

Cours 2 : Potentiels 1D

1. Puits de potentiel 1d

1.1 Puits infini

1.2 Puits fini

1.3 Puits « semi-infini »

2. Marches de potentiel

2.1 Marche attractive

2.2 Marche répulsive

3. Barrières de potentiel et effet tunnel

3.1 Barrière carrée

3.2 Barrière arbitraire (WKB)

3.3 Applications

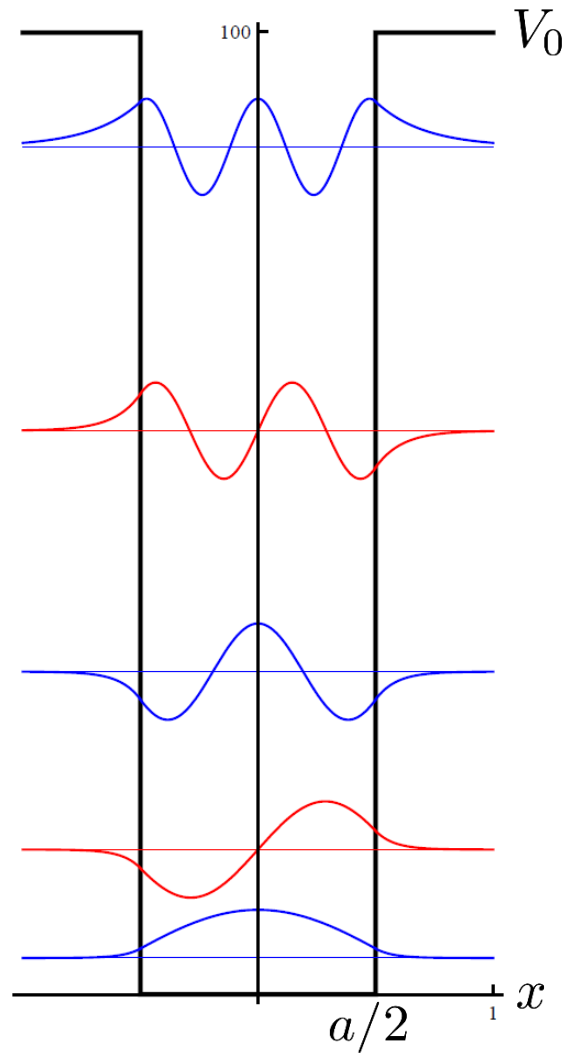
Puits de potentiel fini

Résolution graphique

Voir BD, chapitre 4, section 3.2

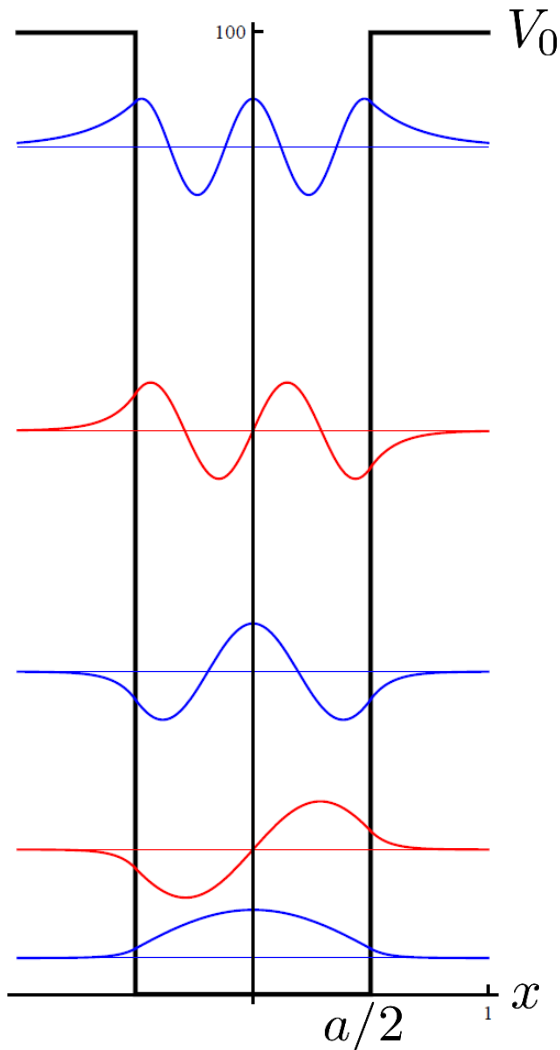
Exemple : $V_0 = 100 \frac{\hbar^2}{2ma^2}$

5 états liés



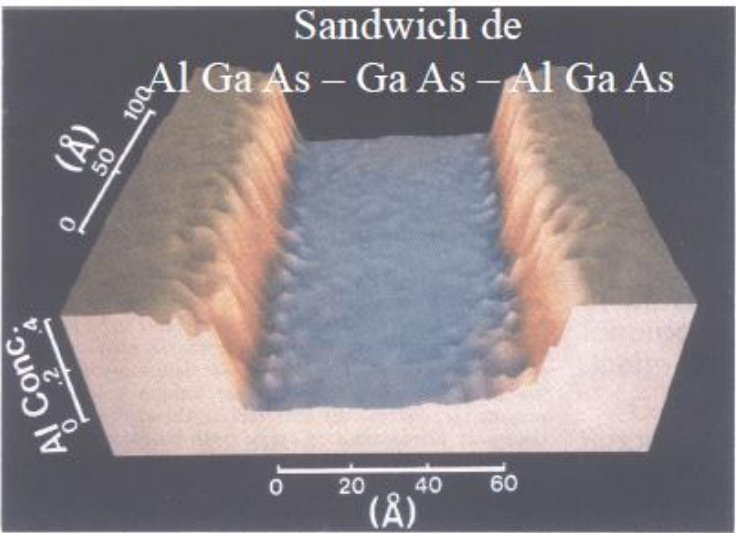
Puits de potentiel fini

Voir BD, chapitre 4, section 3.2

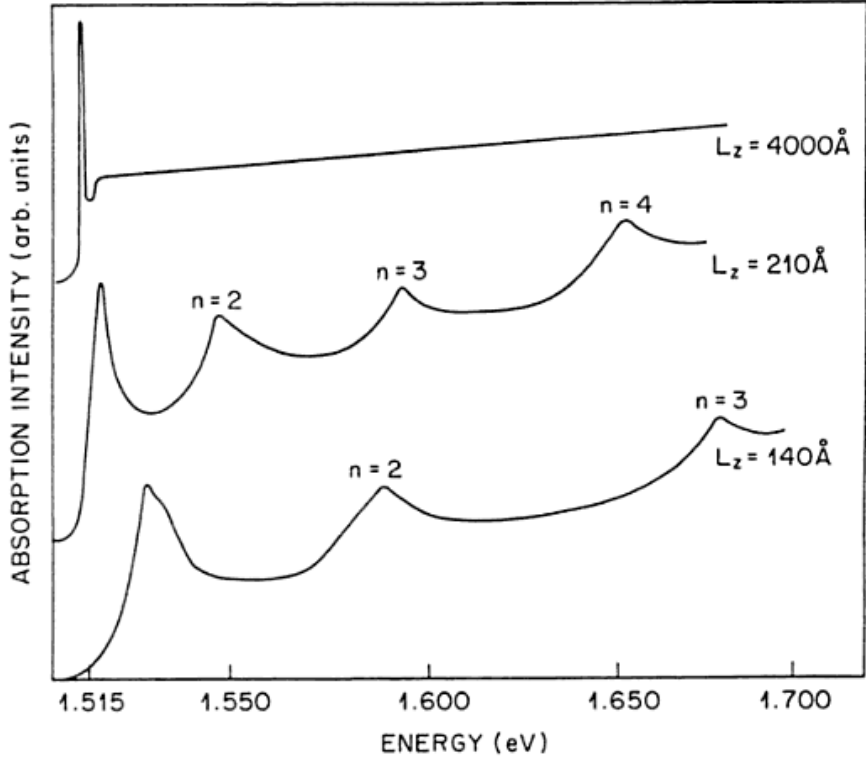


- On retrouve le puits infini pour $V_0 \rightarrow \infty$
- Il existe toujours au moins un état lié (toujours vrai à 1D si $U(-\infty) = U(+\infty)$)
- Alternance niveaux **pairs** et **impairs**
- Fondamental : pas de nœud
Premier état excité : un nœud
...
(cf. Sturm-Liouville)

Doubles hétérostructures semi-conductrices



J.-L. Basdevant, J. Dalibard, *Mécanique Quantique*



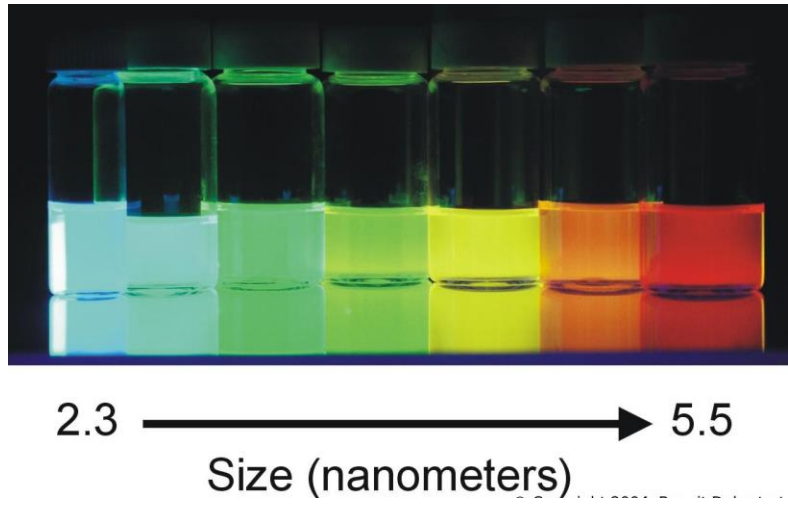
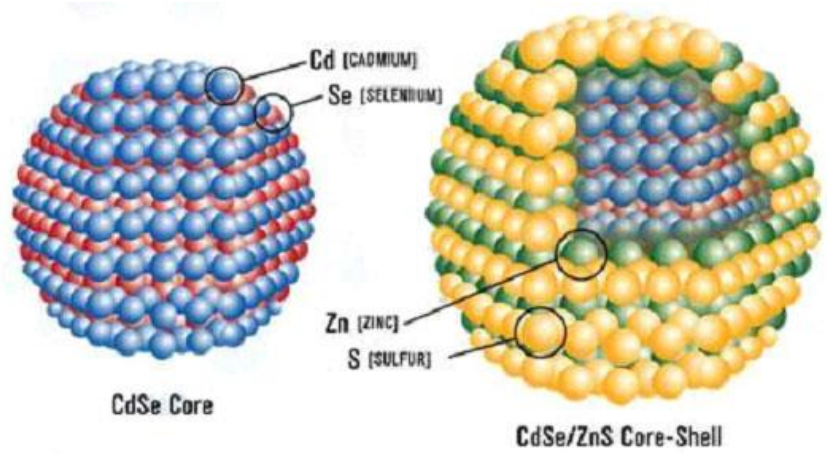
P. S. Zory, Jr. (ed.) *Quantum well lasers*
Academic Press (1993)



Krömer et Alferov
Prix Nobel de physique 2000

Quantum dots (boîtes quantiques)

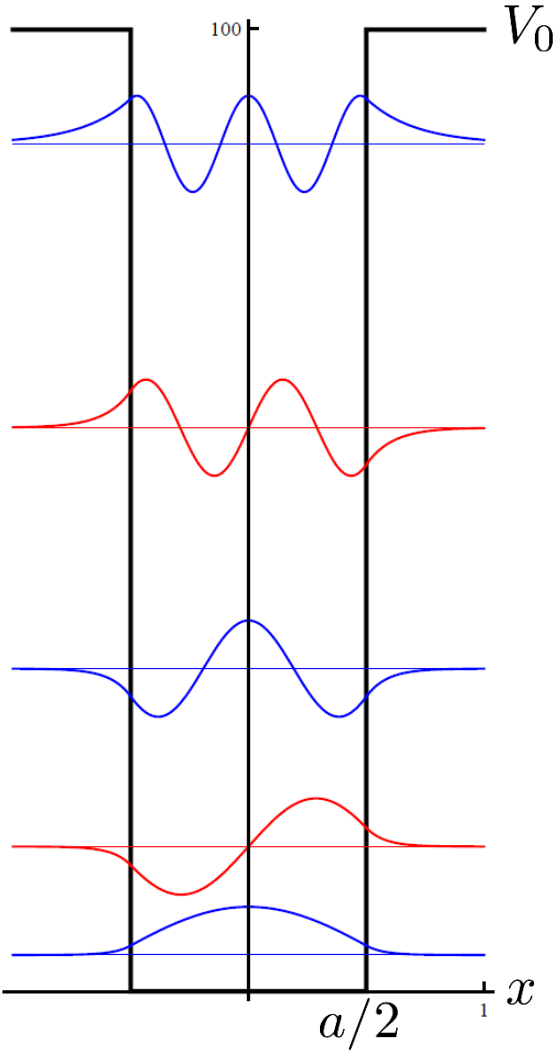
Exemple : nanoparticules de CdSe



Du puits fini au puits « semi-infini »

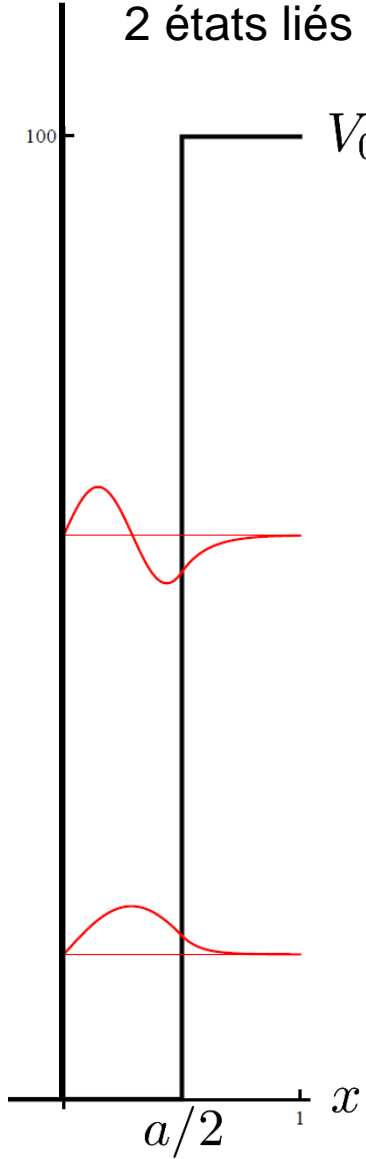
Puits fini $V_0 = 100 \frac{\hbar^2}{2ma^2}$

5 états liés

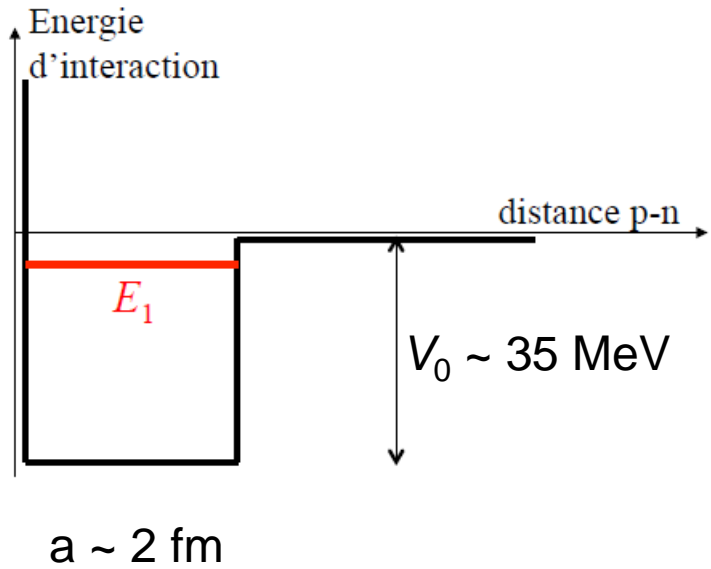


Puits semi-infini largeur $a/2$

2 états liés



Puits semi-infini : interaction forte p-n

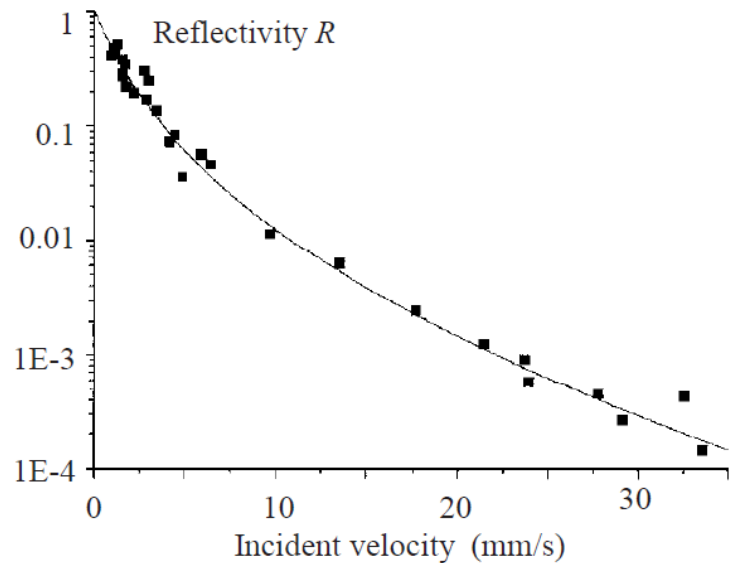
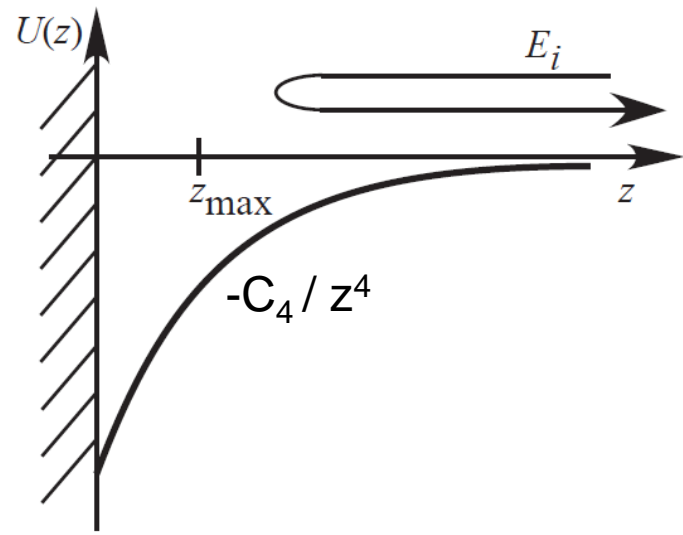
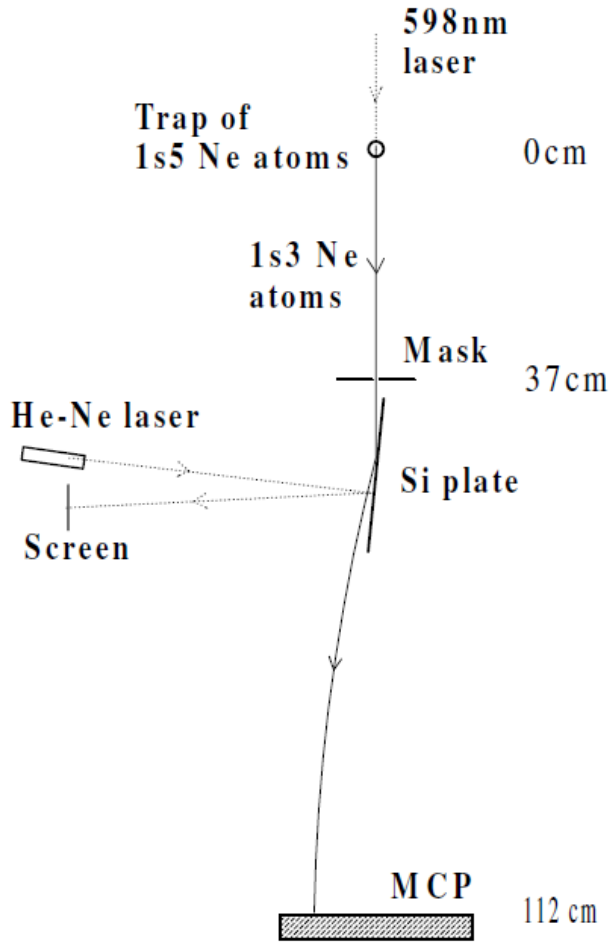


Etat lié
(énergie de liaison $\sim 2 \text{ MeV}$)

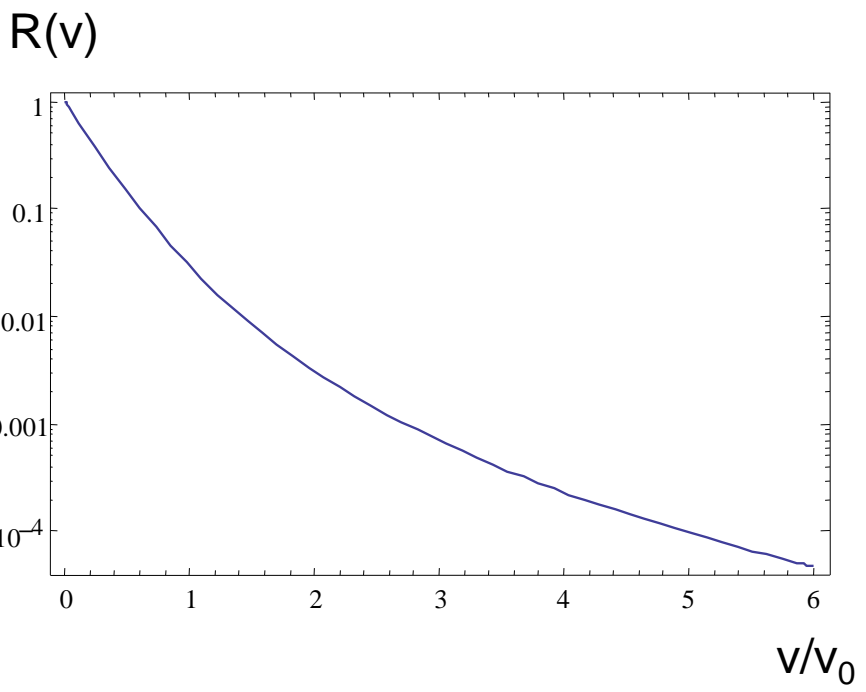
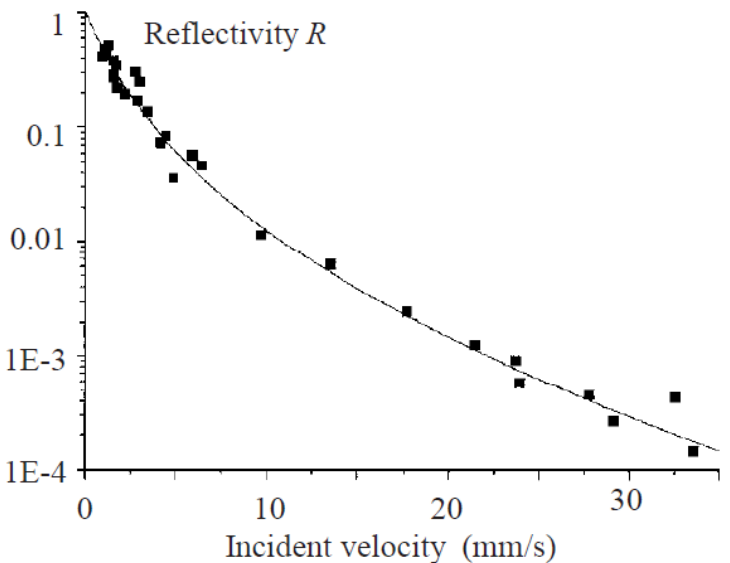
Noyau de deutérium

Réflexion quantique d'atomes froids sur une surface de Si

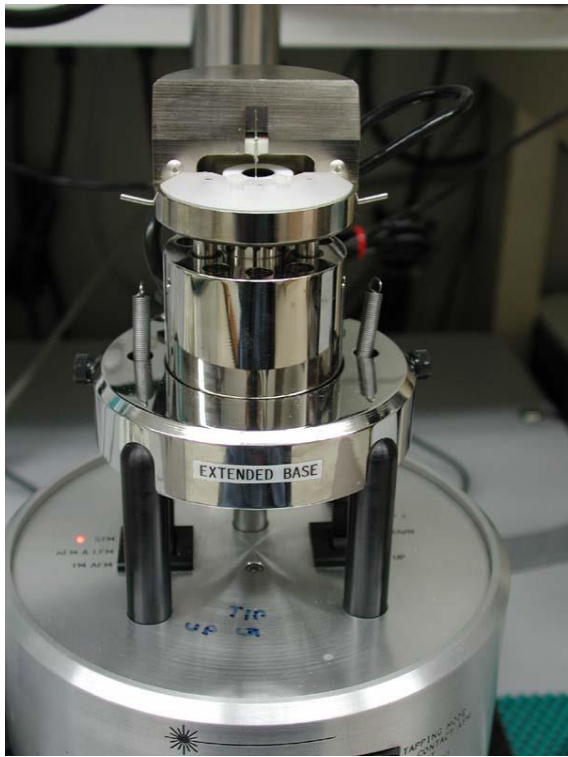
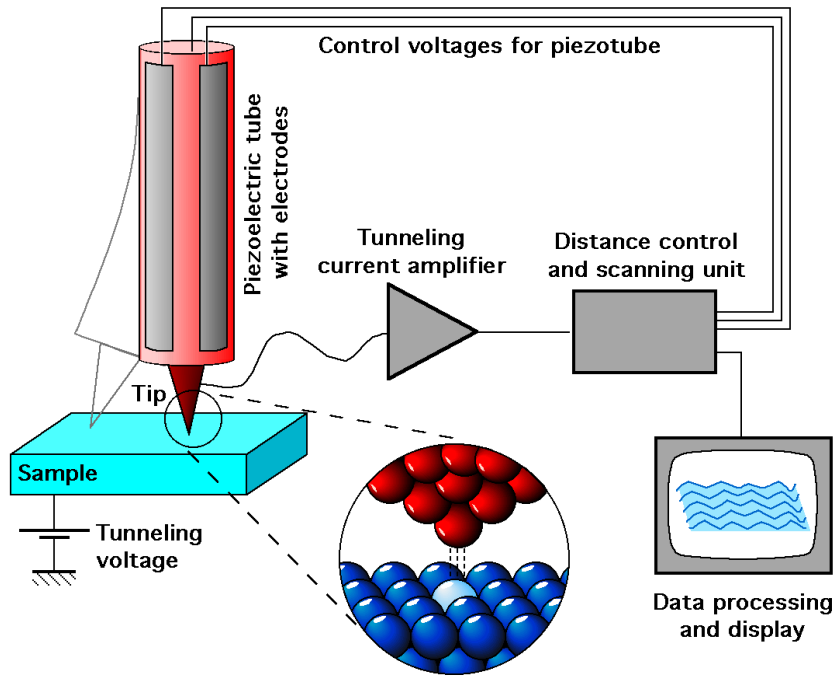
F. Shimizu, PRL **86** 987 (2001)



Comparaison au modèle d'une marche « carrée »



Microscopie à effet tunnel



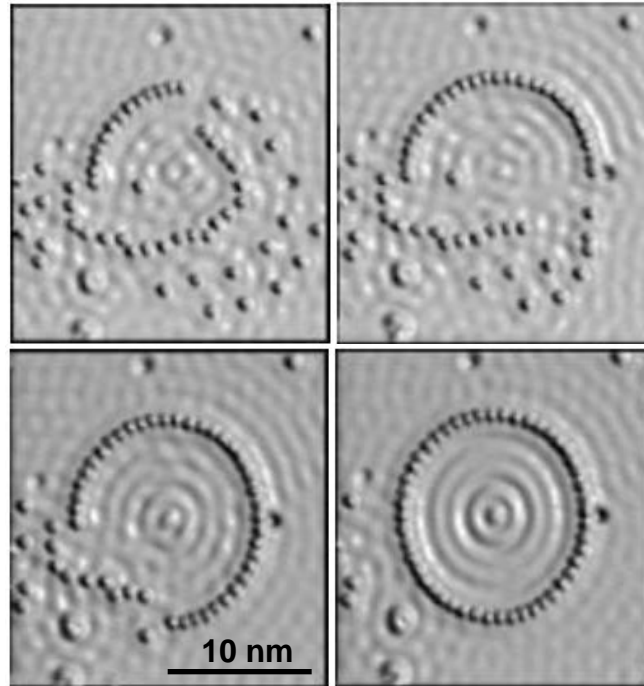
Résolution : 0.1nm (latérale) 0.01 nm (verticale)



Prix Nobel de Physique 1986
Gerd Binnig & Heinrich Rohrer

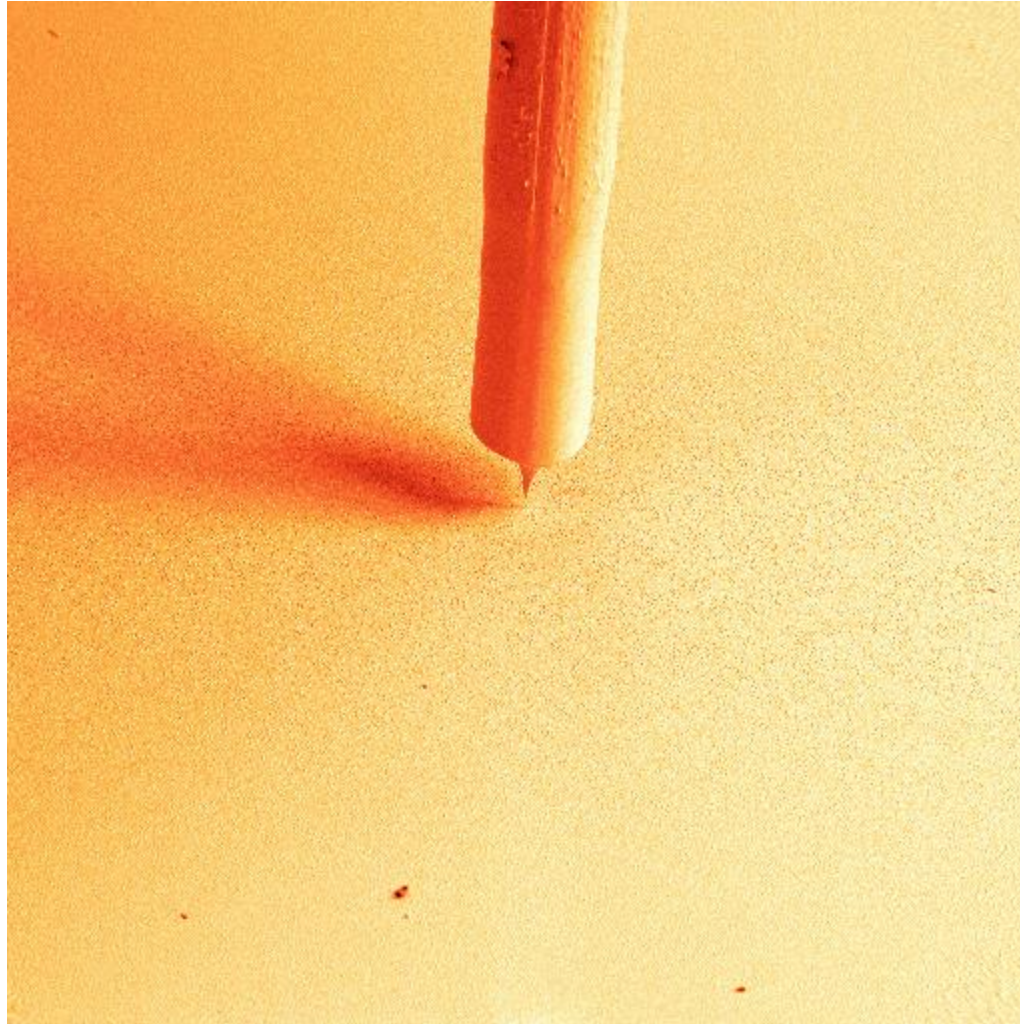
Microscopie à effet tunnel

Atomes de Fe sur surface de Cu



Microscopie à effet tunnel

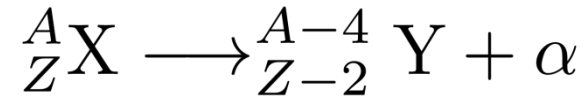
Microscope électronique “filmant” un STM en action (FZ Jülich)
Micro-gouttelettes de Pb sur surface de Ruthénium



Radioactivité alpha

Désintégration alpha :

(noyaux lourds : U, Th...)

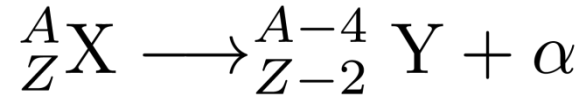


Noyau d'hélium (2p,2n)
Energie E (4 à 10 MeV)

Radioactivité alpha

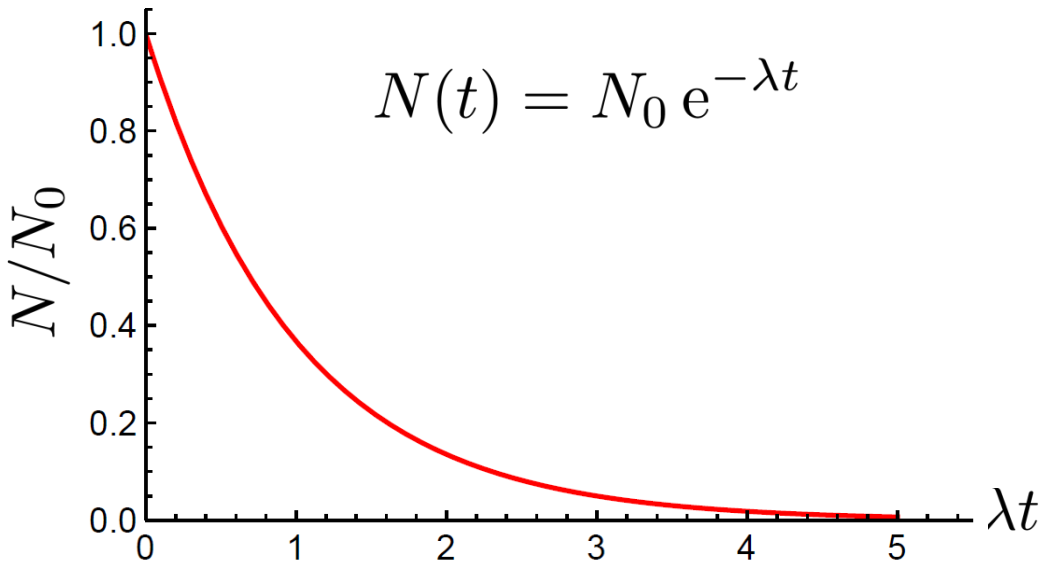
Désintégration alpha :

(noyaux lourds : U, Th...)



Noyau d'hélium (2p,2n)
Energie E (4 à 10 MeV)

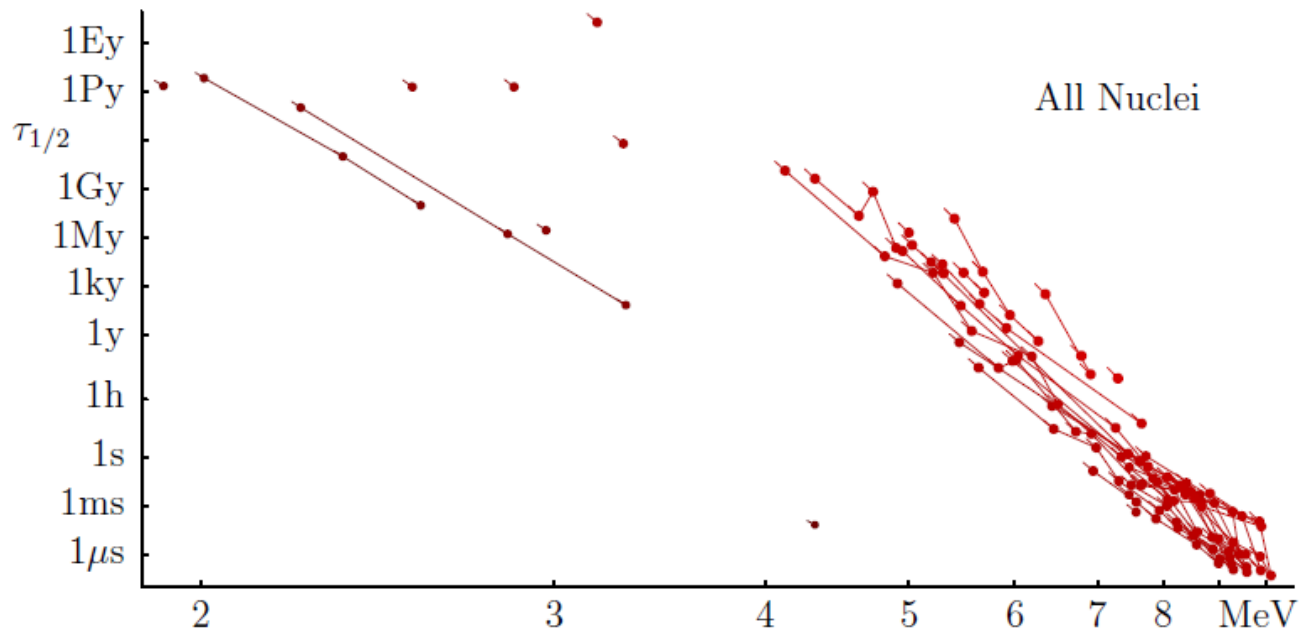
Décroissance exponentielle :



Demi-vie : $\tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

De quelques μs à des Ga
selon les noyaux !

Radioactivité alpha : demi-vie vs énergie



L. Van Dommelen, Quantum Mechanics for engineers, p. 699
 En ligne à <http://www.eng.fsu.edu/~dommelen/quantum/>

Loi empirique de Geiger-Nuttall (1911)

$$\ln \lambda = -a_1 \frac{Z}{\sqrt{E}} + a_2$$

Radioactivité alpha : modèle de Gamow (1928)



George Gamow (1904-1968)

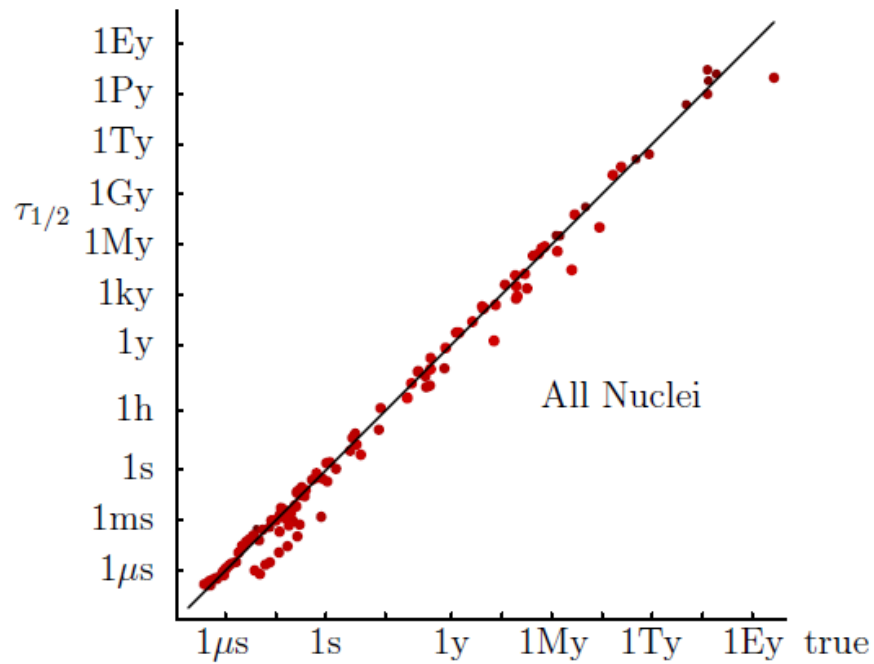
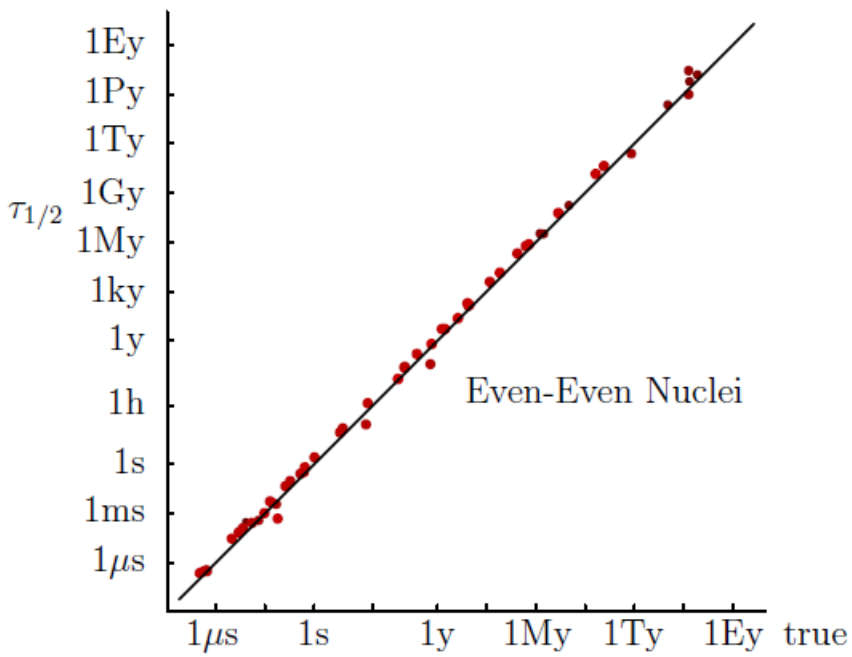
Zur Quantentheorie des Atomkernes.

Von **G. Gamow**, z. Zt. in Göttingen.

Mit 5 Abbildungen. (Eingegangen am 2. August 1928.)

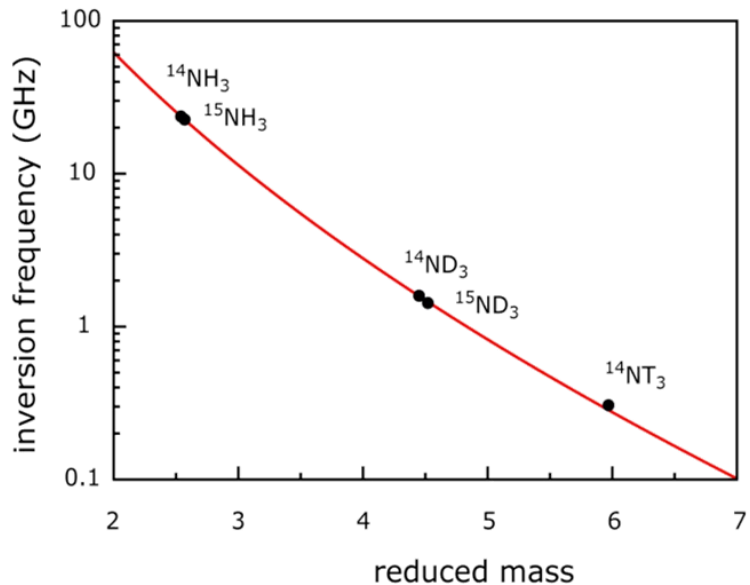
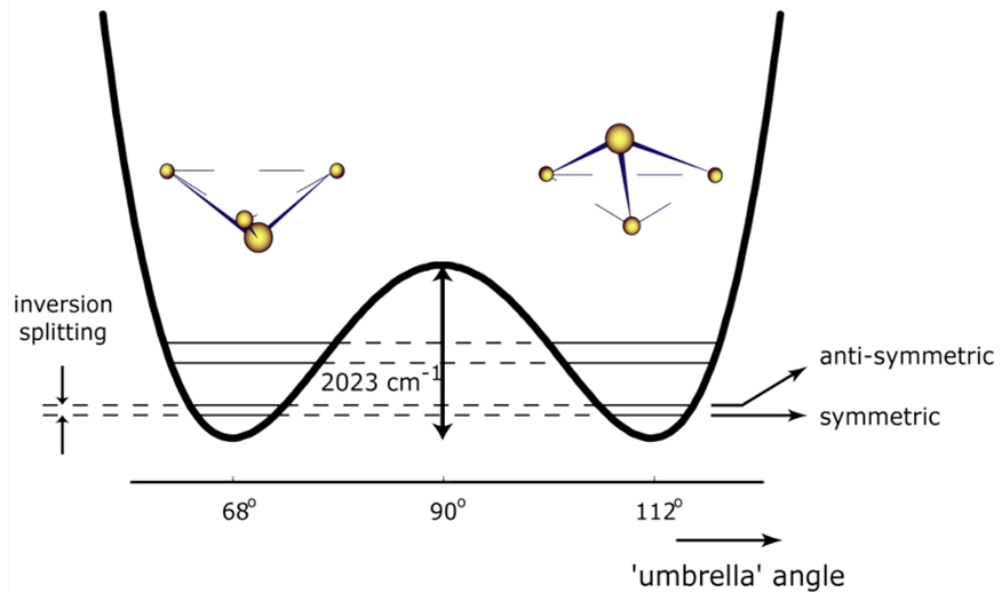
Es wird der Versuch gemacht, die Prozesse der α -Ausstrahlung auf Grund der Wellenmechanik näher zu untersuchen und den experimentell festgestellten Zusammenhang zwischen Zerfallskonstante und Energie der α -Partikel theoretisch zu erhalten.

Comparaison expérience-théorie



L. Van Dommelen, Quantum Mechanics for engineers, p. 704
En ligne à <http://www.eng.fsu.edu/~dommelen/quantum/>

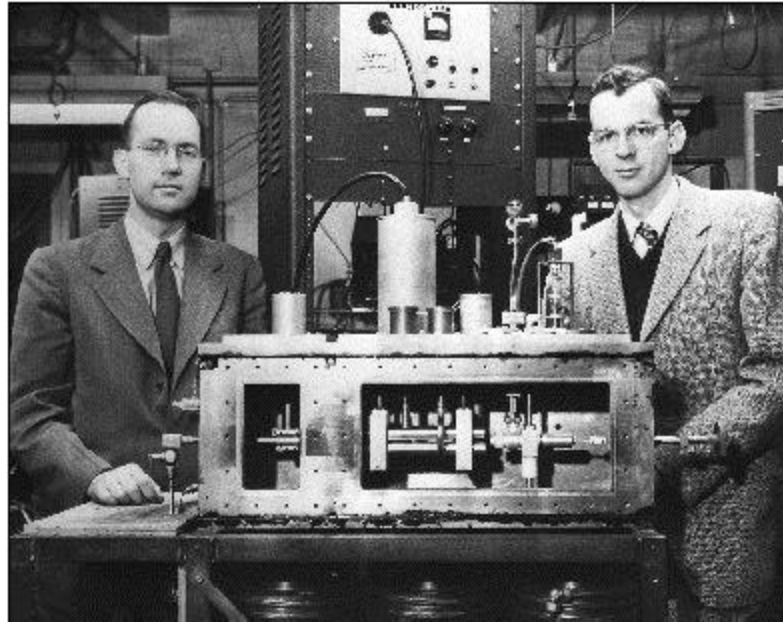
Double puits et molécule d'ammoniac



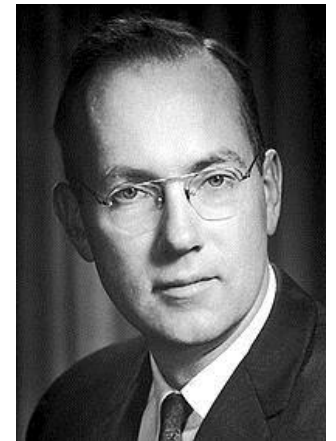
BD, chap. 4 § 5
 CDL, compl. G_{IV}

Maser à ammoniac

1954 Gordon-Townes



Voir traitement simple dans BD, chap. 6.



Charles H. Townes (1915-2015), Prix Nobel 1964

