

Réponse complète à la problématique du projet : Effet Ramsauer–Townsend

1. Le phénomène physique à expliquer

L'effet Ramsauer–Townsend est une observation expérimentale faite au début du XXe siècle : un électron envoyé sur un atome de gaz noble (comme le xénon ou l'argon) traverse parfois cet atome sans être diffusé, c'est-à-dire avec une probabilité de diffusion quasiment nulle.

Ce phénomène est surprenant, car on s'attend intuitivement à ce qu'une particule soit d'autant plus déviée qu'elle a peu d'énergie. Pourtant, il existe des énergies pour lesquelles l'électron semble « ne pas voir » l'atome.

2. Objectif du projet

Le but est d'expliquer ce phénomène avec un modèle quantique simple, en une dimension, dans lequel l'atome est représenté par un puits de potentiel de profondeur finie :

$$V(x) = -V_0 \cdot f(x)$$

où $f(x)$ est la forme du puits (carré ou gaussien).

3. Approche théorique utilisée

- On considère un électron modélisé par une onde plane ou un paquet d'ondes.
- L'atome est représenté par un potentiel ($V(x)$).
- On résout l'équation de Schrödinger indépendante du temps pour décrire la diffusion :
$$-\left(\hbar^2/2m\right)d^2\psi/dx^2 + V(x)\psi = E\psi$$
- On calcule la transmission $T(E)$, c'est-à-dire la probabilité que l'électron traverse le potentiel.

4. Types de puits testés

a. Le puits carré :

- Forme simple, potentiellement résoluble analytiquement
- On divise l'espace en trois zones et on raccorde les solutions
- Transmission $T(E)$ obtenue par une formule analytique avec $\sin(qa)$

b. Le puits gaussien :

- Potentiel continu et lisse : $V(x) = -V_0 \cdot \exp(-(x - x_0)^2 / 2\sigma^2)$
- Résolution numérique nécessaire
- Modèle plus réaliste de l'attraction d'un électron par un atome

5. Méthodes numériques utilisées

- Simulation de la propagation d'un paquet d'ondes dans le potentiel (via un schéma explicite en temps)
- Calcul des états stationnaires du puits gaussien (par diagonalisation du Hamiltonien tridiagonal)
- Comparaison de la forme des densités de probabilité avec la courbe de $T(E)$ calculée ou approchée

6. Ce que montrent les résultats

- À basse énergie : la particule est majoritairement réfléchie
- À haute énergie : elle traverse sans être beaucoup perturbée
- À certaines énergies intermédiaires : transmission maximale $T(E) \approx 1 \rightarrow$ effet Ramsauer-Townsend

Ces effets sont reproduits :

- Dans les courbes $T(E)$
- Dans les simulations de paquets d'ondes
- Dans les états stationnaires (superposition dans le puits)

7. L'effet Ramsauer–Townsend dans notre modèle

- Quand on envoie une onde plane ou un paquet d'ondes sur un puits de potentiel (qui modélise un atome), on s'attend à ce qu'il y ait réflexion ou piégeage.
- Mais pour certaines énergies bien précises, la transmission $T(E)$ est presque parfaite :
 - L'onde traverse le puits comme s'il n'existait pas
 - La section efficace $\sigma(E)$ devient presque nulle

Pourquoi ?

- À ces énergies, il y a interférence constructive dans le puits → pas de réflexion
- L'onde reste en phase et ressort sans perturbation
- Ce phénomène est une résonance de transmission purement quantique

Conclusion : notre modèle reproduit cet effet et permet de le comprendre sans faire appel à une modélisation atomique complexe.

8. Conclusion

Le projet démontre qu'un modèle à une dimension avec un puits de potentiel de profondeur finie permet de reproduire l'effet Ramsauer–Townsend.

- Le puits carré permet une résolution analytique simplifiée.
- Le puits gaussien donne un comportement plus réaliste, et confirme les résultats obtenus.

Ainsi, même un modèle simple de mécanique quantique permet d'interpréter des phénomènes expérimentaux complexes comme la transparence quantique à certaines énergies.

Le travail effectué (codes Python, visualisations, courbes $T(E)$) valide cette approche.