

# Confinement quantique (Ladislav W)

May 22, 2022

---

## Contents

<b>1 Objectifs pédagogiques et messages forts de la LP</b>	<b>1</b>
<b>2 Introduction générale de la leçon</b>	<b>2</b>
<b>3 Proposition de plan</b>	<b>2</b>
3.1 Traitement classique ou quantique d'un système . . . . .	2
3.1.1 Critère . . . . .	2
3.1.2 Différents exemples . . . . .	2
3.2 Puits classiques et applications technologiques . . . . .	2
3.2.1 Puits infini . . . . .	2
3.2.2 Applications(puits fini, harmonique, double) . . . . .	2
3.3 Atome d'Hydrogène . . . . .	2
3.3.1 Position du problème . . . . .	2
3.3.2 Inégalité de Heisenberg . . . . .	2
<b>4 Questions du correcteur</b>	<b>2</b>
<b>5 Bibliographie pour construire la leçon</b>	<b>4</b>

---

## 1 Objectifs pédagogiques et messages forts de la LP

- Etablir un critère simple pour savoir si un système doit être traité de façon quantique ou de façon classique (avec l'action et la longueur caractéristique par rapport à  $h$  ou la longueur de De Broglie). Introduire les deux critères est pertinent car des fois il est plus facile d'évaluer une action qu'une longueur caractéristique.
- La quantification n'a rien de spécifique à la MQ, c'est d'avantage lié au caractère ondulatoire de la fonction d'onde et ainsi qu'aux conditions

aux limites. Il faut insister encore et encore dessus, même si on a l'impression de le faire, cela ne suffit pas.

- Les puits les plus simples ont malgré tout des applications que l'on rencontre très régulièrement en Physique.

## 2 Introduction générale de la leçon

On introduit le problème de confinement quantique par le biais de l'effet Hall dans les conducteurs. Le développement classique donne une constante de Hall négative car les porteurs sont bien entendus des électrons. Cependant, certains matériaux (le fer, le plomb, les semi-con, ...) ne vérifient pas forcément cette négativité de la constante de Hall, donc les électrons ne seraient pas responsables de la conduction électrique ?! La seule solution est que le traitement classique n'est pas bon car dans Drude on suppose bien que la conduction est faite par des électrons. Il faut donc traiter les électrons dans un métal de manière quantique.... mais pouvait on s'y attendre à l'aide d'un critère simple ?

## 3 Proposition de plan

### 3.1 Traitement classique ou quantique d'un système

#### 3.1.1 Critère

#### 3.1.2 Différents exemples

### 3.2 Puits classiques et applications technologiques

#### 3.2.1 Puits infini

#### 3.2.2 Applications (puits fini, harmonique, double)

### 3.3 Atome d'Hydrogène

#### 3.3.1 Position du problème

#### 3.3.2 Inégalité de Heisenberg

## 4 Questions du correcteur

- C'est quoi un état lié (par opposition à un état de diffusion) ? Un état où la particule peut aller à l'infini (comme en classique finalement)

- Autres applications du puits harmonique que l'IR en chimie ? Seconde quantification du champ EM, tout autre potentiel ayant un minimum (semi-con aussi par exemple)
- Barrière de potentiel = puits de potentiel ? Non, mais pas si différent dans le traitement mathématique, d'autant plus si on considère un milieu non infini.
- Comment obtenir un comportement quantique malgré un gaz peu dense ? On baisse la température comme nous l'indique la longueur d'onde thermique, c'est le domaine de recherche des atomes froids.
- Continuité de la fonction d'onde et de ses dérivées en fonction du puits ? Si 1ère espèce (saut fini), alors la dérivée première est continue (démonstration à partir de Schrödinger à faire rapidement). La dérivée seconde pas continue. Si 2ème espèce (saut infini), seulement la fonction d'onde est continue (car intégrable en gros), le reste est discontinue.
- Microscopie à effet tunnel : questions sur les piezo, le principe ? L'application d'un champ E les déforme sur des distances typiques inférieures à la taille d'un atome.
- Avec le raisonnement qualitatif sur l'inégalité d'Heisenberg pour l'hydrogène, on retrouve le même résultat que Bohr donc son raisonnement semi-classique/quantique est équivalent ? Absolument pas. Bohr postule le fait qu'un électron sur une orbite de Bohr ne rayonne aucune énergie, ce qui est complètement factice. Il faut pousser le raisonnement jusqu'à la dualité onde-corpuscule qui donne son caractère ondulatoire à l'électron. Sa fonction d'onde permet alors d'avoir des inégalités d'Heisenberg pour les différents opérateurs conjugués, et on retrouve alors l'orbite principale de Bohr et l'énergie du fondamentale (existence d'un fondamental!!!!)
- Pourquoi  $E_1 > 0$  dans le puits infini ? En fait,  $E_1 > V_{\min}$  dans tous les puits (pour des raisons de concavité et de normalisation de la fonction d'onde) et dans le puits infini  $V_{\min} = 0$ .
- Alternance fonction paire/impair dans le puits infini ? Oui,  $n$  est entier strictement positif, donc selon que  $n$  soit pair ou impair, la fonction d'onde sera impair ou pair
- Montrer proprement qu'une symétrie sur le potentiel se répercute sur la fonction d'onde ? On définit un opérateur qui par application sur le potentiel lui applique la symétrie en question. On montre que l'opérateur commute avec  $H$ , et on regarde ensuite l'effet sur la fonction d'onde.

## 5 Bibliographie pour construire la leçon

- Aslangul Tome 1
- Feynman Tome 1
- Cohen Tome 1