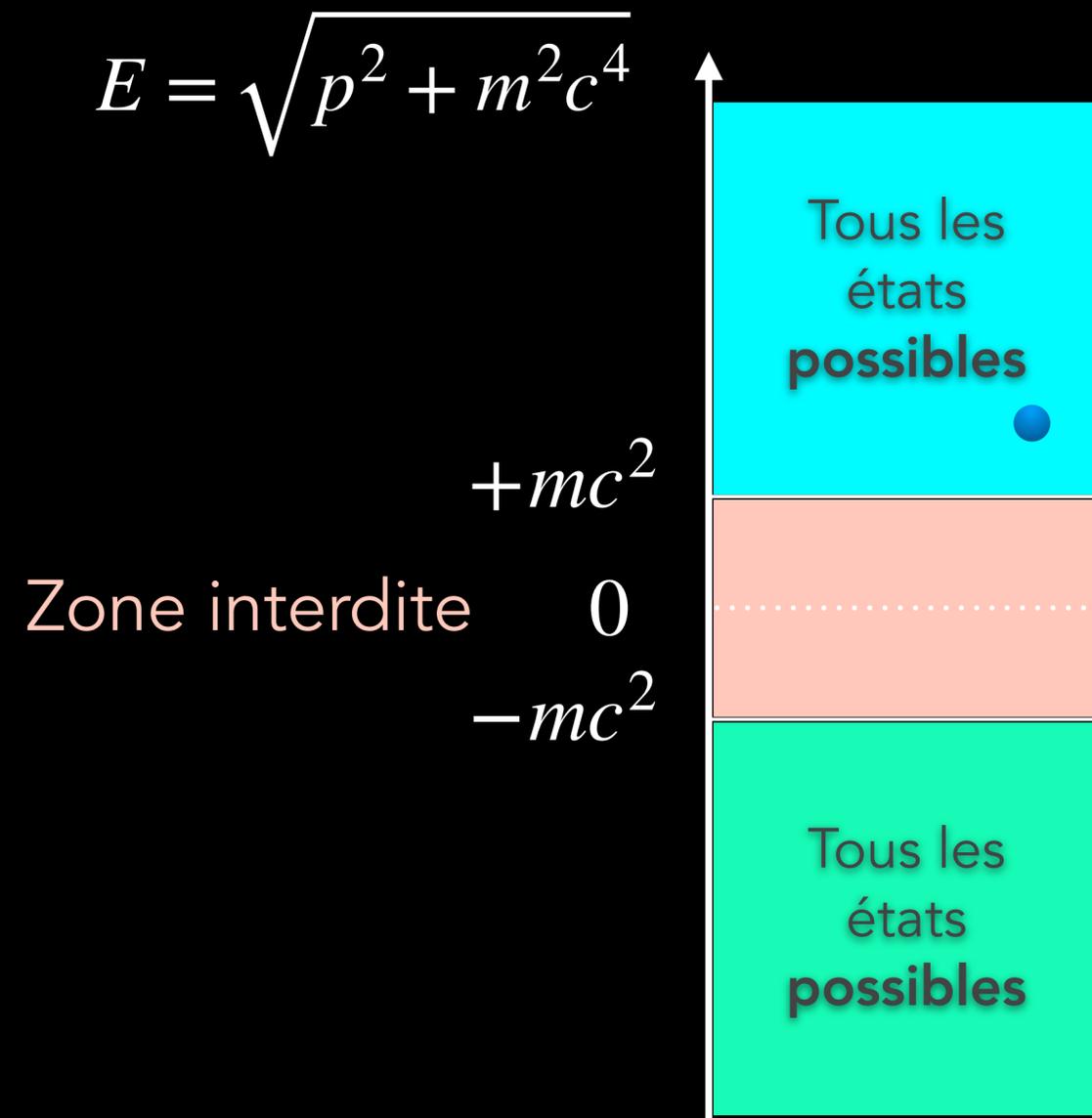


Solutions = une infinité d'états possibles

$$E > + mc^2$$

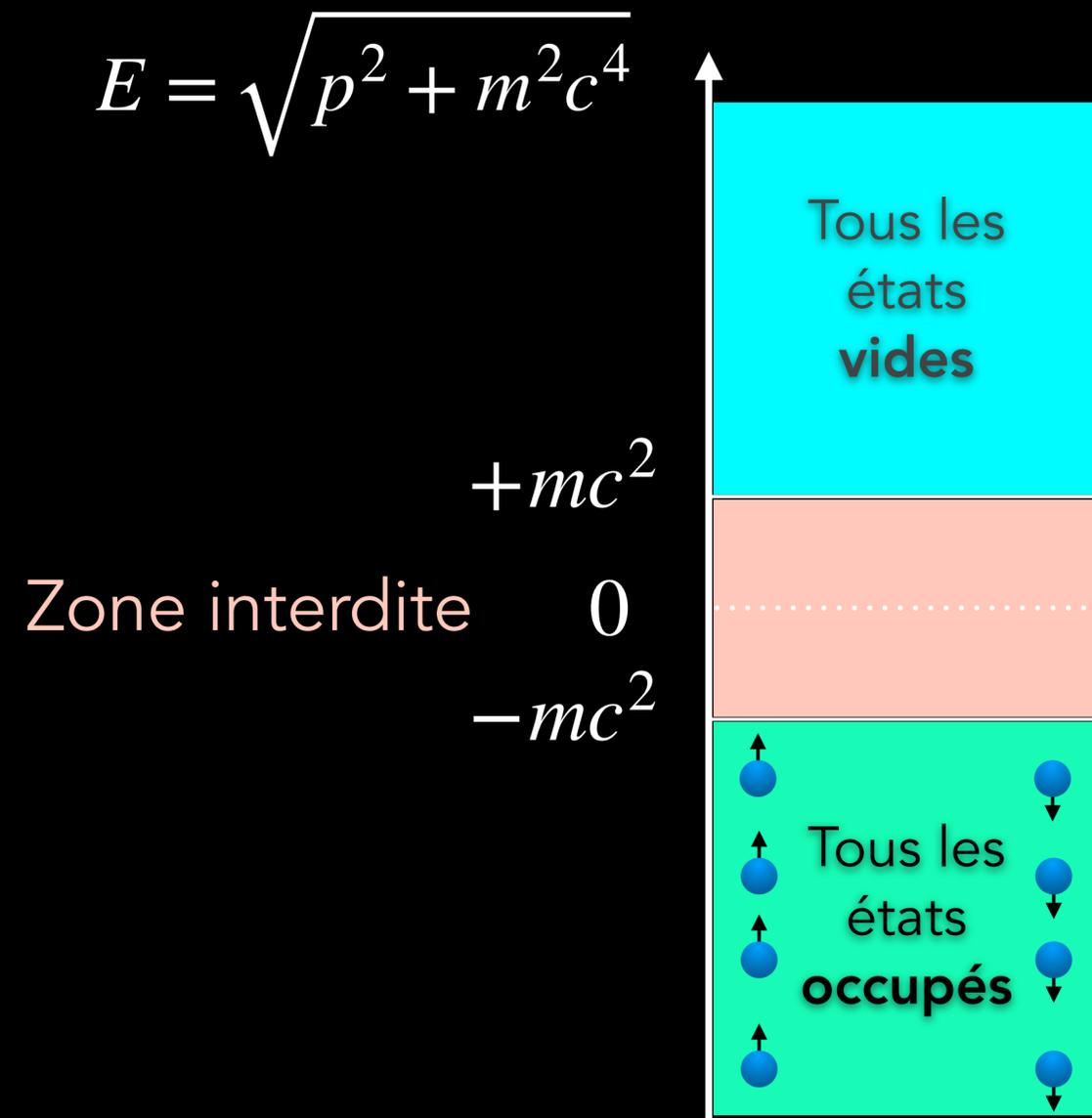
$$E < - mc^2$$

La fin des électrons ...



La matière disparaîtrait dans un jaillissement de lumière !

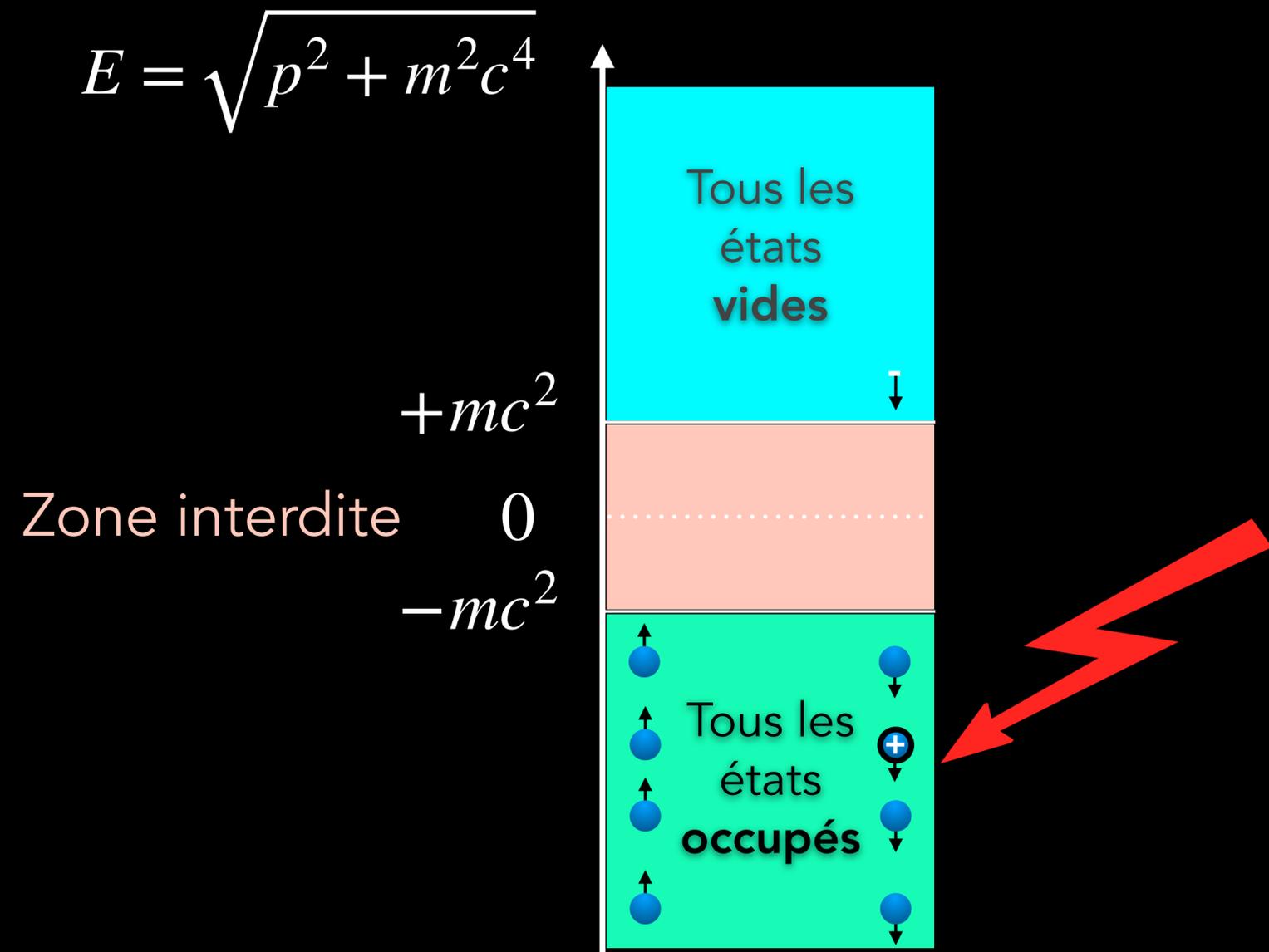
Le vide de Dirac



Tous les états $E < -mc^2$ sont occupés

Le vide de Dirac

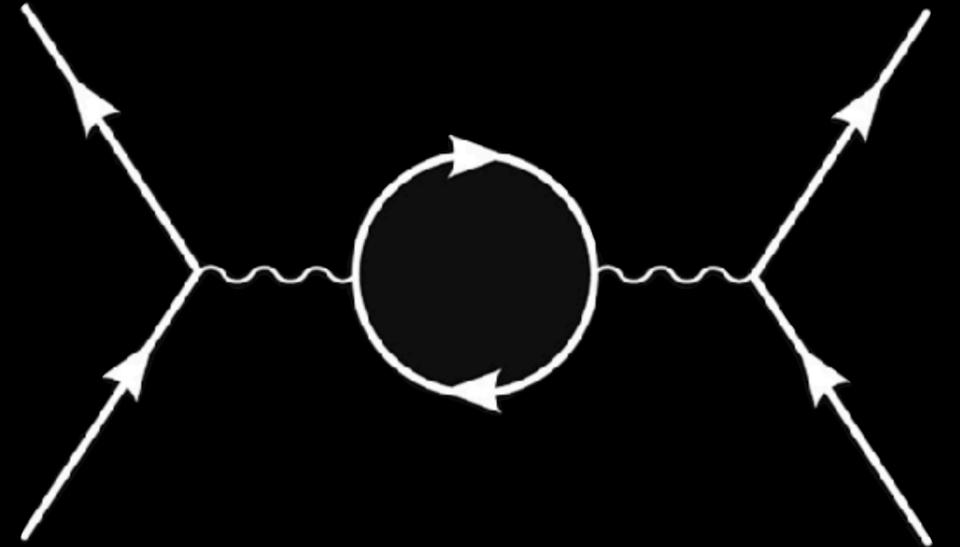
De l'anti-matière ... un trou dans le vide



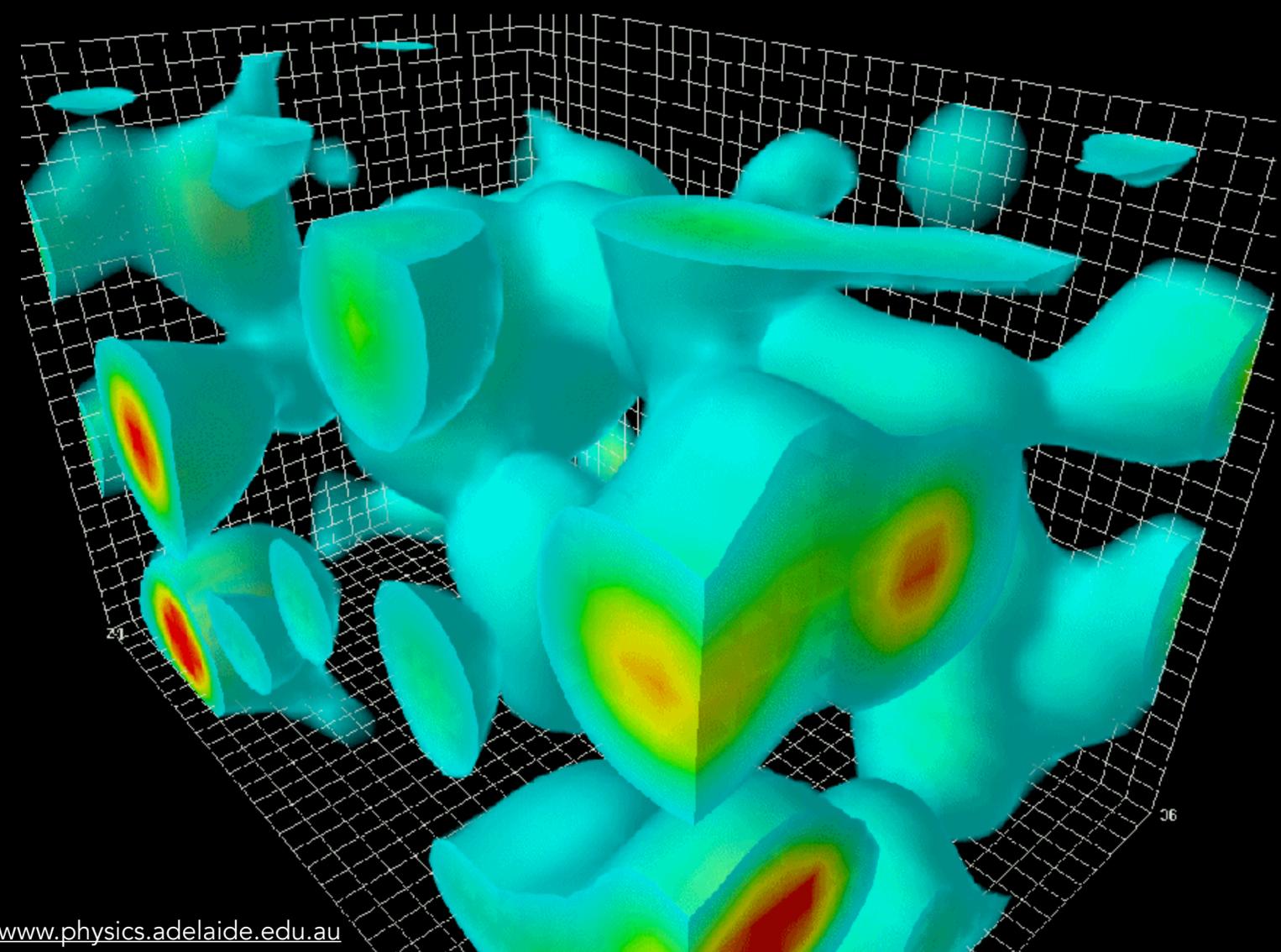
La matière jaillit hors du vide



Les particules virtuelles ?



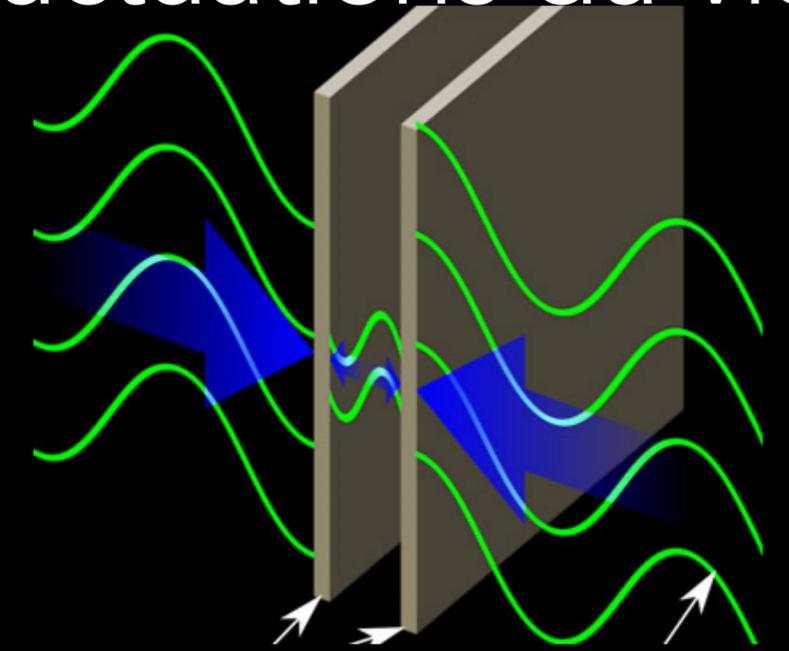
Les fluctuations du vide



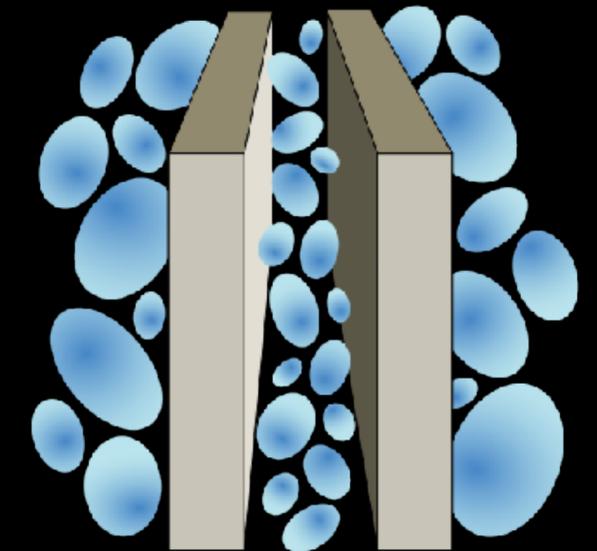
Fiction mathématique aux effets réels ?



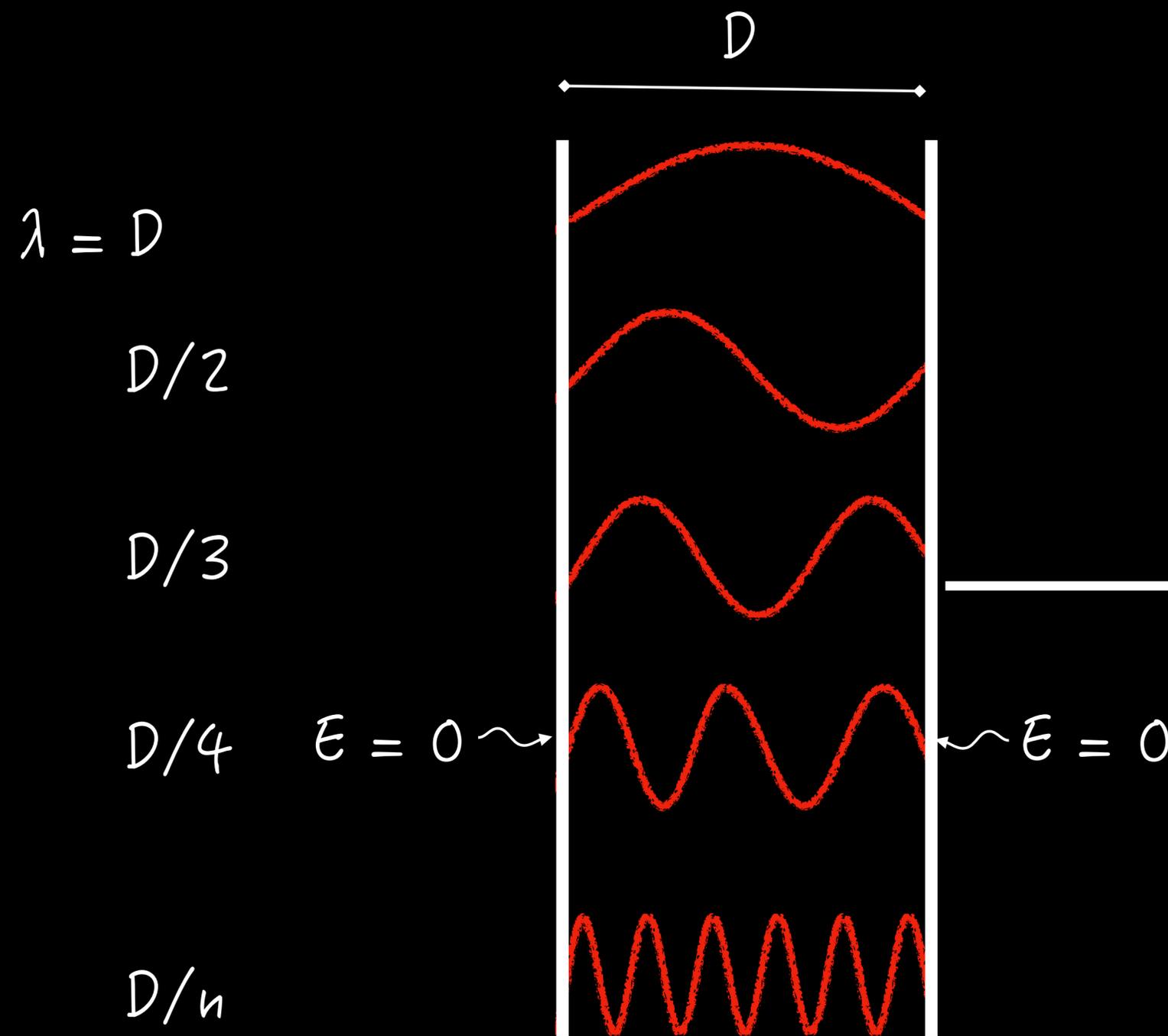
Les fluctuations du vide



L'effet Casimir : la force du vide

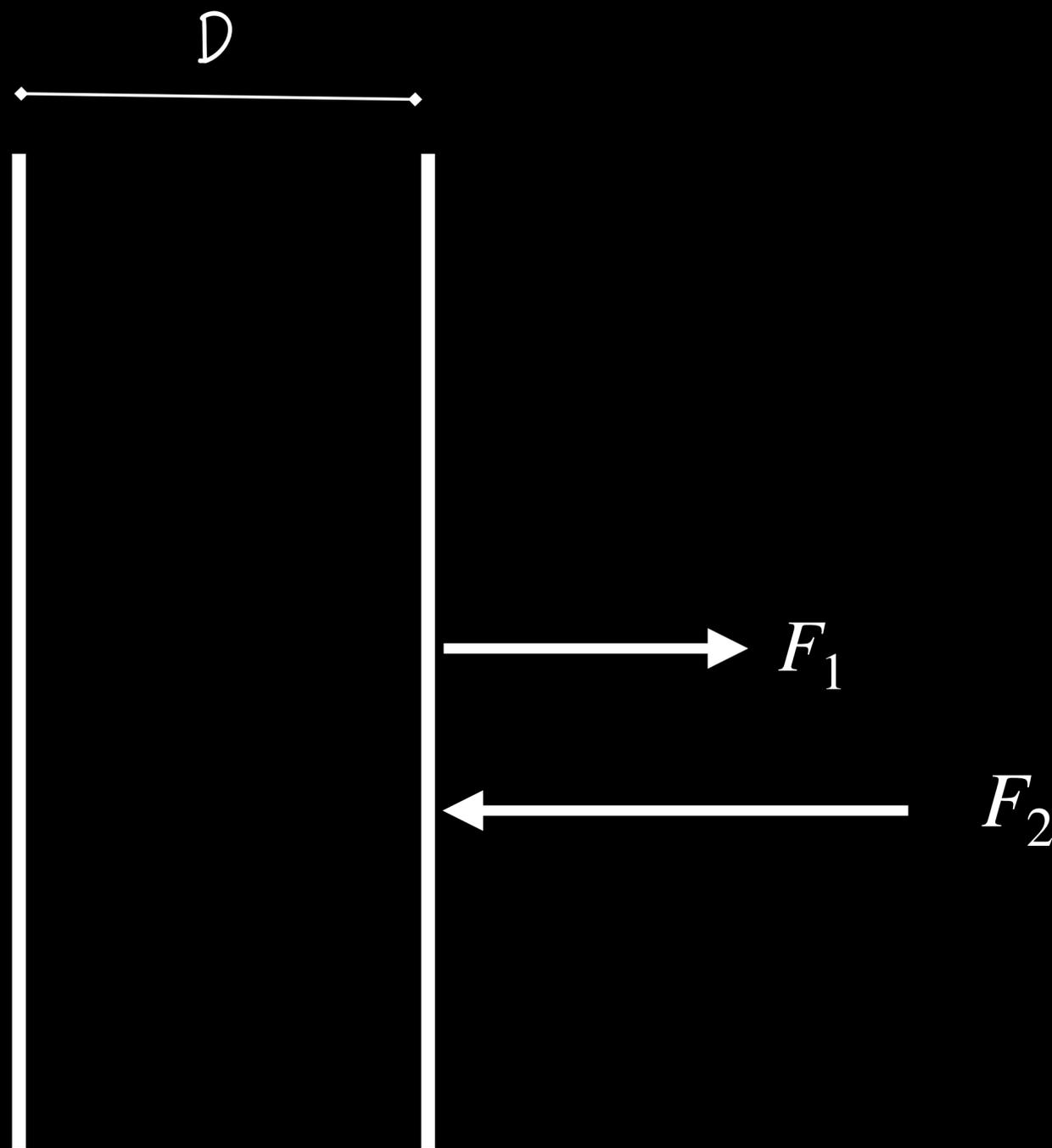


Les fluctuations du vide L'effet Casimir



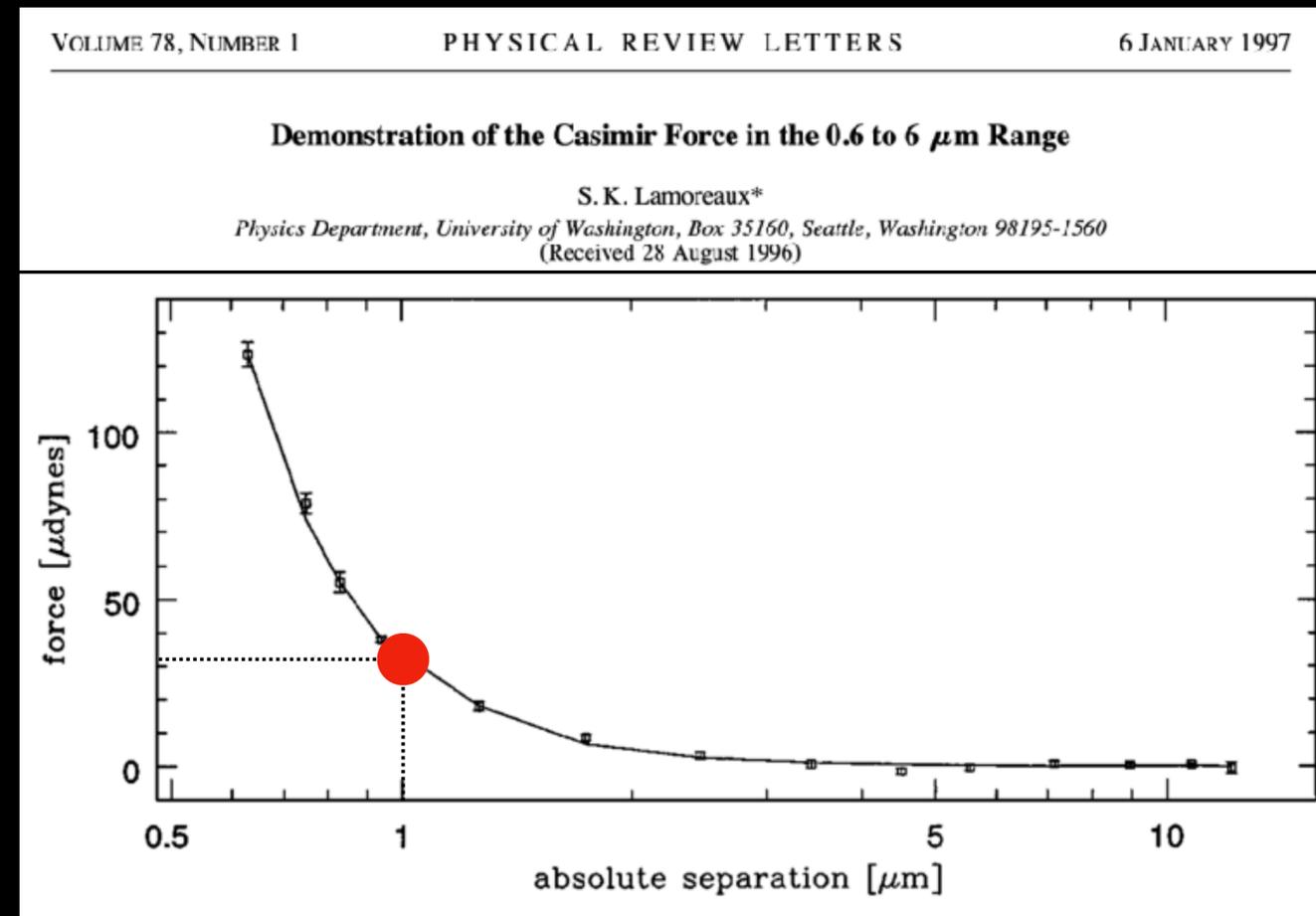
$$F_1 = \frac{\pi^2}{240} \frac{\hbar c}{D^2} (1 + 2 + 3 + 4 + \dots)$$

Les fluctuations du vide
L'effet Casimir



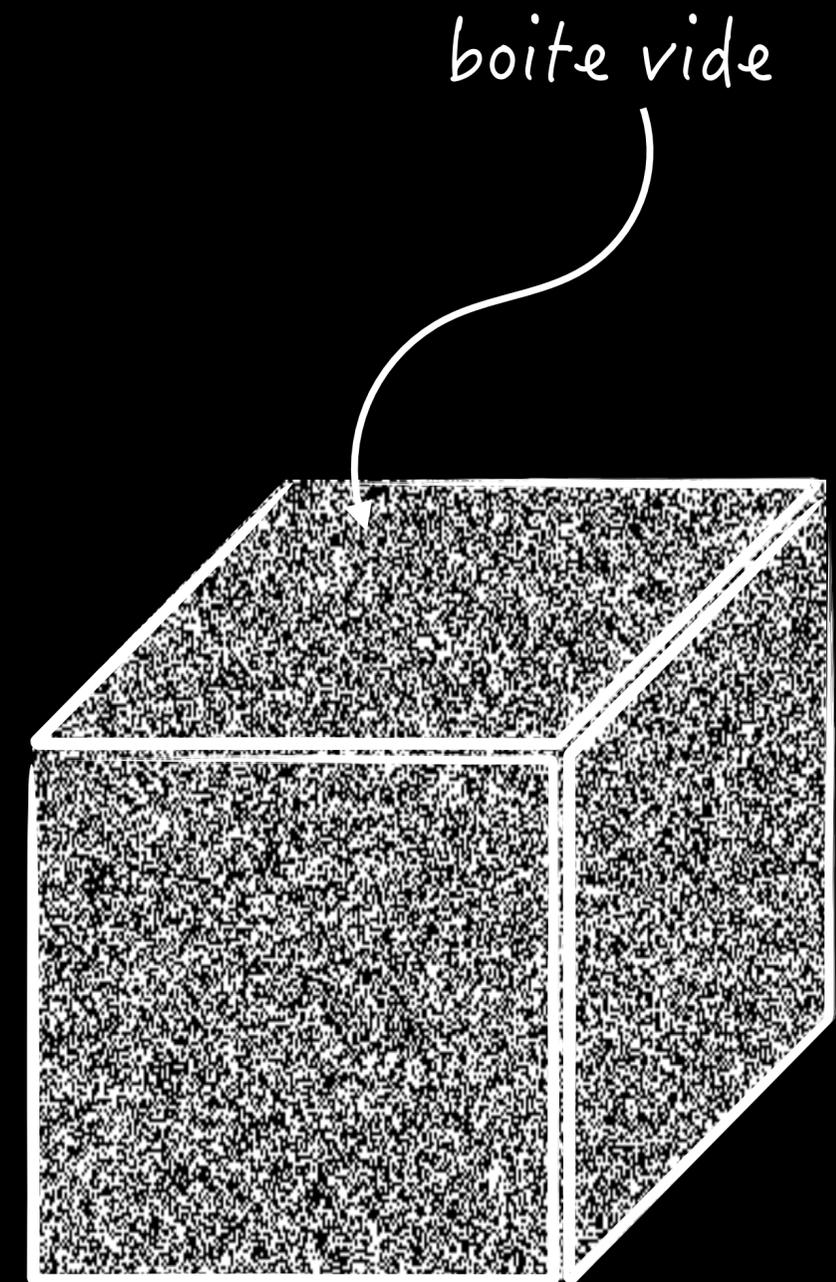
$$(F_1 - F_2)/A = \frac{\pi^2}{240} \frac{\hbar c}{d^4}$$

Les fluctuations du vide L'effet Casimir

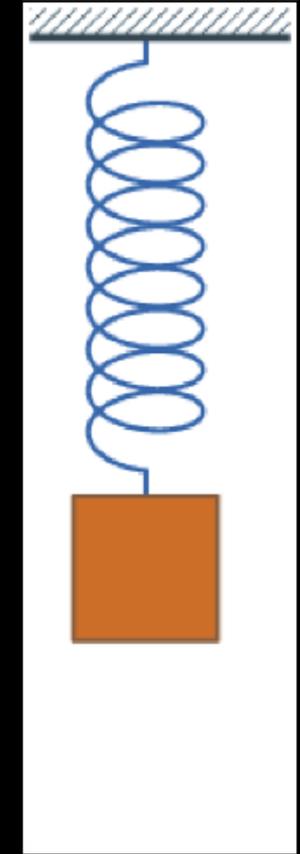


$$(F_1 - F_2)/A = \frac{\pi^2}{240} \frac{\hbar c}{d^4}$$

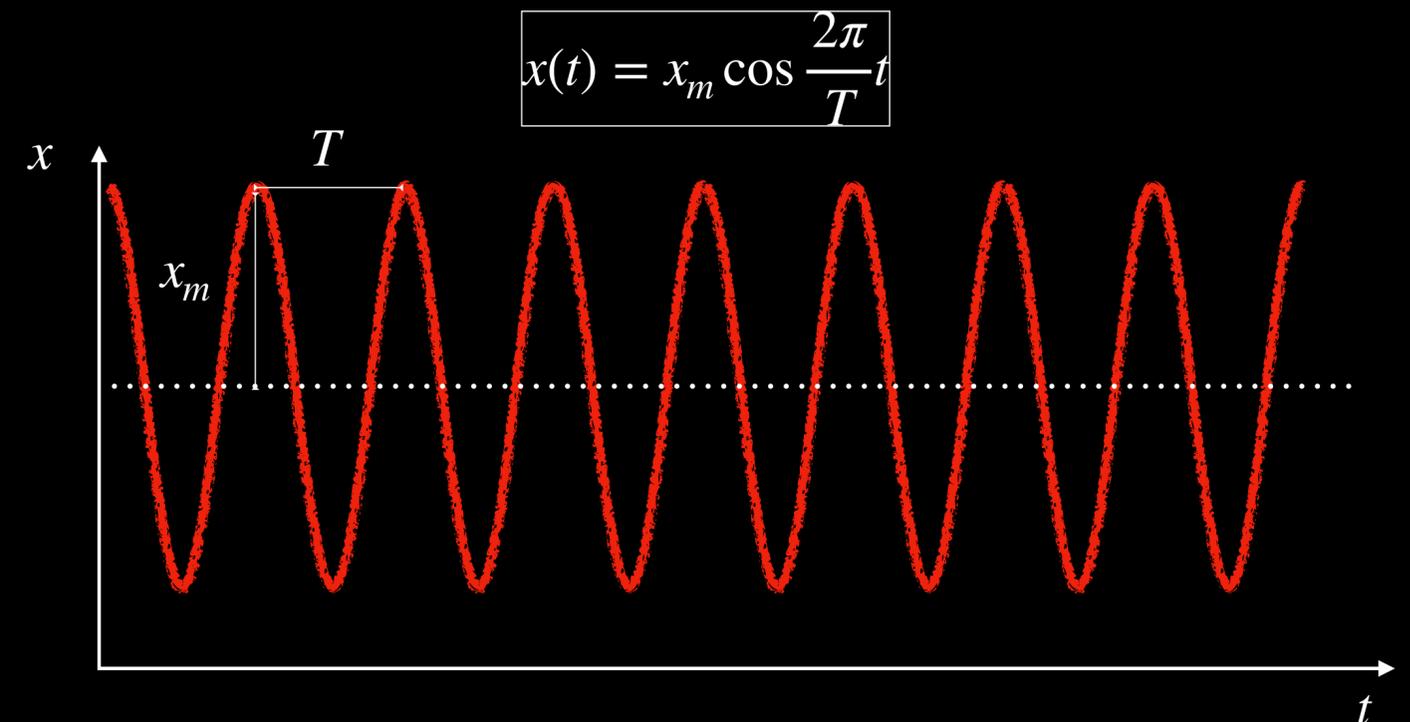
Le vide quantique , nouvel éther ?



L'oscillateur harmonique classique

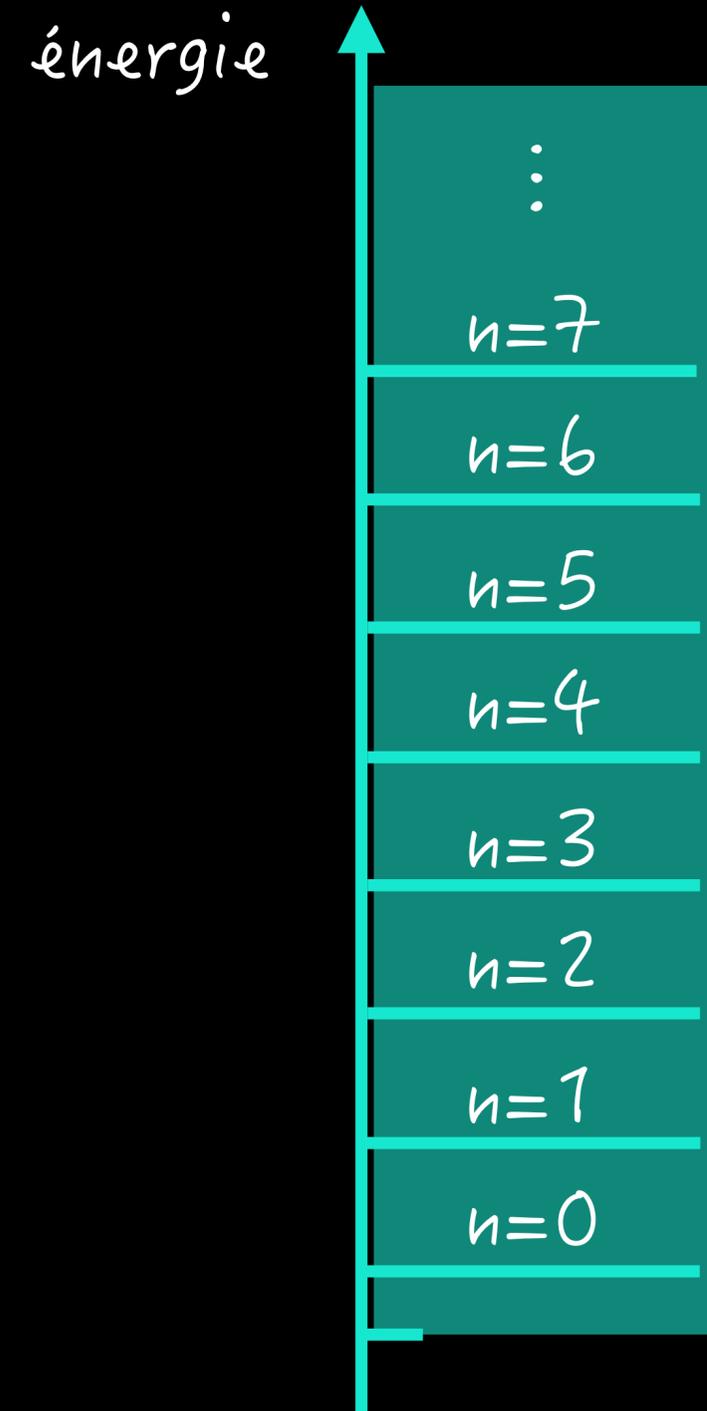


$$E_0 = 0$$

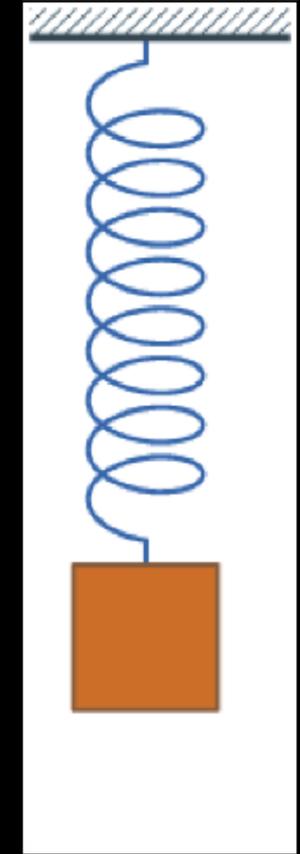


L'oscillateur harmonique quantique

$$E_n = \hbar\omega \left(n + \frac{1}{2} \right)$$



L'oscillateur harmonique quantique



$$E_n = \frac{1}{2} \hbar \omega \left(n + \frac{1}{2} \right)$$


$$E_0 = \frac{1}{2} \hbar \omega$$

L'énergie du vide

$$E = \int_0^{\text{Planck}} \frac{1}{2} \hbar \omega$$



Une nouvelle horreur du vide