**Chapitre I : Quantification de l’énergie Niveau de Landau**

**Introduction :**

 Dans ce chapitre nous allons étudier l’effet produit sur cristal (semi-conducteur) plongé dans un champ magnétique fort

**I-1 Cas d’une Particule libre soumis à l’action d’un champ magnétique** :

On cherche à décrire une particule quantique subissant les effets d’un champ électromagnétique extérieur **[1].**

 On supposera donc l’influence de la particule sur le champ est négligeable (ex : rayonnement, champ électrostatique ou magnétostatique, La dynamique d’une particule quantique isolée est décrite par l’équation de Schrödinger



- L’hamiltonien d’un particule libre dans un champ magnétique

H=T+U(x ,y,z)

\*on introduit l’impulsion généralises

****

* Particule libre donc U(x, y, z) = 0
* T énergie cinétique 
* Et en ecrire p en mécanique quantique :  donc
* D’après les équations de Maxwell :

  ,  et A (-y B ,0,0)

Démonstration de l’ Hamiltonien

 



Avec : 



La proposition suivante montre que ce mouvement peut être décrit par un certain Hamiltonien La fonction Hamiltonien suivante :

  

* On a l’équation de Schrödinger suivante :



* Pour B = 0 :



La solution :

 

* Pour B ≠ 0

Donc : 

* La probabilité Ψ(x, t) est solution de l’´equation de Schrödinger



Avec : 





A partir de l’équation de Schrödinger on trouve



On posant que : y = y’+y0 avec 

Par changement de variable, nous sommes donc amenés résoudre l’équation **[3]**





Avec : 

L’équation d’un oscillateur harmonique quantique

 

Donc l’équation d’une énergie de cet oscillateur est :

 $E^{'}=E\_{n}$=$\left(n+\frac{1}{2}\right)ђω\_{0}$ avec $ω\_{0}$== $\frac{ eB}{m}$

**Et :**

$E^{'}=E\_{n}$=$E\_{n}^{'}+\frac{ђ^{2}k^{2}\_{z}}{2m}$

$E\_{n}$=$\left(n+\frac{1}{2}\right)ђω\_{0}+\frac{ђ^{2}k^{2}\_{z}}{2m} (I.1.3)$

**I-2 Cas d’un cristal dans un champ magnétique :**

**I-2-1 Masse effective des électrons :**,

 c'est une particule élémentaire plongée dans un potentiel cristallin. Cette particule quasi-libre de charge (-e) et de masse  , est représentée dans ce potentiel par une particule libre de charge (-e)et de masse effective  qu'on appelle masse effective de l'électron.

Supposons notre cristal semi-conducteur soumis à un champ électrique extérieur. Un électron de conduction du cristal est soumis d'une part à une force interne  résultant du champ cristallin et d'autre part à une force d'origine externe résultant du champ extérieur. On peut alors écrire :



On écrit que l'électron dans le cristal répond à la sollicitation de la force externe  **[2]**



La masse effective contient l'effet global du potentiel cristallin sur l'électron. Tout se passe comme si l'électron, dans le cristal, se comporte comme une particule de masse m\* soumise uniquement à l'effet d'une force externe.

Dans l’état, un électron est représenté par un paquet d'ondes (qui sont des ondes de Bloch) dont la vitesse dite de vitesse de groupe est donnée par :

  

Où ω est la pulsation du paquet d'ondes et E = ħ ω est l'énergie associée à l'électron.

L'accélération de l'électron est donnée par :

 

En mécanique classique, l'énergie cinétique d'une particule de masse m animée d'une vitesse V est : Dérivons cette expression, il vient  Sachant que la force subie par cette particule est ou  est son accélération, on peut écrire 

Soit :

 Ou   

En portant l'expression  dans l'expressionon obtient compte tenu de

 

Ce qui s'écrit **:** avec : 

* On L’équation de Schrödinger :



La fonction Hamiltonien suivante :

 

Avec : 

L’équation d’un oscillateur harmonique :

 

 L’énergie de cet oscillateur est de la forme :

$E^{'}=E\_{n}$=$E\_{n}^{'}+\frac{ђ^{2}k^{2}\_{z}}{2m^{\*}}$ avec $ω\_{0}$== $\frac{ eB}{m}$

$E\_{n}$=$\left(n+\frac{1}{2}\right)ђω\_{0}+\frac{ђ^{2}k^{2}\_{z}}{2m^{\*}} (I.2.7)$

**I - 3 Niveau de Landau** :

* On l’équation d’un oscillateur harmonique :



* Et l’énergie de cet oscillateur est de la forme :

$E^{'}=E\_{n}$=$E\_{n}^{'}+\frac{ђ^{2}k^{2}\_{z}}{2m^{\*}}$ avec $ω\_{0}$== $\frac{ eB}{m}$

$E\_{n}$=$\left(n+\frac{1}{2}\right)ђω\_{0}+\frac{ђ^{2}k^{2}\_{z}}{2m^{\*}}$

* Donc les niveaux d’énergie correspondantes aux différentes valeurs de n sont appelés « Niveaux de Landau »



**Figure (I– 3-1 ) :** Niveau de landau **[4]**

**Conclusion :**

# Les niveaux d’énergie aux différentes valeurs de n sont appelés « Niveaux de Landau »$ $

# $E\_{n}$=$\left(n+\frac{1}{2}\right)ђω\_{0}+\frac{ђ^{2}k^{2}\_{z}}{2m}$