

Secretariat General A
l'Aviation Civile
E . N . A . C.

PHYSIQUE DU SOLIDE

Par

C. Carrier

1^{ère} Edition

I.T.N.A./T.S.

Sep. 1962

TABLE DES MATIERES

Première Partie

STRUCTURE DE LA MATIERE

<u>CHAPITRE I</u>	- RAPPEL DES PRINCIPALES THEORIES SUR LA STRUCTURE DE LA MATIERE	Pages
1.1	- Théorie de RUTHERFORD	1
1.1.1	- Déviation des particules α	1
1.1.2	- Hypothèse de Van BROEK	2
1.1.3	- L'atome de RUTHERFORD et l'électromagnétisme	2
1.2	- Théorie de BOHR	3
1.2.1	- Les postulats de BOHR	4
1.2.2	- Entraînement du noyau	4
1.3	- Théorie de SOMMERFELD	5
1.3.1	- Orbites elliptiques	5
1.3.2	- Structure fine	6
1.4	- Atomes non hydrogéoïdes	8
1.4.1	- Généralités	8
1.4.2	- Principe de PAULI	9
1.4.3	- Structure lacunaire des couches	14
1.5	- L'atome de FERMI	15
1.5.1	- Les nouvelles statistiques	15
1.5.2	- L'atome de FERMI	18
<u>CHAPITRE II</u>	- ELEMENTS DE MECANIQUE ONDULATOIRE : L'EQUATION D'ONDE S	
2.1	- Rappel de notions classiques de mécanique - Hamiltonien	19
2.1.1	- Champ de forces	
2.1.2	- Champ de forces conservatif	
2.1.3	- Quantité de mouvement ou "moment"	20
2.1.4	- Variables dynamiques	
2.1.5	- Hamiltonien	
2.1.6	- Equations de HAMILTON du mouvement	21
2.1.7	- Exemple : mouvement d'un point sous l'action d'une force centrale	

	Pages
2.2 - Introduction de nouveaux concepts	23
2.2.1 - Association onde-conpuscule	
2.2.2 - Energie des corpuscules. Relation d'EINSTEIN	26
2.2.3 - Principe d'incertitude de HEISENBERG	
2.3 - Dualité onde-conpuscule	29
2.4 - Equation d'onde de SCHRODINGER	33
2.4.1 - Equation d'une onde plane	
2.4.2 - Mise en forme de l'équation de propagation	
2.5 - Equation de SCHRODINGER indépendante du temps	37
2.5.1 - Recherche des Solutions stationnaires	
2.5.2 - Propriétés générales - Nature du spectre d'énergie	38
2.6 - Mise en oeuvre de l'équation de SCHRODINGER : systèmes quantiques à une dimension.	39
2.6.1 - Saut de potentiel	40
2.6.2 - Barrière de potentiel infiniment élevée	46
2.6.3 - Puits de potentiel carré infiniment profond	
2.6.4 - Traversée d'une barrière de potentiel carrée Effet "tunnel"	47
CHAPITRE III - THEORIES DE LA PHYSIQUE DU SOLIDE	51
3.1 - Modèle de BRILLOUIN	51
3.1.1 - Barrière de potentiel périodique	
3.1.2 - Rappel sur l'équation de SCHRODINGER	52
3.1.3 - Bandes énergétiques permises et interdites	53
3.1.4 - Discussion de l'équation d'onde	55
3.1.5 - Analogie mécanique	
3.2 - Modèle de KRONIG et PENNEY	61
3.2.1 - Propagation dans une vallée	62
3.2.2 - Propagation à travers une barrière	63
3.2.3 - Détermination des constantes d'intégration Discussion physique	
3.2.4 - Bandes énergétiques permises et interdites	66
3.2.5 - Energies élevées, approximation classique	68
3.2.6 - Vallées non couplées	69
3.2.7 - Relation entre E et k	70
3.3 - Zones de BRILLOUIN	72
3.4 - Loi de FERMI, niveau de FERMI	75

Deuxième Partie

LES SEMICONDUCTEURS

Pages

<u>CHAPITRE IV - MECANISME DE LA CONDUCTION DANS LES SEMICONDUCTEURS</u>	79
4.1 - Modèle des bandes	79
4.1.1 - Les méthodes d'approximation à un seul électron	
4.1.2 - Modèle des bandes	80
4.1.3 - Problèmes de conductibilité dans le modèle des bandes	84
4.2 - Modèle des bandes d'un semiconducteur	90
4.2.1 - Courant de conduction et courant par trous	
4.2.2 - Conductivité intrinsèque	92
4.2.3 - Conductivité par impuretés	
4.2.4 - Superposition des deux types de conductivité	100
4.2.5 - Réalisation d'un semiconducteur intrinsèque	102
<u>CHAPITRE V - LES DEFAUTS DE RESEAU</u>	105
5.1 - Impuretés substitutionnelles dans les cristaux	105
5.1.1 - Cristaux de Valence	105
5.1.2 - Cristaux ioniques	110
5.2 - Lacunes et impuretés interstitielles dans les cristaux	112
5.2.1 - Cristaux de Valence	112
5.2.2 - Cristaux ioniques	115
5.3 - Réactions liées aux défauts de réseau	117
5.4 - Calcul des concentrations d'équilibre	121
5.5 - Notions fondamentales sur l'apparition des défauts	131
<u>CHAPITRE VI - LE TROU POSITIF</u>	
6.1 - L'effet HALL	135
6.2 - Valeur négative de la masse effective en haut de bande	140
6.3 - Equivalence entre une bande de valeur presque remplie d'électrons et un gaz de FERMI de trous quasi-libres	143
6.4 - Faillite de la notion de trou pour les problèmes comportant une interaction électronique.	153

	Pages
<u>CHAPITRE VII</u> - LES REDRESSEURS A CRISTAL	157
7.1 - Généralités	157
7.2 - Contact Métal-Semiconducteur	161
7.3 - Le Redresseur p-n	169
7.4 - La Diode "TUNNEL"	190
<u>CHAPITRE VIII</u> - LES TRANSISTORS	195
8.1 - Généralités	195
8.2 - Transistor Filamentaire	196
8.3 - Le Transistor n-p-n	212
8.4 - Le Transistor à pointe	227
8.5 - Le Transistor Unipolaire	235
<u>ANNEXE I</u>	
APPLICATION DES TRANSITIONS MOLECULAIRES ET ATOMIQUES AUX OSCILLATIONS RADIOELECTRIQUES	A/1
A 1,1 - Rappels de Résultats quantiques	A/1
A 1,2 - Transitions aux Fréquences Radioélectriques	A/7
A 1,3 - Application des Transitions aux Oscillateurs	A/9
A 1,4 - Le Principe du Laser	A/13
A 1,5 - Les Différents Types de Maser	A/14
<u>ANNEXE II</u>	
CALCUL DES CARACTERISTIQUES DES REDRESSEURS	B/1
B 2,1 - Répartition de BOLTZMANN	B/1
B 2,2 - Théorie de la "diode"	B/2
B 2,3 - Théorie de la diffusion	B/5
B 2,4 - Répartition des concentrations dans une couche limite	B/8
<u>ANNEXE III</u>	
CAPACITE DES JONCTIONS p-n	C/1