

# TABLE DES MATIÈRES

## CHAPITRE 1. Conduction de l'électricité dans les milieux matériels

1.1	<i>Généralités</i> .....	1
1.1.1	Les deux types de lois physiques .....	1
1.1.2	Echelle de présentation des phénomènes .....	2
1.1.3	Mécanique adoptée .....	3
1.2	<i>Les différents types de conducteurs</i> .....	4
1.3	<i>Loi d'Ohm et ses différents aspects</i> .....	5
1.3.1	Nature tensorielle de la conductibilité $\sigma$ .....	5
1.3.2	Rappel de thermodynamique. Introduction du potentiel chimique .....	7
1.3.3	Phénomènes irréversibles et cadre obligatoire de $\sigma$ .....	11
1.3.4	Introduction des potentiels électrochimiques. Généralisation de la loi d'Ohm .....	13
1.3.5	Représentation microscopique de la loi d'Ohm .....	14
1.4	<i>Apport de la mécanique quantique</i> .....	17
1.4.1	Equation de Schrödinger .....	18
1.4.2	Equation relative aux électrons d'un ensemble .....	18
1.4.3	Théorie de Sommerfeld .....	19
1.4.3.1	Définition du modèle de Sommerfeld .....	20
1.4.3.2	Répartition énergétique des états quantiques .....	20
1.4.3.3	Répartition énergétique des électrons .....	25
1.4.3.3.1	Rôle de la probabilité d'occupation d'un état énergétique .....	25
1.4.3.3.2	La statistique de Fermi-Dirac .....	25
1.4.3.3.3	Rôle de l'énergie de Fermi $W_F$ .....	26
1.4.3.3.4	Le potentiel $\phi$ .....	28
1.4.3.3.5	Calcul de $W_F$ .....	30
1.4.3.3.6	Energie $\delta_F$ .....	34
1.4.4	Théorie de Brillouin .....	35
1.4.4.1	Définition du modèle de Brillouin .....	35
1.4.4.2	Existence des bandes d'énergies permises ou interdites .....	35
1.4.4.3	Zones de Brillouin .....	36
1.4.4.4	Masse efficace .....	40
1.4.5	Conducteurs. Isolants. Semiconducteurs .....	44
1.4.5.1	Modèle de Sommerfeld .....	44
1.4.5.2	Modèle de Brillouin .....	46
1.4.5.3	Notion de trous .....	50
1.4.5.4	Conductibilité électrique d'un semiconducteur .....	53
1.5	<i>Semiconducteurs</i> .....	54
1.5.1	Définition des semiconducteurs .....	54
1.5.2	Rôle des atomes d'impuretés .....	55

1.5.3	Expression des concentrations des différents porteurs .....	56
1.5.4	Détermination de $\bar{W}_p$ et des concentrations des porteurs dans un semiconducteur uniforme .....	58
1.5.5	Conductibilité électrique d'un semiconducteur uniforme .....	60
1.5.6	Densité de courant dû aux électrons dans un semiconducteur non uniforme .....	61
1.5.7	Densité de courant dû aux trous dans un semiconducteur non uniforme .....	62
1.5.8	Le potentiel $\psi$ .....	64
<b>CHAPITRE 2. Emissions électroniques</b>		
2.1	Différents mécanismes d'émission .....	67
2.2	Emission thermoélectronique .....	68
2.2.1	Principe du calcul .....	68
2.2.2	Théorie quantique (Sommerfeld). Formule de Dushman .....	70
2.2.3	Théorie classique. Formule de Richardson .....	72
2.2.4	Comparaison avec l'expérience .....	73
<b>CHAPITRE 3. Tubes à vide</b>		
3.1	Limitations du fonctionnement des tubes à vide .....	75
3.1.1	Caractère négatif de la charge de l'électron .....	76
3.1.2	Caractère discret de la charge de l'électron .....	76
3.1.3	Existence de la charge d'espace .....	77
3.2	Diodes à vide .....	77
3.2.1	Modèle plan de Langmuir .....	78
3.2.2	Diodes réelles .....	81
3.2.3	Détermination du point de fonctionnement .....	83
3.3	Triodes .....	84
3.3.1	Définition et conditions de fonctionnement .....	84
3.3.2	Présentation physique des phénomènes .....	85
3.3.3	Caractéristiques des triodes .....	87
3.3.4	Propriétés amplificatrices des triodes .....	92
3.3.4.1	Présentation physique .....	92
3.3.4.2	Lois des petites variations .....	95
3.3.4.3	Schéma équivalent pour les petites variations .....	94
3.3.4.4	Calcul de l'amplification .....	96
3.3.4.5	Puissances mises en jeu .....	99
3.3.4.6	Cas des hautes fréquences .....	100
3.4	Tétrapodes et pentodes .....	101
3.4.1	L'invention de la tétrode, ses propriétés prévues .....	101
3.4.2	L'émission secondaire .....	103
3.4.3	Fonctionnement des tétrapodes .....	104
3.4.4	Fonctionnement des pentodes .....	105
<b>CHAPITRE 4. Dispositifs à semiconducteur</b>		
4.1	Jonction p-n .....	107
4.2	Etude d'une jonction non polarisée .....	107
4.3	Les équations de base régissant les semiconducteurs hors d'équilibre .....	112
4.3.1	Les densités de courant .....	112
4.3.2	L'équation de continuité. Durée de vie des porteurs minoritaires .....	112

4.4	<i>Jonction polarisée par une tension continue</i> .....	116
4.4.1	Présentation des phénomènes .....	116
4.4.2	Etude de la zone de transition .....	116
4.4.3	Etude des porteurs minoritaires à l'extérieur de la zone de transition .....	119
4.4.4	Détermination de la densité de courant totale .....	122
4.4.5	Nouvelle définition de la zone de transition .....	124
4.4.6	Diode à jonction .....	126
4.5	<i>Jonction p-n polarisée par une tension variable</i> .....	128
4.5.1	Bases de l'étude .....	128
4.5.2	Etude de la zone de transition .....	129
4.5.3	Etude de l'extérieur de la zone de transition .....	129
4.5.4	Densité totale de courant .....	131
4.5.5	Diode à jonction p-n .....	133
4.6	<i>Transistor à jonctions polarisées par des tensions continues</i> .....	134
4.6.1	Définition d'un transistor à jonctions .....	134
4.6.2	Présentation du fonctionnement du transistor .....	135
4.6.3	Fonctionnement d'un amplificateur à transistor .....	137
4.6.4	Caractéristiques des transistors .....	139
4.6.4.1	Caractéristiques expérimentales .....	139
4.6.4.2	Détermination du point de fonctionnement .....	141
4.6.4.3	Les paramètres $h$ définissant les petites variations .....	142
4.6.4.4	Les paramètres $\alpha$ .....	145
4.6.5	Etude théorique simplifiée du transistor .....	146
4.6.5.1	Phénomènes dans la base .....	147
4.6.5.2	Caractéristiques du transistor .....	147
4.6.5.3	Détermination des paramètres $h$ .....	149
4.6.5.4	Validité du modèle .....	150
4.6.6	Effet Early .....	151
4.7	<i>Transistor dont les jonctions sont polarisées par des tensions variables</i> .....	151
4.7.1	Etude d'un montage fonctionnant aux très basses fréquences .....	151
4.7.2	Evolution des propriétés expérimentales du transistor quand la fréquence augmente .....	154
4.7.3	Etude théorique d'un modèle de transistor .....	155
4.7.3.1	Phénomène dans la base .....	155
4.7.3.2	Caractéristiques du transistor .....	156
4.7.3.3	Comparaison des fréquences de coupures des trois montages e.c., b.c. et c.c. ....	158
<b>CHAPITRE 5. Fonction de l'électronique</b> .....		159
5.1	<i>Amplification</i> .....	159
5.1.1	Amplificateur à triode (k.c.) à liaison résistance-capacité .....	159
5.1.1.1	Polarisation automatique de la cathode .....	160
5.1.1.2	Liaison résistance-capacité .....	162
5.1.1.3	Circuit-plaque .....	164
5.1.1.4	Notion de masse .....	166
5.1.1.5	Etude complète d'un étage d'amplificateur. Fréquences de coupures .....	166
5.1.2	Amplificateurs à transistors .....	172
5.1.2.1	Polarisations .....	172
5.1.2.2	Les différents montages (b.c., c.c., e.c.) .....	175
5.1.2.3	Calcul complet d'un montage émetteur commun .....	176
5.1.3	Amplificateurs à réaction .....	179

5.1.3.1	Présentation générale	179
5.1.3.2	Cas où l'intensité du courant d'entrée est nulle	180
5.1.3.3	Cas général	184
5.1.4	Structure générale d'un amplificateur	184
5.2	Oscillations	185
5.2.1	Oscillateurs à lampe à c.c.	185
5.2.2	Oscillateurs à transistor à c.c.	189
5.2.3	Conditions d'oscillations	189
5.3	Commutation	190
5.3.1	Propriétés d'un circuit à résistance-capacité	191
5.3.2	Propriétés d'un circuit comprenant une diode à jonction	191
5.3.3	Propriétés d'un circuit comprenant un transistor à jonctions	194
5.3.4	Montages divers	196
<b>Index</b>		197