

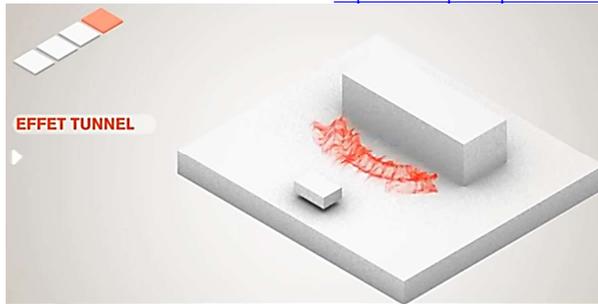
Effet tunnel

Physique quantique

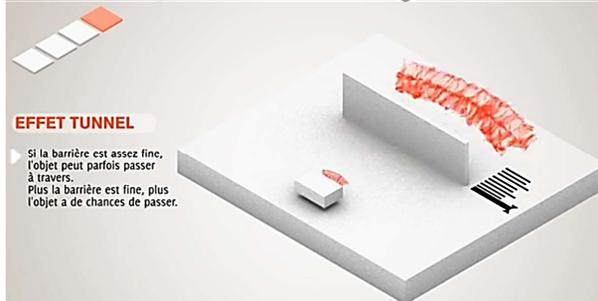
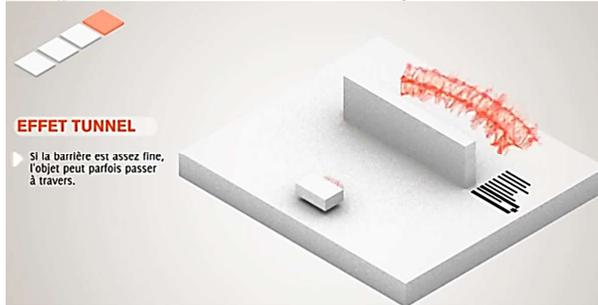
Barrière de potentiel - Effet tunnel

Barrière de potentiel (à consulter en ligne)

Barrière épaisse



Diminution de l'épaisseur de la barrière

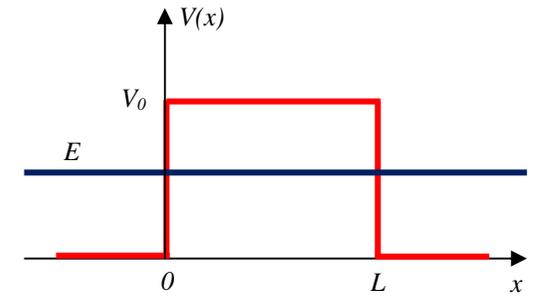


<http://toutestquantique.fr/tunnel/>

On envisage une **barrière de potentiel** de hauteur V_0 et de largeur L et on se limite au cas d'une particule incidente d'énergie inférieure à V_0 .

Le potentiel est défini par morceaux :

- domaine 1 : $V(x < 0) = 0$;
- domaine 2 : $V(0 < x < L) = V_0$;
- domaine 3 : $V(x > L) = 0$.



On considère une particule incidente se déplaçant initialement selon les x croissants dans le domaine 1.

En **mécanique classique**, $E = E_C + V_0 > V_0 \Rightarrow$ la particule ne peut pas se trouver dans le domaine 2 : une particule incidente rebondit sur la barrière.

En **physique quantique**, on cherche un état stationnaire d'énergie E .

On définit le **coefficient de transmission** T de la barrière de potentiel, comme le rapport du **courant de probabilité transmis** sur le **courant de probabilité incident** :

$$T = \frac{j_{Tr}}{j_{in}}$$

On appelle **vecteur courant de densité de probabilité** associé au paquet d'onde $\psi(M,t)$ le

$$\vec{j} = |\psi|^2 \vec{v}_g = \frac{|\psi|^2 \hbar k}{m} \vec{e}_x .$$

La probabilité pour cette particule de vitesse \vec{v}_g de se trouver en x entre l'instant t et l'instant $t+dt$ est donc $dP = \vec{j}(x,t) \cdot \vec{e}_x dt$

Comprendre

Ce courant est analogue aux courants définis en thermodynamique et en mécanique des

$$\text{fluides : } \vec{j} = \rho \vec{v} = \frac{dm}{d\tau} \vec{v} \leftrightarrow \vec{j} = |\psi|^2 \vec{v}_g = \frac{dP}{d\tau} \vec{v}_g .$$

Il existe une équation de conservation de la probabilité.

→ Exercice n°1

Conclusion barrière de potentiel – effet tunnel

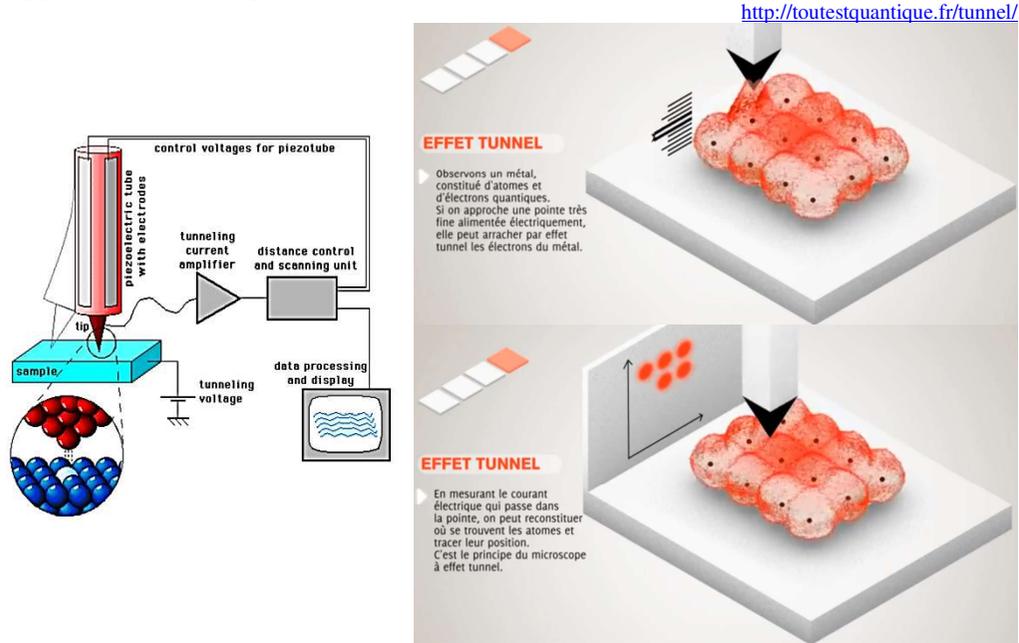
L'existence d'une **probabilité non nulle** de traverser la barrière de potentiel est associée à l'existence d'**ondes évanescentes** dans la zone classiquement interdite.

Le **facteur de transmission** par effet tunnel défini comme un **rapport de courants de probabilités**, décroît exponentiellement avec la masse m de la particule, la hauteur V_0 de la

$$\text{barrière et son épaisseur } L : T \approx e^{-2L/\delta} \neq 0 ! \quad \text{Avec } \delta \approx \frac{\hbar}{\sqrt{2m(V_0 - E)}} .$$

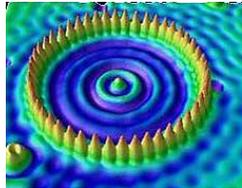
Microscope à effet tunnel

Applet (consulter en ligne)

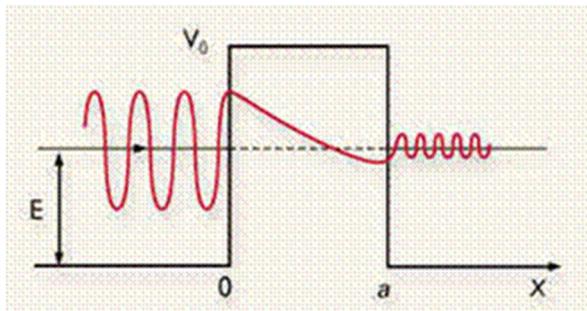


Site - La microscopie à effet tunnel expliquée de façon très progressive (consulter en ligne)

<http://www.stm.baffou.com/index.php>



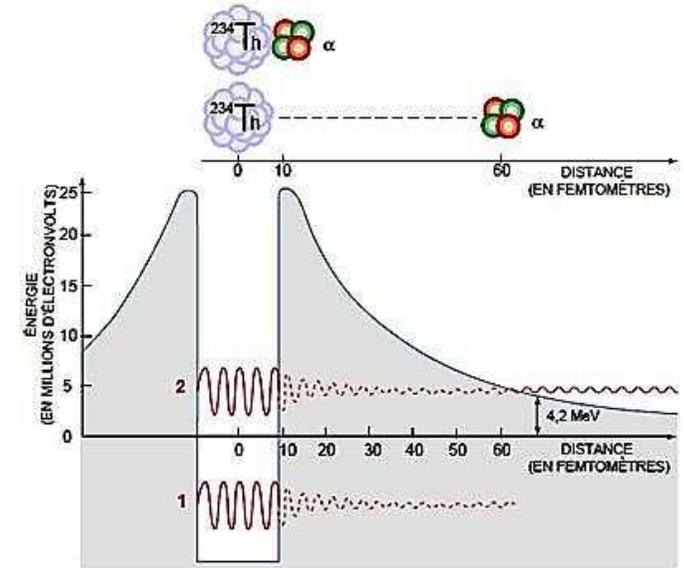
Simulation : fonction d'onde d'une particule traversant un puits de potentiel de hauteur V_0 dans un état lié.



Document consacré à l'effet tunnel (lire).

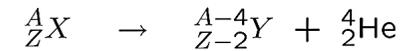
Radioactivité alpha

Document consacré à la radioactivité α (lire).



Document Pour la Science

Caractéristiques de l'émission α

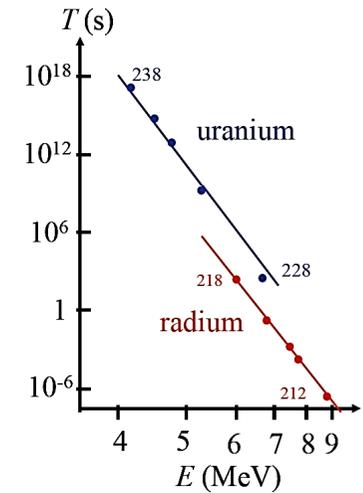
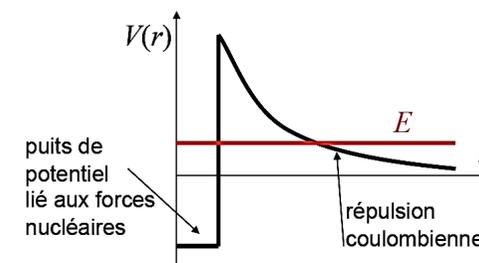


particule α = noyau d'hélium
(Rutherford et Soddy, 1909)

énergie de la particule α : E entre 4 et 9 MeV

temps moyen d'émission : T entre 10^{-6} s et 10^{18} s

Gamow 1929 : $\log T = a + \frac{b}{\sqrt{E}}$



http://www.phys.ens.fr/~dalibard/PHY311/2012/PHY311_cours4.pdf