

MQ2 – Equation de Schrödinger pour une particule libre

I – Particule libre

I-1) Définition

I-2) Etats stationnaires

- a) Fonction d'onde
- b) Convention d'écriture
- c) Relation de dispersion

I-3) Représentation par paquet d'ondes

- a) Sens physique de l'OPPH
- b) Structure en paquet d'ondes
- c) Structure initiale
- d) Structure à un instant t
- e) Quantité de mouvement moyenne

I-4) Courant de probabilité

II – Interférences quantiques

II-1) Diffraction par une fente

II-2) Fentes d'Young

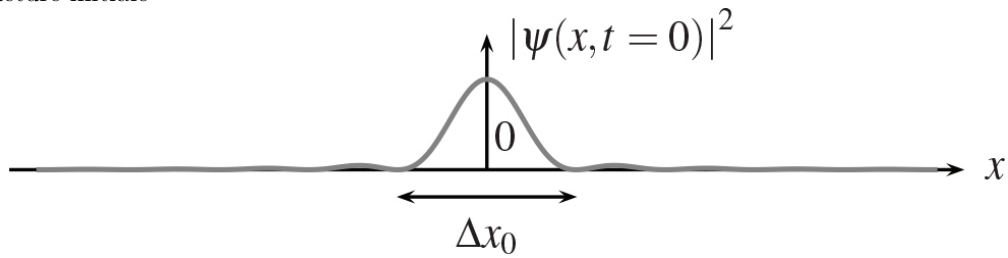
II-3) Expérience de Carnal et Mlynek

- a) Résultats expérimentaux
- b) Paradoxe d'Einstein

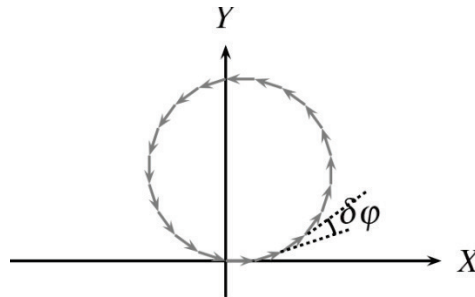
I – Particule libre

I-3) Représentation par paquet d'ondes

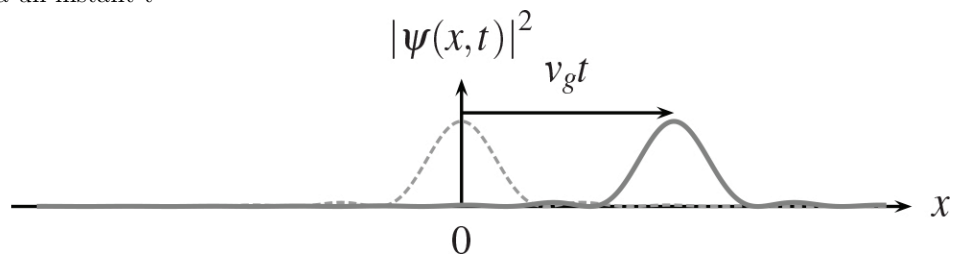
c) Structure initiale



Représentation de la densité de probabilité initiale pour $N=100$.



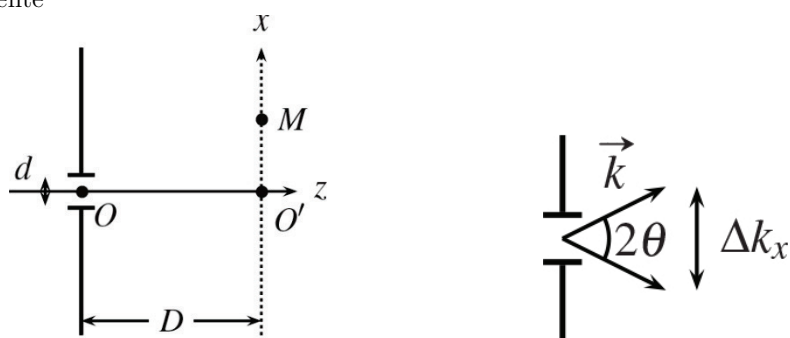
d) Structure à un instant t



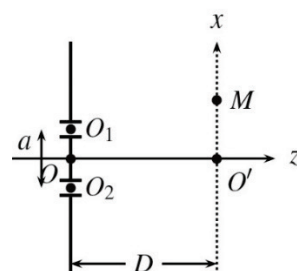
Représentation de la densité de probabilité à un instant $t>0$ (trait plein) pour $N=100$.

II – Interférences quantiques

II-1) Diffraction par une fente



II-2) Fentes d'Young



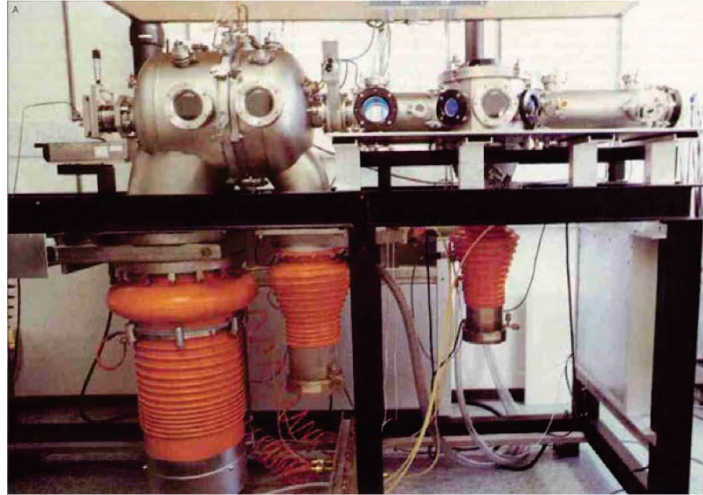
II-3) Expérience de Carnal et Mlynek

a) Résultats expérimentaux

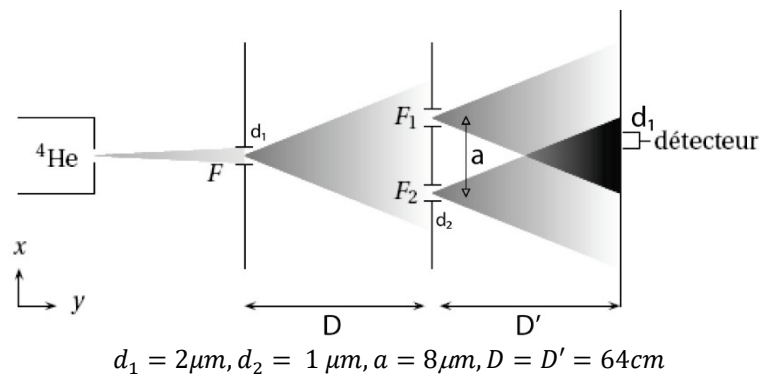
Prenons l'exemple d'une expérience d'interférométrie atomique réalisée par O. Carnal et J. Mlynek, de l'université de Constance en Allemagne en 1991. Ces deux physiciens utilisent un montage expérimental, analogue au dispositif optique des deux fentes d'Young. Les particules utilisées sont des atomes d'hélium : ils ont une masse faible, ce qui donne une grande longueur d'onde de de Broglie. La vitesse des atomes d'hélium peut être ajustée en modifiant la température du réservoir : les longueurs d'onde de De

Broglie utilisées pour réaliser l'expérience sont :

- $\lambda = 0,56 \cdot 10^{-10} m$ (correspondant à une température de 295 K)
- $\lambda = 1,03 \cdot 10^{-10} m$ (correspondant à une température de 83 K).



La source atomique est située à gauche et la détection se fait à l'extrémité droite du tube supérieur. Les dispositifs de couleur orange sont des pompes à diffusion permettant d'obtenir un très bon vide dans l'enceinte.



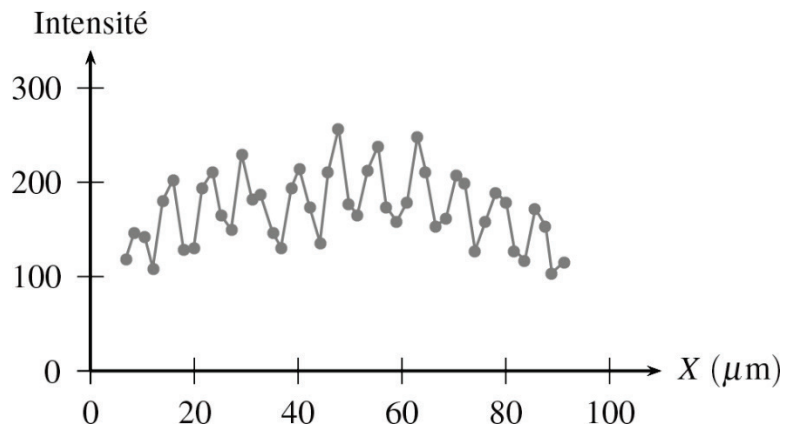
Le flux d'atomes à la sortie du réservoir est d'environ 10^{22} atomes par seconde et par mètre carré. Une fois sortis du réservoir, les atomes passent à travers une première fente, de largeur $d_1 = 2\mu m$ pratiquée dans une feuille d'or.

La hauteur de la fente est de 4mm. Après un trajet d'une longueur $D = 64$ cm, les atomes passent à travers un dispositif de deux fentes,

de largeur $d_2 = 1\mu m$, distantes de $a = 8\mu m$. Ces deux fentes, découpées dans une feuille d'or, font 2 mm de haut. Le parallélisme des deux fentes est ajusté de sorte que l'angle entre deux côtés parallèles des deux fentes est inférieur à 10^{-4} rad. Le parallélisme des fentes F, F_1 et F_2 est ajusté avec un angle résiduel inférieur à $5 \cdot 10^{-4}$ rad. Afin de limiter les collisions avec d'autres particules gazeuses, l'expérience est réalisée sous une pression réduite de $5 \times 10^{-5} Pa$.

Après le passage par les fentes F_1 et F_2 , la distribution des atomes est mesurée dans un plan situé à une distance $D'=64$ cm derrière le plan des deux fentes. Ces impacts sont localisés par un détecteur dont la partie sensible est une fente d'une largeur de $2\mu m$, pouvant être décalée par pas de $1,88\mu m$.

Pour chaque position du détecteur, le comptage des atomes dure 10 minutes, afin d'améliorer le rapport signal sur bruit. Le bruit résiduel est de l'ordre de 2 à 3 impacts par minute. Tous ces détails expérimentaux montrent que ce type d'expérience est beaucoup plus difficile à mettre en œuvre que l'expérience d'optique analogue.



b) Paradoxe d'Einstein

c)

