

Partie A : expérience des fentes d'Young

1. Le point A est au milieu d'une frange brillante, il s'y produit des interférences **constructives** entre les deux ondes passant par chaque fente.

Le point B est au milieu d'une frange sombre, il s'y produit des interférences **destructives**.

2. En A, les deux ondes sont **en phase** ce qui correspond aux ondes (a) et (c)

En B, les deux ondes sont **en opposition phase** ce qui correspond aux ondes (a) et (b) (ou (b) et (c)).

Partie B : particule de matière et onde de matière**1. Expérience des fentes d'Young**

1.1. Avec un « faible » nombre d'impacts, il semble que les positions d'impacts des électrons sont aléatoires. On ne peut pas donc pas prévoir la position de l'impact d'un électron unique

1.2. Cependant, après un grand nombre d'impacts d'électrons (5000), on reconnaît une figure d'interférences (voir 5000 impacts) d'où l'aspect ondulatoire des électrons tandis qu'avec un faible nombre d'impacts, on observe l'aspect particulaire (un impact aléatoire par électron).

Rq : Cette expérience d'interférences particule par particule, met en évidence l'aspect probabiliste du phénomène : on peut au mieux établir la probabilité de présence de l'électron à un endroit donné.

2. Longueur d'onde de matière associée à un électron

2.1. Passage à travers une plaque percée

2.1.1. D'après la relation de de Broglie associant une onde de longueur d'onde λ à toute particule

en mouvement : $p = \frac{h}{\lambda}$ avec $p = m_e \cdot v$ (quantité de mouvement de la particule).

On en déduit que $\lambda = \frac{h}{m_e \cdot v}$

$$\text{Soit } \lambda = \frac{6,6 \times 10^{-34}}{9,1 \times 10^{-31} \times 1,3 \times 10^8} = 5,6 \times 10^{-12} \text{ m} = \mathbf{5,6 \text{ pm}}$$

En tenant compte de l'incertitude donnée $U(\lambda) = 5 \times 10^{-13} \text{ m} = 0,5 \times 10^{-12} \text{ m}$, on peut écrire :

$$\lambda = (5,6 \pm 0,5) \times 10^{-12} \text{ m} = \mathbf{(5,6 \pm 0,5) \text{ pm}}$$

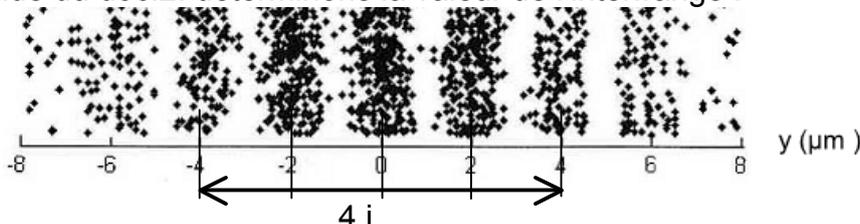
2.1.2. Données : $i = \frac{\lambda \times D}{b}$ donc $\lambda = \frac{i \times b}{D}$

Expérimentalement, on a : D'après le doc.1

Distance séparant les deux fentes $b = 0,8 \pm 0,2 \text{ } \mu\text{m}$

Distance entre la plaque et l'écran $D = 35,0 \pm 0,1 \text{ cm}$

À l'aide du doc.2. déterminons la valeur de l'interfrange :



La valeur mesurée dépend de la taille de l'impression

$$4 i = 8,0 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\text{donc } i = \frac{8,0}{4} = 2,0 \text{ } \mu\text{m}$$

et en tenant compte de l'incertitude des données $i = 2,0 \pm 0,2 \text{ } \mu\text{m}$

Ainsi $\lambda = \frac{2,0 \times 10^{-6} \times 0,8 \times 10^{-6}}{35,0 \times 10^{-2}} = 4,57 \times 10^{-12} \text{ m} = 5 \times 10^{-12} \text{ m} = \mathbf{5 \text{ pm}}$. On ne conserve qu'un seul chiffre significatif comme pour b et on stocke cette valeur en mémoire de la calculatrice.

Il est nécessaire de déterminer l'incertitude sur la mesure de la longueur d'onde pour vérifier la cohérence.

Rq : on préférera utiliser la notation $U(x)$ recommandée pour l'incertitude sur x (au lieu de Δx)

$$U(\lambda) = \lambda \times \sqrt{\left(\frac{U(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{U(b)}{b}\right)^2 + \left(\frac{U(D)}{D}\right)^2}.$$

$$U(\lambda) = 4,57 \times 10^{-12} \times \sqrt{\left(\frac{0,2}{2,0}\right)^2 + \left(\frac{0,2}{0,8}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{35,0}\right)^2} \quad (\text{avec la valeur de } \lambda \text{ non arrondie})$$

$$U(\lambda) = 1,4 \times 10^{-12} \text{ m} = 1,4 \text{ pm}$$

En conservant un seul chiffre significatif et en arrondissant par excès $\mathbf{U(\lambda) = 2 \text{ pm}}$.

Finalement, expérimentalement, on obtient $\lambda = (5 \pm 2) \text{ pm}$ et théoriquement $\lambda = (5,6 \pm 0,5) \text{ pm}$. Ces valeurs sont cohérentes car les intervalles de confiance [3 pm ; 7 pm] et [5,1 pm ; 6,1 pm] se chevauchent.

2.2. Passage à travers une seule fente de la plaque

2.2.1. On observe une tache centrale entourée de deux taches secondaires séparées par une zone d'extinction : le faisceau d'électrons a été **diffraqué** par la fente (ce qui confirme la nature ondulatoire des électrons).

2.2.2. En utilisant le schéma de l'expérience, $\tan \theta = \frac{OM}{D}$

En utilisant l'approximation des petits angles : $\theta \approx \tan \theta = \frac{OM}{D}$ (avec θ en radians)

En utilisant le document 3, $OM = 8,0 \text{ } \mu\text{m}$

$$\theta = \frac{8,0 \times 10^{-6}}{35,0 \times 10^{-2}} = 2,2857 \times 10^{-5} \text{ rad} = 2,3 \times 10^{-5} \text{ rad} = 23 \text{ } \mu\text{rad}$$

2.2.3. La relation entre l'écart angulaire θ entre le centre d'une tache de diffraction et le milieu de la 1^{ère} extinction est : $\theta = \frac{\lambda}{a}$ donc $\lambda = \theta \cdot a$ (avec θ en radians).

$$\lambda = 2,2857 \times 10^{-5} \times 0,2 \times 10^{-6} = 4,57 \times 10^{-12} \text{ m} = 5 \text{ pm} \text{ avec un seul chiffre significatif.}$$

L'ordre de grandeur de cette longueur d'onde est le picomètre ce qui est en accord avec les questions précédentes.