

République Algérienne Démocratique et Populaire

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique**

CENTRE UNIVERSITAIRE D'EL-OUED

INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : Sciences Technologiques

Filière : Electronique

Spécialité : Télécommunications

Présenté par : ***SOLTANI M^{ed} Larbi**

***NICEB Mohammed**

Thème

Les Diodes et les Télécommunications

Soutenu le 26 Septembre 2010

Devant le jury composé de :

M. RHOUMA Ferhat
M. CHEMSA Ali
M. MEHELLOU Saïd

Pr
M.A.C.C
M.A

Président
Examineur
Rapporteur

Table des matières

Remerciements	I
Table des matières	II
Liste des tableaux	V
Liste des figures	V
Résumé	VI
Introduction générale	01

Chapitre I : Les Semi-conducteurs

I.1. Introduction	02
I.2. Définition des semi-conducteur	02
I.3. Types de semi-conducteur	02
I.3.1. Semi-conducteurs intrinsèque	02
I.3.2. Semi-conducteurs extrinsèque	02
I.3.2.1. Dopage d'un Semi-conducteur	03
I.3.2.2. Semi-conducteur extrinsèque, type N	03
I.3.2.3. Semi-conducteur extrinsèque, type P	04
I.3.2.4. Avantage des semi-conducteur dopé	05
I.4. la conduction des semi-conducteurs	06
I.4.1. Les semi-conducteurs au (0°)	06
I.4.2. Les semi-conducteurs au dessus de (0^0)	07
I.4.3. Comparaison entre le Silicium et le Germanium	07
I.4.4. Conduction due aux électron	07
I.4.5 Conduction due aux trous	08
I.4.6 Phénomène de génération - recombinaison	08
I.5. Conclusion	08

Chapitre II : La diode à jonction PN

II.1. Introduction	09
II.2. Définition de la jonction PN	09
II.3. La diode non polarisée	09
II.3.1. Zone de charge d'espace(zone de déplétion)	10
II.3.2. Barrière de potentiel	10
II.4. Polarisation d'une diode	12

II.4.1. Polarisation directe	12
II.4.2. Polarisation inverse	13
II.4.2.1. Elargissement de la ZCE	13
II.4.2.2. Tension de rupture(claquage)	14
II.5. Caractéristiques d'une diode	14
II.5.1. Caractéristiques directe	15
II.5.1.1. La tension de coude	15
II.5.1.2. La résistance de la diode (directe)	16
II.5.1.3. Courant max (directe)	16
II.5.2. Caractéristique inverse	16
II.5.2.1. Résistance de la diode (inverse)	17
II.5.2.2. Capacité de transition	17
II.5.2.3. Tension de claquage	17
II.6. Conclusion	17

Chapitre III :Les Différents types de diode

III.1. Introduction	18
III.2. La jonction PN	18
III.3 Les diodes Zener	18
II.3.1. Définition	18
II.3.2. Caractéristiques d'une diode Zener	19
II.3.3. Applications d'une diode Zener.....	19
III.4. Les diodes Schottky	20
III.4.1. Définition	20
III.4.2. Caractéristiques d'une diode Schottky	20
III.4.3. Applications d'une diode Schottky	20
III.5. Les diodes Laser	20
III.5.1. Définition	20
III.5.2. Applications d'une diode Laser	21
III.6. La diode Varicap	21
III.6.1. Définition	21
III.6.2. Fonctionnement	21
III.6.3. Applications d'une diode varicap	22
III.7. Les diodes LED	22
III.7.1. Définition	22

III.7.2. Applications d'une diode LED	22
III.8. Les diodes à Effet Tunnel	23
III.8.1. Définition	23
III.8.2. Applications d'une diode à effet tunnel	23
III.9. Conclusion	23

Chapitre IV : La Démodulation d'amplitude

III.1. Introduction	24
IV.2. Raisons de la démodulation	24
IV.3. Définition de la démodulation	24
IV.4. Démodulation d'amplitude (AM)	24
IV.4.1. Démodulation par détecteur d'enveloppe	24
• Le constante de temps requise	25
IV.4.2. Démodulation cohérente ou synchronisée	26
IV.5. Détection de la démodulation d'amplitude	27
IV.5.1. Détecteur à diode	27
IV.5.1.1. Schéma bloc	27
IV.5.1.2. Schéma électrique	28
IV.5.1.3. Chronogramme	28
IV.5.1.4 Circuit de simulation	29
IV.6. Conclusion	30
Conclusion générale	31
Bibliographies	

Liste des tableaux

Tab. I-1	Semi-conducteurs et dopeurs	03
Tab. I-2	Comparaison entre le Si et le Ge	07

Liste des figures

Fig. I-1	Exemple de semi-conducteur de type N	03
Fig. I-2	Exemple de semi-conducteur de type P	05
Fig. I-3	dopage 2 type de semi-conducteur	05
Fig. I-4	Situation électrique d'in semi-conducteur à la température absolu	06
Fig. II.1	diode de la jonction PN	09
Fig. II-2	Zone de charge d'espace(zone de déplétion)	10
Fig. II-3	Barrière de potentiel	11
Fig. II-4	Sens des courants	11
Fig. II-5	Symbole normalisé de diode	12
Fig. II-6	Polarisation directe de diode	12
Fig. II-7	Symbole normalisé de diode	13
Fig. II-8	Polarisation inverse de diode	13
Fig. II-9	Caractéristiques d'une diodes	14
Fig. II-10	Caractéristique de diode polarisation directe	15
Fig. III-1	Symbole de la diode Zener	19
Fig. III-2	Caractéristique de diode Zener	19
Fig. III-3	Symbole de la diode Schottky	20
Fig. III-4	Symbole de la diode laser	21
Fig. III-5	Symbole de la diode varicap	21
Fig. III-6	Symbole de la diode LED	22
Fig. III-7	Symbole de la diode Effet Tunnel	23
Fig. IV-1	Schéma d'un détecteur d'enveloppe	25
Fig. IV-2	Décharge du condensateur suivant la constante de temps τ	25
Fig. IV-3	Schéma de à la détection synchrone.....	26
Fig. IV-4	Schéma bloc du détecteur à diode.....	27
Fig. IV-5	Schéma électrique du détecteur à diode.....	28
Fig. IV-6	Circuit de simulation	29
Fig. IV-7	Visualisation du signal détecté	30

REMERCIEMENTS

Nous tenons vraiment a remercié :

- *En premier le dieu tout puissant qui nous a donné la foie et la patience de parvenir à finir se travail.*
- *Notre promoteur **Mr.MEHELLOU SAID**, enseignant de centre universitaire d'E-loued. Nous lui exprimant notre gratitude pour sa grande disponibilité ainsi que pour sa compréhension et les encouragement qu'il nous a apporté..*
- *Tout les professeurs du primaire jusqu'à l'université a qui sans eux on n'aurai pas fais toutes cette formation.*

Nombreuses sont les personnes qui m'ont aidé durant l'acquisition des données et la préparation de ce travail, mais je voudrais adresser mes remerciements plus particulièrement à :

- **T. LATRACHE**
- **Y. FGUER**
- **T.MAIOUA**
- **R.HAMMNI**

En fin, nous remercions vivement notre famille pour l'aide matérielle et morale durant la période de préparation.

Pour tous ceux qui ont apporté leur aide de prés ou de loin à la réalisation de ce document, je dis merci.

Introduction générale

Les composants électroniques tels que la diode, le transistor, le circuit intégré ...etc. sont les éléments fondamentaux pour fabriquer les circuits électroniques. Pour ce là on a fait l'étude dans ce mémoire de l'un de ces composants qui est la diode et son utilisation dans le domaine des télécommunications, qui est la démodulation AM. Donc la question posée est : Comment réaliser un circuit à diode qui assure la technique de démodulation AM ?

L'opération d'émettre le signal haute fréquence (HF) portant le signal message basse fréquence (BF) s'appelle le technique de modulation analogique, la variation d'amplitude du signal porteuse avec la forme du signal message s'appelle la modulation AM. Le circuit démodulateur AM a pour objectif de récupérer le signal message.

Ce mémoire contient quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacrer à l'étude des semi-conducteurs ;
- Le deuxième chapitre est consacrer à l'étude des diodes ;
- Le troisième chapitre est consacrer à l'étude des différents types de diodes ;
- Le quatrième chapitre est consacrer à l'étude d' un exemple d'application (la démodulation AM).

Les semi-conducteurs

I.1 Introduction

Cette section, essentiellement descriptive, a pour objet de donner des modèles simples de semi-conducteurs intrinsèques et extrinsèques de type N ou de type P.

La connaissance de ces modèles permet, par la suite, de rendre compte du comportement des dispositifs à semi-conducteurs tels que les diodes, les transistors bipolaires, transistors à effet de champ, etc. [1]

I.2 Définition des semi-conducteurs

Un semi-conducteur est un matériau se situant entre le conducteur et l'isolant. Un semi-conducteur à l'état pur (intrinsèque) n'est pas un bon conducteur ni un bon isolant. L'élément le plus utilisé des semi-conducteurs est le silicium. Des éléments composés tel l'arséniure de gallium sont aussi couramment utilisés. Les semi-conducteurs à élément unique se caractérisent par des atomes à quatre électrons de valence. [1]

I.3 Types de semi-conducteur

I.3.1 Semi-conducteurs intrinsèque

Les atomes des semi-conducteurs tels que le Germanium, le Silicium, ... possèdent 4 e⁻ sur leur couche périphérique. On peut les produire avec un haut degré de pureté : moins d'un atome étranger pour 10¹¹ atomes de semi-conducteur.

- Ils sont isolants à 0° K et faiblement conducteurs à 300° K.
- Leur conductivité augmente avec la température T (augmentation du nombre d'électrons libres).

I.3.2 Semi-conducteurs extrinsèque

Dans un matériau pur, on introduit des impuretés par dopage. Pour que celui-ci soit contrôlable, il faut que le degré de pureté initial global soit supérieur au taux du dopage. Les taux de dopage utilisés sont de l'ordre de 10⁻⁸ à 10⁻¹¹. Une mole de silicium (28 g) correspond à 6,023.10²³ atomes et la densité du silicium est voisine de 7 : 1 cm³ de silicium contient donc environ 1,5.10²³ atomes. Avec un taux de dopage de l'ordre 10⁻¹⁰, il y a environ 1,5.10¹³ atomes d'impureté par cm³.

I.3.2.1 Dopage d'un Semi-conducteur

a) Définition du dopage

Les conductibilités du silicium et du germanium peuvent être augmentées de façon drastique et contrôlée par l'addition d'impuretés dans le semi-conducteur intrinsèque. Ce procédé, appelé dopage, augmente le nombre de porteurs de courant (électrons et trous). Les deux catégories d'impuretés sont N et le type P. [2]

b) Dopeurs

Les dopeurs sont les éléments de la colonne III B et de la colonne V B de la classification périodique des éléments (Tableau I.1). [2]

Tableau I.1: Semi-conducteurs et dopeurs

III B	IV B	V B
B (bore)	C (Carbone)	N (Azotes)
Al (Aluminium)	Si (Silicium)	P (Phosphor)
Ga (Gallium)	Ge (Germanium)	As (Arsenic)
In (Indium)		Sb (Antimoine)

La quantité de dopeur introduite est très faible : généralement, elle est de l'ordre d'un atome de dopeur pour un million d'atomes de Semi-conducteur.

L'atome du dopeur s'intègre dans le cristal du Semi-conducteur sans perturber la répartition des atomes parce que son volume propre n'est pas très différent de ceux des atomes de germanium ou de silicium.

Après dopage, la conductibilité est essentiellement due à la présence du dopeur : la conductibilité est extrinsèque.

I.3.2.2 Semi-conducteur extrinsèque, type N

Les impuretés introduites sont des atomes possédant 5 électrons de valence (5 électrons sur la dernière orbite). Parmi les matériaux qui répondent à ce besoin on trouve : Le phosphore P, l'arsenic As, l'antimoine Sb.

Ces atomes peuvent s'intégrer de façon parfaite dans la structure du silicium.

L'un de ces atomes pentavalents ne peut se lier à un atome de silicium que par quatre (4) électrons, le cinquième reste donc libre. Un bon dosage des impuretés permet d'arriver au nombre d'électrons libres nécessaires pour assurer ainsi la conductivité souhaitée. Le semi-conducteur ainsi obtenu est du type N. [1]

Exemple (semi-conducteur de type N) :

Dopage du silicium par l'antimoine :

Le silicium avec (4) électrons et l'antimoine avec (5) électrons dans la bande valence. [1]

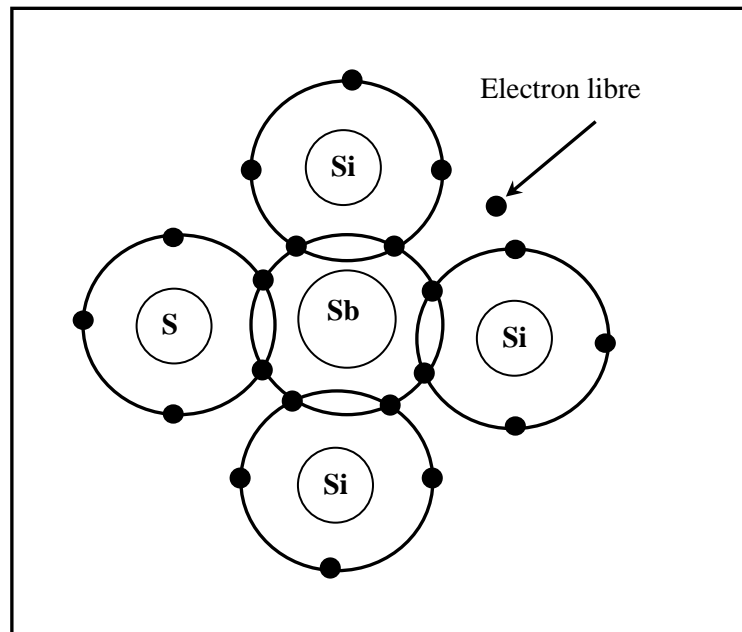


Figure I.1 : Exemple de semi-conducteur de type N.

I.3.2.3 Semi-conducteur extrinsèque, type P

Les impuretés dopantes qu'on injecte cette fois-ci à travers la structure du silicium sont trivalentes (trois électrons périphériques) : le Bore (B), Gallium (Ga), l'Indium (In).

La liaison de ces atomes trivalents à un atome de silicium est effectuée par trois (3) électrons. Le quatrième électron de valence du silicium se retrouve seul. On dit qu'on est en présence d'un trou.

A la température ambiante certains électrons du cristal de silicium se libèrent et viennent combler ce trou, qui va se retrouver ailleurs qu'à l'emplacement de départ. On assure ainsi une conduction par trous mobiles. On obtient dans ce cas un semi-conducteur de type P. [1]

Exemple (semi-conducteur de type P) :

Dopage du silicium par le Bore :

Le silicium avec (4) électrons et le Bore avec (3) électrons dans la bande valence. [1]

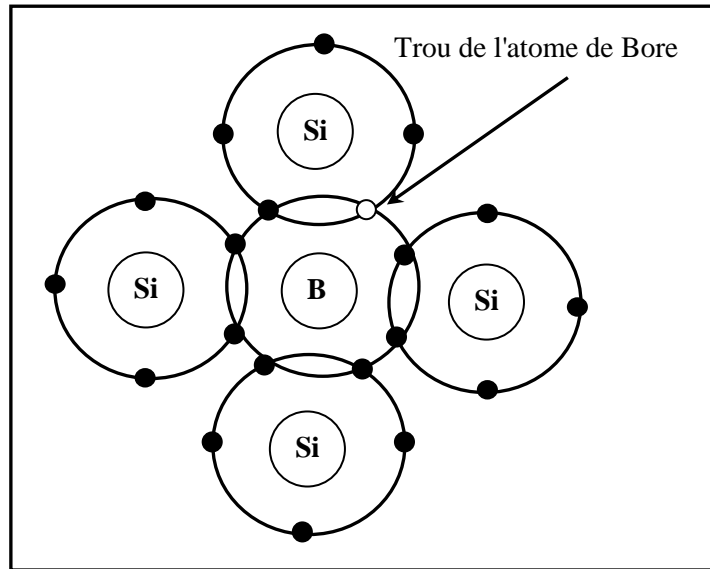


Figure I.2 : Exemple de semi-conducteur de type P.

I.3.2.4 Avantages des semi-conducteurs dopés

Comme les niveaux énergétiques des éléments dopants se situent entre les bandes de valence et de conduction du silicium, le nombre des transitions d'électrons est bien plus important que dans les semi-conducteurs intrinsèques. Donc, la conductivité électrique des semi-conducteurs est supérieure à celle des semi-conducteurs intrinsèques.

Mais l'énorme avantage du dopage consiste en ce que l'on dispose maintenant de 2 types de semi-conducteurs différents, l'un conduisant le courant électrique par sauts d'électrons (charges négatives), l'autre par sauts de trous (assimilables à des charges positives).

Lorsque nous appliquons une source électrique aux 2 types de semi-conducteurs, la migration des porteurs de charges (électrons ou trous) se fait en sens inverse :

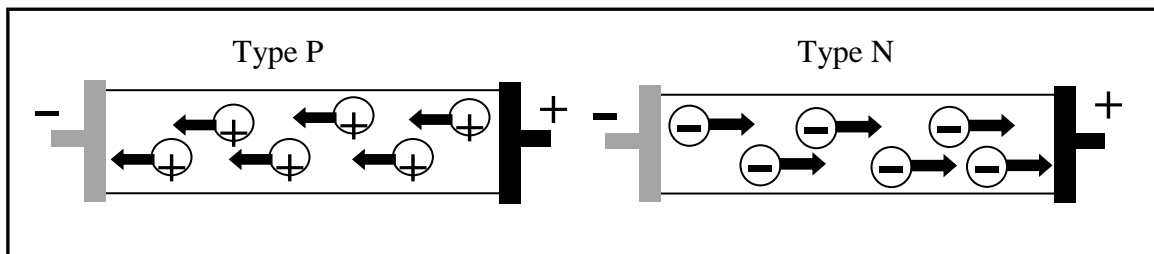


Figure I.3 : Circulation des porteurs de charges dans les deux types de semi-conducteurs.

C'est en effet l'association des deux types de semi-conducteurs qui permet la réalisation des applications qui sont à la base de l'électronique moderne : la diode et le transistor !

I.4. la conduction dans les semi-conducteurs

La façon par laquelle un matériau conduit le courant électrique est importante dans la compréhension du fonctionnement des composants électroniques. On ne peut réellement saisir le fonctionnement d'un composant tel qu'une diode ou un transistor sans la connaissance de quelques notions de base du phénomène de circulation du courant. Dans cette section, on verra comment la conduction se produit dans un matériau semi-conducteur.

Les électrons d'un atome peuvent exister seulement sur des bandes d'énergie spécifiques. Chaque couche autour du noyau correspond à une certaine bande d'énergie et est séparée des couches adjacentes par un écart énergétique dans lequel aucun électron ne peut exister. Ceci est démontré pour un atome de silicium non excité (aucune énergie externe, comme la chaleur). Cette condition se produit exclusivement à la température absolue de 0°K.

I.4.1 Les semi-conducteurs au (0°)

Les semi-conducteurs ne présentent aucun électron libre à la température absolue. Ceci indique qu'il ne peut s'établir aucune conduction à travers ce matériau intrinsèque à cette température.

Lorsqu'on présente cela sur le plan énergétique, on constate que:

- la bande de valence est saturée.
- la bande de conduction est vide.

Au zéro absolu, un semi-conducteur est un isolant parfait.

Lorsqu'on chauffe ou lorsqu'on éclaire les matériaux semi-conducteurs, on casse des liaisons et on libère ainsi des électrons.

Ainsi par exemple à la température ambiante (environ 27°C ou 300 ° K), l'énergie cinétique des électrons est beaucoup plus grande qu'au zéro absolu. [2]

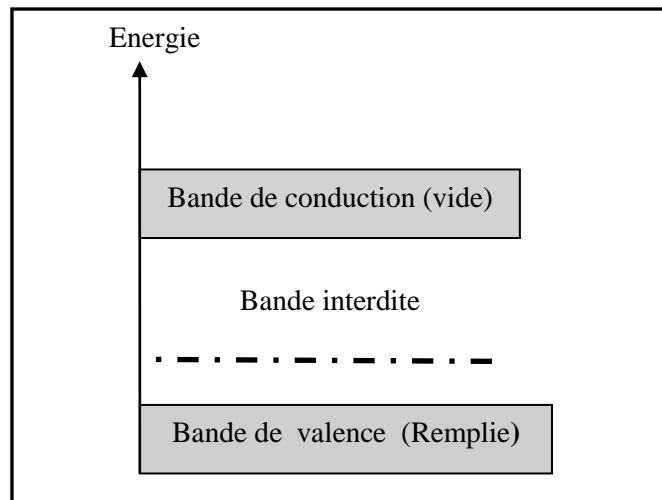


Figure I.4 : Situation électrique d'un semi-conducteur à la température absolue.

I.4.2 Les semi-conducteurs au dessus de (0⁰)

A la température ambiante, l'agitation thermique provoque la rupture de quelques liaisons covalentes.

- L'e⁻ participant à ces liaisons acquiert l'énergie nécessaire pour quitter l'atome auquel il était lié il devient porteur de charge libre, autorisant la circulation d'un courant électrique.
- le cristal semi-conducteur est alors un mauvais isolant.

L'atome de Si qui a perdu un e⁻ n'est plus neutre, donc il est alors devenu ion +.

I.4.3 Comparaison entre le Silicium et le Germanium

Notez que le silicium et le germanium ont en commun la même caractéristique : quatre électrons de valence.

Les électrons de valence du germanium se situent dans la quatrième couche tandis que ceux du silicium sont dans la troisième couche, plus près du noyau. Cela signifie que les électrons de valence du germanium sont à des niveaux d'énergie supérieurs à ceux du silicium. Par conséquent, ils demandent une plus petite quantité d'énergie additionnelle pour quitter leur orbite, c'est la raison principale pour laquelle le silicium est le matériau semi-conducteur le plus utilisé. [2]

Tableau I.2 : Comparaison des caractéristiques du Si et du Ge.

Propriété à 300°K		Si	Ge
Largeur de bande interdite E _g (ev)		1,12	0,67
Concentration d'atomes (/cm ³)		5. 10 ²²	4,42.10 ²²
Concentration intrinsèque (/cm ³)		1,45. 10 ¹⁰	2,4. 10 ¹³
Mobilités intrinsèques (cm ² /V.s)	μ _n	1350	3900
	μ _p	480	1900
Constantes diélectriques relatives ε _r		11,7	16,3
Champ de claquage V/m		-30. 10 ⁶	-8. 10 ⁶

I.4.4 Conduction due aux électrons

Un cristal de silicium intrinsèque (pur) à la température ambiante tire de l'énergie thermique de l'air environnant. Quelques électrons de valence absorbent alors l'énergie suffisante pour traverser l'écart entre la bande de valence et la bande de conduction, devenant ainsi des électrons libres, non liés à aucun atome.

Les électrons libres sont aussi appelés électrons de conduction.

I.4.5 Conduction due aux trous

Lorsqu'un électron bondit vers la bande conduction, un espace vacant est laissé dans la bande de valence. Cet espace vacant est nommé trou. Pour chaque électron élevé par une énergie externe vers la bande de conduction, un trou est laissé dans la bande de valence, créant une paire électron-trou.

I.4.6 Phénomène de génération - recombinaison

Si on considère un semi conducteur à l'équilibre thermique, il se produit en permanence un processus de génération de paires électron-trou par agitation thermique.

Cependant il existe aussi le processus inverse qui voit un électron se recombiner avec un trou c'est la recombinaison.

Dans un semi-conducteur à l'équilibre les deux processus s'équilibrent de façon à ce que la concentration en porteurs libres reste constante.

On peut montrer que si l'on injecte des porteurs minoritaires dans un matériau le taux de recombinaison de ces porteurs minoritaires est proportionnel à l'excès de concentration de ces porteurs minoritaires.

I.5. Conclusion

A partir de l'étude précédente, nous concluons que le semi-conducteur (Si, Ge, C ... etc.) est un matériau contenant quatre électrons de valence (dans l'orbite finale). Il ne conduit pas à l'état pur (intrinsèque). Et pour améliorer cette caractéristique on utilise le dopage avec d'autres matériaux, pour augmenter le nombre de porteurs.

Il y a deux types de dopage, avec des matériaux de la colonne cinq du tableau périodique des éléments et on obtient des semi-conducteurs du type N (augmentation des électrons), et avec des matériaux de la colonne trois et on obtient des semi-conducteurs du type P (augmentation des trous). Ces deux types sont appelés semi-conducteurs extrinsèques. Dans la fabrication de composants électroniques (diode, transistor, circuit intégré...etc.), le Silicium est le semi-conducteur plus utilisé.

La diode à jonction PN

II.1 Introduction

La diode à jonction PN est un composant électronique extrêmement utile et répandu, principalement parce qu'il peut redresser une tension. En effet, la diode à jonction conduit un courant appréciable (de l'ordre du mA) lorsqu'une tension supérieure à quelques dixièmes de volts est appliquée entre son anode et sa cathode. Par contre, elle ne conduit qu'un courant négligeable (de l'ordre du μA) si la tension appliquée est de signe opposé. Cette propriété peut être exploitée pour redresser une tension alternative de moyenne nulle, c'est-à-dire la transformer pour obtenir une tension dont la valeur moyenne est non nulle.

II.2. Définition de la jonction PN

La mise en contact d'un semi-conducteur dopé N et d'un semi-conducteur dopé P permet d'obtenir ce que l'on appelle une jonction PN (figure 1). La transition de la zone N se fait brutalement, la différence de concentration entre les porteurs des régions P et N va provoquer la circulation d'un courant de diffusion. Les trous de la région P vont diffuser vers la région N laissant derrière eux des atomes ionisés, qui constituent autant de charges négatives fixes. Les e^- de la région N vont diffuser vers la région P laissant derrière eux des atomes ionisés, qui constituent autant de charges positives fixes.

Il apparaît aussi au niveau de la jonction une zone contenant des charges fixes positives et négatives. [2]

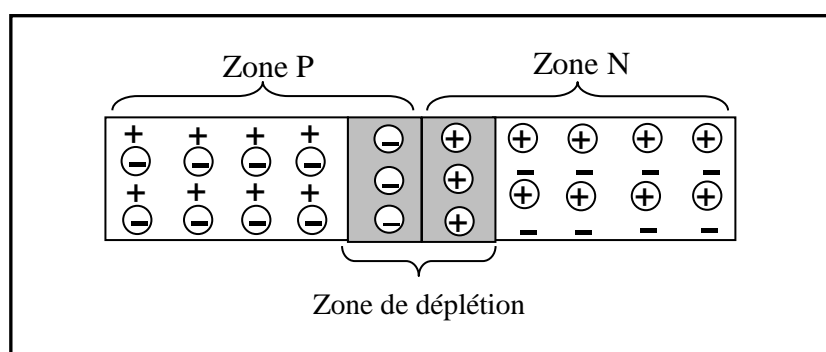


Figure II.1: diode à jonction PN.

II.3. La diode non polarisée

Une jonction est constituée par la réunion de deux barreaux de semi-conducteurs dopés P et N (jonction P-N). Les connexions avec le milieu extérieur sont réalisées par des contacts métalliques. Par construction, les jonctions entre métal et semi-conducteur sont purement ohmiques (non redresseuses).

En pratique, on part d'une plaque de silicium dopée N sur laquelle on crée en général par

diffusion une zone dopée P.

On sait donner à la zone de séparation entre les deux matériaux nommée zone de transition, une épaisseur très faible (typiquement 0,5 μm). Dans cette zone, les taux de dopages et donc le nombre de porteurs libres varient avec la distance.

II.3.1. Zone de charge d'espace (zone de déplétion)

La recombinaison des porteurs libres laisse alors apparaitre deux régions chargées de signes contraires : des cations de la région N, des anions de la région P. Cette région est appelée zone de charge d'espace (ZCE).

Du fait du déséquilibre de charges, un champ électrique apparait dans la ZCE. Il crée un mouvement de charges opposé au mouvement de diffusion. La ZCE est le siège de deux courants égaux et opposés :

- Un courant de diffusion I_d concernant de chaque côté les porteurs majoritaires.
- Un courant de conduction (ou de saturation) I_d concernant les porteurs minoritaires par le champ E (figure II.2). [2]

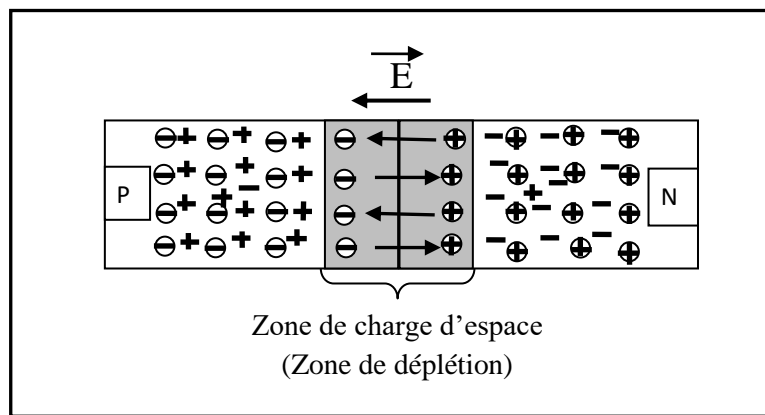


Figure II.2 : Zone de charge d'espace (zone de déplétion).

II.3.2. Barrière de potentiel

La diffusion de trous et d'électrons de part et d'autre de la jonction engendre des atomes ionisés négativement dans la région P et positivement dans la région N.

Cet ensemble d'atomes ionisés autour de la jonction est appelé barrière de potentiel.

La barrière de potentiel donne naissance à un champ électrique interne E_{in} dirigé de la région N vers la région P.

Ce champ électrique tend à limiter la diffusion des porteurs de charges majoritaires et de favoriser la diffusion des porteurs minoritaires (des électrons dans la région P et des trous dans la région N). [2]

Expression et ordre de grandeur de la barrière de potentiel:

$$V_o = \frac{KT}{q} \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2} \tag{II.1}$$

Avec :

K : (constante de Boltzmann) = $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$.

q : (charge d'un électron) = $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

T : température en Kelvin.

N_A : concentration en atome accepteur.

N_D : concentration en atome donneur.

n_i : concentration en paire électron-trou intrinsèque.

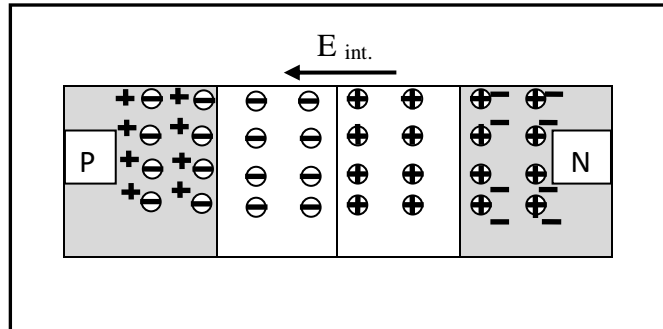


Figure II.3: Barrière de potentiel.

Remarque : La formation de la barrière de potentiel se produit au cours de la fabrication. [2]

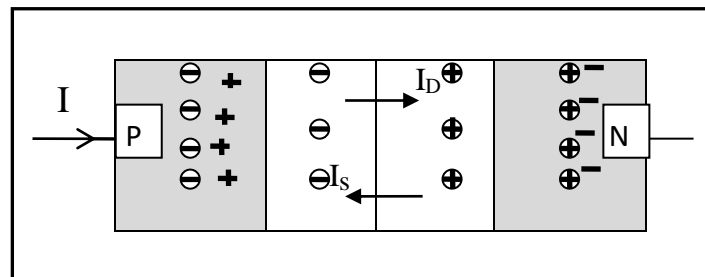


Figure II.4: Sens des courants.

Il y a donc un va et vient permanent de porteurs et nous pouvons dire que la jonction est constamment traversée par des courants de sens opposés mais de même valeur absolue I_0 :

- Le courant de diffusion dû aux porteurs majoritaires est :

$$I_D = I_0 \tag{II.2}$$

Le courant de saturation dû aux porteurs majoritaires est :

$$I_S = - I_0 \tag{II.3}$$

A l'état d'équilibre les courants générés par la diffusion des porteurs de charges majoritaires et minoritaires s'annulent :

$$I = I_D + I_S = 0 \tag{II.4}$$

II.4. Polarisation d'une diode

Aucun courant électrique ne circule vers la jonction PN en équilibre et il n'y a aucun courant à travers la jonction PN, puisque le déplacement des charges est le courant électrique. Électriquement, le terme polarisation fait référence à l'utilisation d'une source de tension pour établir certaines conditions d'opération pour un composant électronique. Pour une jonction PN, il existe deux polarisations possibles : directe et inverse. Les deux polarisations sont réalisées en branchant la jonction PN à une source de tension suffisante et d'une polarité adéquate. [3]

II.4.1. Polarisation directe

Si on applique à une jonction PN une différence de potentiel (d.d.p.) V de telle manière que :

- La borne de la région P est reliée à la borne + du générateur
- La borne de la région N à la borne – du générateur.

La source de tension V crée un champ électrique E externe qui s'oppose au champ interne E_{in} .

Quand la source de tension atteint un seuil (0.3 v pour le germanium et 0.7 v pour le silicium) le champ externe devient plus grand que le champ électrique interne, ce qui entraîne la diminution de la barrière de potentiel et l'accroissement de la diffusion des porteurs de charges majoritaires. [1]

Remarque : la barrière de potentiel due à la jonction est soumise à un champ

$$E = |E - E_{in}| \tag{II.5}$$

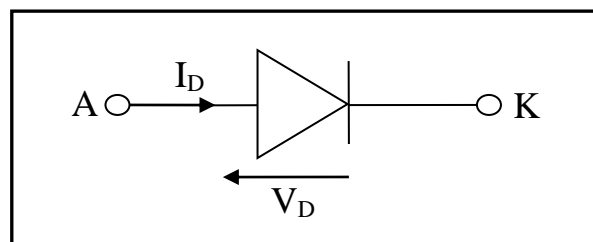


Figure II.5: Symbole normalisé de la diode (polarisation directe).

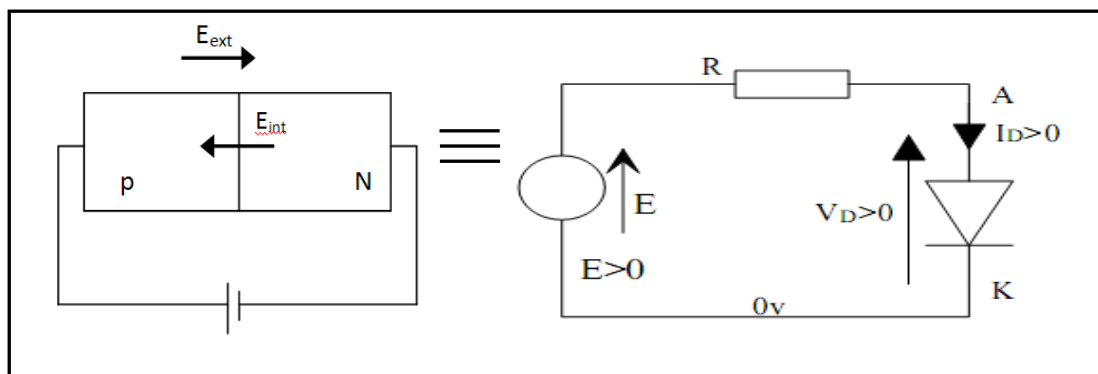


Figure II.6: Polarisation directe de la diode.

II.4.2. Polarisation inverse

La polarisation inverse (ou en sens bloquant) consiste à appliquer une différence de potentiel à la jonction de telle sorte que le côté N est porté à un potentiel plus positif que le côté P.

Par comparaison avec une jonction non polarisée plus, cette situation a tendance à écarter les porteurs majoritaires de la jonction. En conséquence, la zone de charge d'espace s'agrandit et la barrière de potentiel s'opposant au courant augmente encore. Le pouvoir de blocage de la diode est renforcé par une polarisation négative. [1]

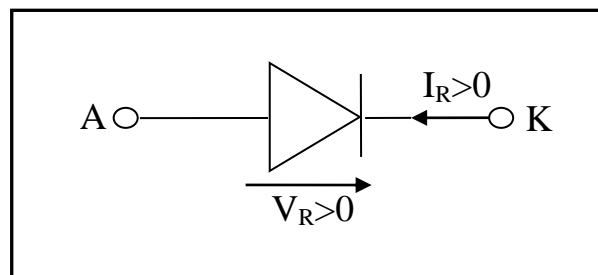


Figure II.7 : Symbole normalisé de la diode (polarisation inverse).

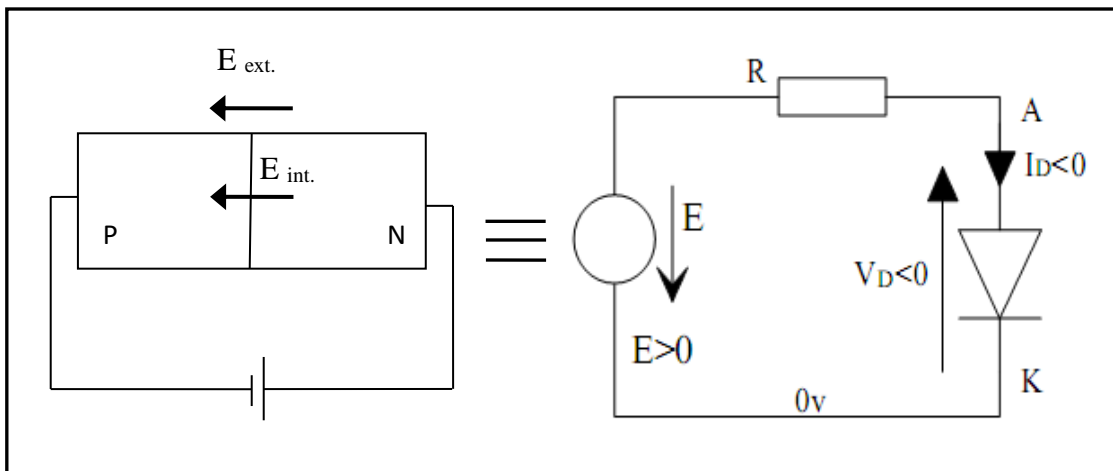


Figure II.8 : Polarisation inverse de la diode

II.4.2.1. Elargissement de la ZCE

La source de tension de polarisation inverse crée un champ électrique E externe qui s'ajoute au champ E interne. Ces deux champs ont tendance à écarter les porteurs majoritaires de la jonction. En conséquence, la zone de charge d'espace s'agrandit et la barrière de potentiel s'opposant au courant augmente encore. Si on augmente la tension inverse, E externe augmente et la largeur de la zone de charge d'espace augmente jusqu'à atteindre une valeur maximale au delà de laquelle il ya claquage de la jonction, la tension inverse correspondante est appelée tension inverse de claquage.[3]

II.4.2.2. Tension de rupture (claquage)

La tension de claquage (ou tension disruptive) d'un isolant électrique est la tension électrique minimale qui rend conductrice une portion d'un isolant. La tension de claquage d'une diode est la tension électrique inverse qui rend une diode conductrice dans le sens bloquant. [3]

II.5. Caractéristiques d'une diode

La caractéristique théorique de la diode (polarisé en directe ou en inverse) peut être approchée par une seule équation :

$$I_D = I_S [\text{EXP}(V_D/V_t) - 1] \quad (\text{II.6})$$

Avec :

I_S : courant de saturation de la jonction PN.

$V_t = \frac{KT}{q} = 26 \text{ mV}$ à 300° k.

q : la charge électrique.

T : la température en °k.

K : constante de Boltzmann.

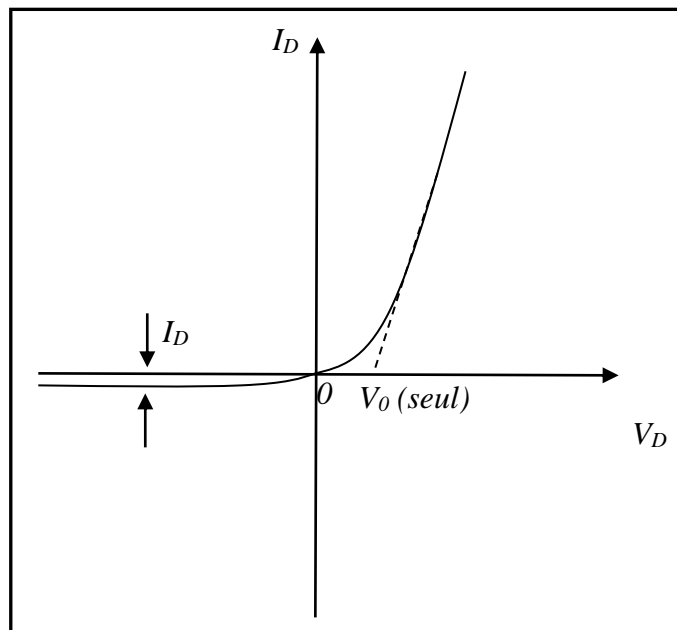


Figure II.9 : Caractéristiques d'une diode.

En polarisation directe, la courbe de la caractéristique d'une diode réelle comprend deux parties :

- Entre 0V et V_0 : près du zéro E externe est très inférieur à E interne qui s'oppose aux porteurs majoritaires (il n'y a donc pas de circulation de courant). Près de V_0 E

externe devient très proche de E interne (quelques porteurs majoritaires peuvent traverser la ZCE et un faible courant commence à circuler).

- A partir de V_0 E externe devient supérieur à E interne (à ce moment où la barrière de potentiel est quasiment contrée par le champ extérieur, les porteurs majoritaires peuvent passer et le courant augmente brutalement). [1]

II.5.1. Caractéristique directe

En dessous du seuil V_0 le courant est très faible. Au-delà, on montre que le courant de la diode est lié au courant de saturation par :

$$I_D = I_{SAT} \left[\text{EXP} \left(\frac{V_D}{V_t} \right) - 1 \right]$$

Toujours: $V_t = \frac{kT}{q} = 26 \text{ mV}$ à 300° K

Au-delà de la tension de seuil, on a:

$$I_D \approx I_{SAT} \left[\text{EXP} \left(\frac{V_D}{V_t} \right) \right] \quad (\text{II.7})$$

Le courant I_{SAT} est appelé courant inverse car si la diode est polarisée en inverse ($V < 0$) $I_D = - I_{SAT}$. [2]

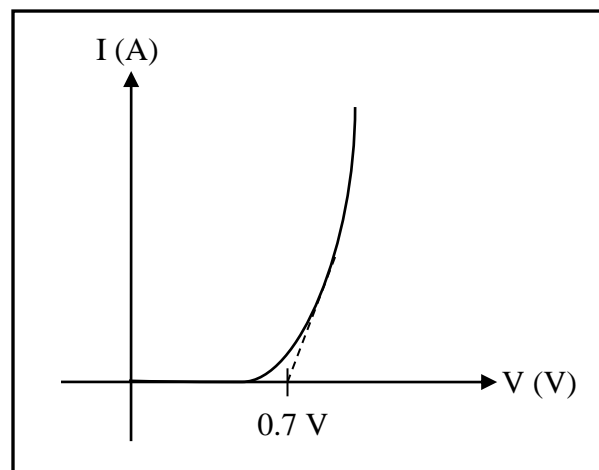


Figure II.10 : Caractéristique directe de la diode polarisation.

II.5.1.1. La tension de coude

A l'équilibre, on peut modéliser le phénomène par une source de tension dite de seuil, dans la pratique sa valeur est de l'ordre de $0,7 \text{ V}$ pour des semi-conducteurs basés sur le silicium. Pour d'autres éléments ou d'autres technologies cette valeur oscille entre $0,4 \text{ V}$ et 2 V environs. Si la jonction est polarisée de manière à renforcer la barrière de potentiel, la

non conduction de l'ensemble est accentuée. Dans l'autre sens, la barrière est écrasée au delà de 0.7 V et la conduction des porteurs devient possible. [3]

II.5.1.2. La résistance de la diode (directe)

- **Résistance statique (R)**

D'après la loi d'ohm, cette résistance est égale au rapport :

$$R = \frac{V_d}{I} \quad (\text{II.8})$$

La résistance R change en fonction de la tension V_d et du courant I_d , de ce fait elle ne s'avère pas être un paramètre très significatif. [2]

- **Résistance dynamique (r)**

$r_d = \frac{dV_d}{dI}$: qui est un paramètre important.

La conductance dynamique est g :

$$g_d = \frac{I}{r_d} = \frac{dI}{dV_d} = \frac{I_s \exp\left(\frac{V_d}{nV_t}\right)}{nV_t} \quad (\text{II.9})$$

En polarisation directe V_d est positive et $|V_p| \gg nV_t$. On a : $\frac{dI}{dV_d} \rightarrow \infty$

On a une très grande valeur de la conductance g_d , donc une très faible valeur de la résistance r_d .

On dit qu'une diode polarisée en directe présente une très faible résistance dynamique r_d .

Remarque : $r_d = \frac{nV_t}{I}$. [2]

II.5.1.3. Courant max (directe)

Le courant direct maximal admissible est limité par la puissance maximale que peut dissiper la diode. Selon la surface de la jonction, le courant direct admissible peut varier entre quelques milliampères pour une diode de signal et quelques dizaines d'ampères pour une diode de puissance.

II.5.2. Caractéristique inverse

Si la température est faible, la caractéristique est pratiquement confondue avec l'axe $I = 0$. Le courant inverse I_{Inv} , étant un courant de minoritaires croît avec la température. Au-delà d'une certaine valeur de V_{Inv} , il y a claquage de la jonction par effet d'avalanche.

L'épaisseur de la jonction étant très faible, même avec des potentiels peu élevés, le champ électrique au niveau de la jonction peut être très grand.

Sous l'effet de ces champs intenses ($E > 10^5 \text{ V.cm}^{-1}$), il y a ionisation des atomes et production d'électrons, qui sont eux-mêmes accélérés et qui provoquent de nouvelle (avalanche) qui rendent la jonction conductrice : si rien ne limite le courant; il y a destruction de la jonction par emballement thermique.

II.5.2.1. Résistance de la diode (inverse)

Nous allons traiter le problème de la résistance inverse de la diode en se positionnant dans le domaine des basses fréquences. Ceci pour ne pas tenir compte des problèmes qui risquent d'être posés par la capacité de la jonction polarisée en inverse.

Jusqu'à présent nous n'avons considéré que la résistance inverse de la diode (diode bloquée) étant infinie ($R_i \rightarrow \infty$).

II.5.2.2. Capacité de transition

La jonction PN est constituée de deux charges opposées immobiles (ions N_a^- côté P, ions N_d^+ du côté N). Elle se comporte donc comme un condensateur dont la Z.C.E est le diélectrique et les régions N et P les électrodes. La capacité correspondante est nommée capacité de transition :

$$C_T = \epsilon_0 \epsilon_{si} \frac{S}{W} \quad (\text{II.10})$$

avec S aire de la jonction et W épaisseur de la Z.C.E qui dépend de la hauteur de barrière. Aussi on peut écrire :

$$C_T = \frac{c_{T0}}{\sqrt{1 - \frac{V}{V_{\Phi}}}} \quad (\text{II.11})$$

où : C_{T0} correspond à $V_{inv} = 0V$.

Cette capacité qui dépend de la température a des valeurs typiques comprises entre 1 et 200 pF. [2]

II.5.2.3. Tension de claquage

Pour des diodes très fortement dopées et dont la zone de transition est très mince, le champ électrique peut provoquer la rupture directe de liaisons covalentes et le passage d'électrons de la bande de valence dans la bande de conduction. Pour des champs de l'ordre de $2 \cdot 10^7 \text{ V.cm}^{-1}$, la tension de claquage est de 6V. Le courant inverse croit alors brutalement. L'effet est réversible et non destructif. La jonction présente après le claquage une résistance dynamique très faible.

II.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné les notions fondamentales de la diode à jonction PN, dans lequel nous avons présenté les caractéristiques d'une diode. Puis nous avons donné les différents types de polarisation (directe et inverse). Dans le chapitre suivant nous présenterons les différents types de diodes et leurs caractéristiques.

Les différents types de diodes

III.1. Introduction

La diode est le composant électronique de base : on ne peut pas combiner du silicium dopé plus simplement.

La diode à jonction PN est un élément fondamental de l'électronique. En modifiant certains paramètres (concentration en impureté, géométrie de la jonction, etc.) on obtient des composants diversifiés utilisables dans de nombreux domaines dont on peut citer :

- Diodes utilisées en avalanche inverse (diodes Zener) ;
- Diodes de l'électronique rapide (diodes Schottky, varicap, tunnel) ;
- Diodes de l'optoélectronique (diodes laser, photodiode, LED).

III.2. La jonction PN

Un matériau semi conducteur est composé d'atomes qui possèdent 4 électrons sur la couche extérieure (atome quadrivalent). Le matériau semi conducteur le plus employé à l'heure actuelle est le silicium.

Considérons un petit morceau de silicium. Si on en dope une partie avec des atomes à 5 électrons périphériques, le semi conducteur devient de type N, c'est-à-dire que les porteurs majoritairement présents dans la maille cristalline sont des électrons. Si l'on dope l'autre partie avec des atomes à 3 électrons périphériques, le silicium devient de type P, c'est-à-dire que les charges mobiles majoritaires sont des trous (positifs) dans cette région du silicium. On a créé une jonction PN, qui est la limite de séparation entre les deux parties.

[1]

II.3. Les diodes Zener

II.3.1. Définition

La diode Zener est une diode qui présente une tension inverse (tension Zener) ou tension d'avalanche de valeur déterminée de 1,2 V à plusieurs centaines de volts (certaines diodes Zener comportent une troisième broche qui permet de régler la tension d'avalanche). Normalement une diode laisse passer le courant électrique dans un seul sens. Les diodes Zener sont conçues de façon à laisser passer le courant inverse si la tension aux bornes du composant est plus élevée que le seuil d'avalanche. [2] [1]

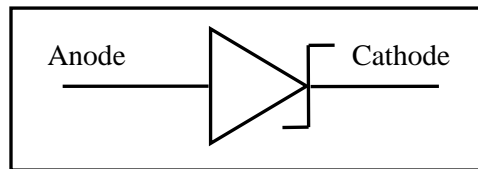


Figure III.1: Symbole de la diode Zener.

II.3.2. Caractéristiques d'une diode Zener

La particularité de la diode Zener réside dans le quadrant négatif de sa courbe caractéristique (figure III.2).

Dans le sens direct la diode Zener se comporte comme une diode à jonction PN classique. En sens inverse, elle reste bloquée tant que $V_R (= -V_D)$ reste inférieure à un seuil noté V_Z . A partir de ce seuil la diode Zener conduit en inverse de façon très abrupte : la tension inverse mesurée à ses bornes est stabilisée à V_Z . Elle est pratiquement indépendante du courant.

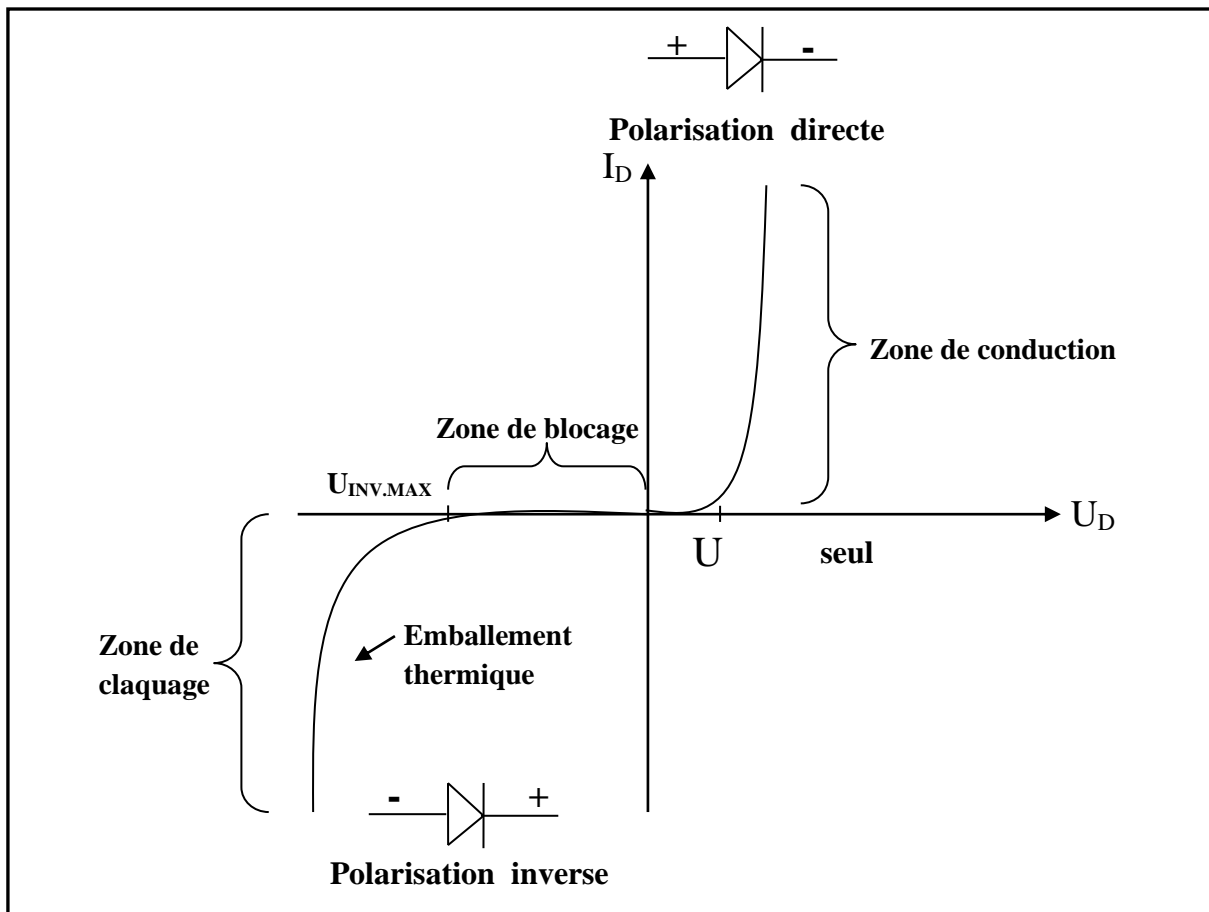


Figure III.2 : Caractéristiques de la diode Zener.

II.3.3. Applications d'une diode Zener

- Les alimentations stabilisées ;
- Les sources de tension de références ;
- La protection des circuits etc.

En résumé, la diode Zener est utilisée dans les stabilisateurs de tension. Pour cela elle doit être polarisée en mode inverse.

III.4. Les diodes Schottky

III.4.1. Définition

La diode Schottky quant à elle est constituée d'une jonction métal - semi-conducteur ce qui lui procure une chute de tension directe réduite (0.3V environ) et une dynamique nettement améliorée du fait de l'absence de porteurs minoritaires engagés dans le processus de conduction. Elle est en revanche incapable de supporter des tensions au delà d'une cinquantaine de volts.

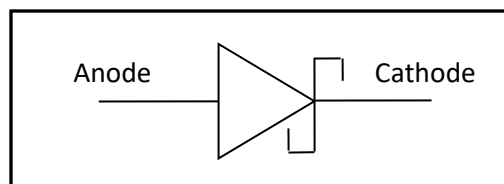


Figure III.3 : Symbole de la diode Schottky.

III.4.2. Caractéristiques d'une diode Schottky

Dans les diodes Schottky, la jonction PN est remplacée par la jonction d'un métal avec un semi-conducteur peu dopé (de type N car les porteurs sont plus mobiles).

Si le métal (anode) est positif par rapport à la zone N (cathode) la jonction est conductrice. Cette diode qui ne fait intervenir qu'un seul type de porteurs, présente une capacité beaucoup plus faible que les diodes classiques.

Ces diodes ont une faible tension de seuil ($\approx 0,25V$) et elles ont des temps de recouvrement très brefs (il n'y a pas de minoritaires dans un métal). On peut donner à la jonction une surface importante ce qui autorise le passage de courants plus intenses.

La diode Schottky est un composant à interruption très rapide et cette propriété justifie son utilisation dans la plupart de ses applications, que ce soit dans des systèmes à haute fréquence ou dans des circuits numériques afin de minimiser les délais d'interruption.

III.4.3. Applications d'une diode Schottky

Elle est très utilisée dans les circuits logiques rapides (TTL Schottky).

III.5. Les diodes Laser

III.5.1. Définition

La diode laser est une LED structurée en cavité laser. Deux côtés latéraux parfaitement parallèles sont dotés de miroir réfléchissant orienté vers l'intérieur. L'une des surfaces réfléchissante est quasiment parfaite, la seconde transmet partiellement la lumière.

Comme pour la LED, la DL, la circulation d'un courant dans le sens direct produit l'émission spontanée de lumière dans la jonction. Au dessus d'un certain seuil de courant les photons engendrés par électroluminescence stimulent à leur tour l'émission cohérente

d'autres photons créant ainsi une amplification laser.

La longueur de la jonction détermine la longueur d'onde du flux émis.

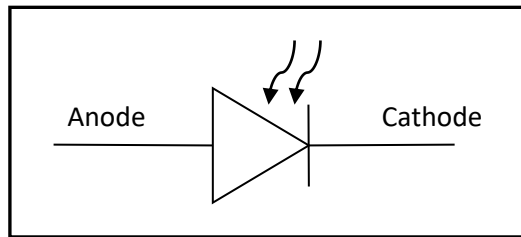


Figure III.4 : Symbole de la diode laser.

III.5.2. Applications d'une diode Laser

Ces diodes laser sont largement utilisées dans les télécommunications car elles sont facilement modulées et deviennent des sources lumineuses couplées pour des fibres optiques de communication. Les diodes laser sont utilisées dans les systèmes de captage, des lecteurs de disque compacts (CD).

III.6. Les diodes Varicap

III.6.1. Définition

Une diode varicap, aussi nommée varactor ou encore diode à capacité variable est un type de diode qui présente la particularité de se comporter comme un condensateur dont la valeur de la capacité varie avec la tension inverse appliquée à ses bornes. Cette diode peut être considérée comme un condensateur variable. Ce type de diode est souvent utilisé dans des montages radiofréquence (RF) mais aussi pour des applications à très hautes fréquences.

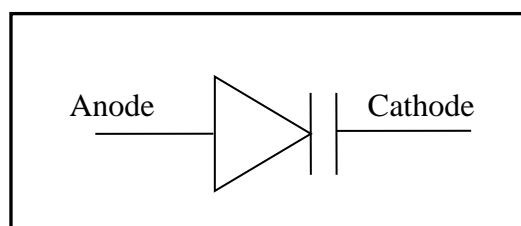


Figure III.5 : Symbole de la diode varicap.

III.6.2. Fonctionnement

Lorsque la diode varicap est polarisée en inverse (sens bloqué), elle fonctionne comme un condensateur dont la capacité est ajustable en fonction de la tension (négative) appliquée à la diode. Cela résulte de la variation de la zone de déplétion (ou zone de charge d'espace) en fonction de la tension aux bornes de la diode, car la variation de la largeur de cette zone entraîne une variation de la capacité de la diode. Généralement, la largeur de la zone de déplétion est proportionnelle à la racine carrée de la tension appliquée et la

capacité est inversement proportionnelle à cette largeur. Ainsi la capacité de la diode est inversement proportionnelle à la racine carrée de la tension appliquée.

Toutes les diodes ont plus ou moins cette propriété, mais les diodes varicap sont optimisées de manière à obtenir la capacité désirée et une bonne variabilité de celle-ci. Alors que dans une diode classique la capacité est réduite au maximum.

III.6.3. Applications d'une diode varicap

Les diodes varicap sont utilisées dans les circuits d'accord des récepteurs radios et des téléviseurs : elles permettent de faire varier la capacité du circuit d'accord, et donc sa fréquence de résonance, en changeant la tension de commande appliquée sur la diode (qui provient d'un potentiomètre connecté en général entre le pôle + et le pôle - de l'alimentation).

III.7. Les diodes LED

III.7.1. Définition

Les D.E.L (Diode Electro Luminescente) sont fréquemment employées pour parler des diodes électroluminescentes. On appelle électroluminescence l'émission d'un rayonnement lumineux due à une excitation de la LED, il s'agit de l'émission spontanée de lumière provoquée par l'injection des électrons à travers une jonction PN polarisée en directe. Les semi-conducteurs utilisés pour réaliser la conversion de l'énergie électrique en énergie lumineuse sont souvent des composés à base de gallium. La tension de seuil d'une LED est supérieure à celle d'une diode classique (environ 1.6v pour de l'arséniure de gallium). Elle est relation directe avec l'énergie (donc la fréquence) du photon émis.

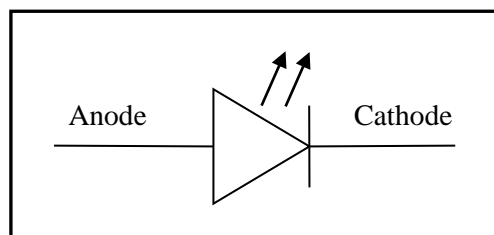


Figure III.6: Symbole de la diode LED.

Si la caractéristique tension-courant reste identique, on observe une tension de seuil plus élevée (jusqu'à 2V). Elles ne supportent pas les tensions inverse très élevées (jusqu'à 5v), ni les courant directe dépassant 20mA.

III.7.2. Applications d'une diode LED

Les nombreuses applications des LED concernent principalement :

- Les voyants, témoins et indicateurs lumineux.
- Les afficheurs et les panneaux de signalisation.
- Les télécommandes infrarouges.

- Les capteurs optiques.

III.8. Les diodes à Effet Tunnel

III.8.1. Définition

La diode à effet tunnel désigne une diode dont les zones N et P sont hyper-dopées. La multiplication des porteurs entraîne l'apparition d'un courant dû au franchissement quantique de la barrière de potentiel par effet tunnel (une telle diode a une tension de Zener nulle). Sur une faible zone de tension directe, la diode présente une résistance négative (le courant diminue lorsque la tension augmente, car la conduction tunnel se tarit au profit de la conduction normale), une caractéristique exploitée pour réaliser des oscillateurs.

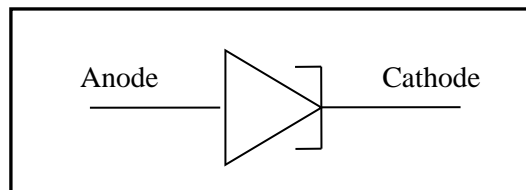


Figure III.7 : Symbole de la diode à effet tunnel.

III.8.2. Applications d'une diode à effet tunnel

La diode tunnel offre de grandes perspectives dans le domaine des oscillateurs UHF / SHF (Ultra / Super Hautes Fréquences), par exemple la fréquence utilisée dans les fours à micro-ondes. Bien que depuis sa découverte, les progrès des semi-conducteurs classiques permettent à ceux-ci de dépasser la diode tunnel avec les techniques conventionnelles. L'intégration d'une diode à effet tunnel dans une diode laser peut améliorer les performances du laser. On parlera alors de jonction tunnel.

III.9. Conclusion

Dans ce chapitre on a traité différents types de diodes ainsi que leurs caractéristiques. On a mentionné les différents usages en fonction des tensions appliquées à ces diodes, dans le chapitre suivant on va parler de démodulation et en particulier la démodulation d'amplitude.

Chapitre IV

La

Démodulation

La démodulation

IV.1. Introduction

Pour récupérer l'information contenue dans un signal modulé en amplitude, plusieurs approches sont possibles, dont les deux suivantes. La première exploite les possibilités d'un circuit passif à base de diode, la seconde repose sur l'emploi d'un multiplieur. C'est le premier qui va être étudié en détail car c'est l'application directe de notre travail.

IV.2. Raisons de la démodulation

L'objectif de cette opération est de récupérer le signal d'information qui a été envoyé par l'opération de la modulation.

IV.3. Définition de la démodulation

La démodulation est une opération qui donne un moyen de récupérer l'information à partir d'une onde modulée avec une grande fidélité où le signal récupéré est proportionnel au signal message original.

Donc la démodulation est l'opération inverse de la modulation.

→ La démodulation d'un signal modulé en amplitude avec porteuse et détection d'enveloppe, elle consiste à obtenir un signal proportionnel à l'amplitude de la porteuse modulée.

IV.4. Démodulation d'amplitude (AM)

Il existe deux types de la démodulation d'amplitude (AM) :

IV.4.1 Démodulation par détecteur d'enveloppe

Une fois le signal modulé reçu le rôle de la porteuse est terminé, donc il faut séparer les deux signaux (message/porteuse). La forme du signal modulé :

$$S_{AM}(t) = A_c(1 + \cos\omega_m t)\cos\omega_c t$$

$$S_{AM}(t) = (A_c + m(t))\cos\omega_c t \quad (IV.1)$$

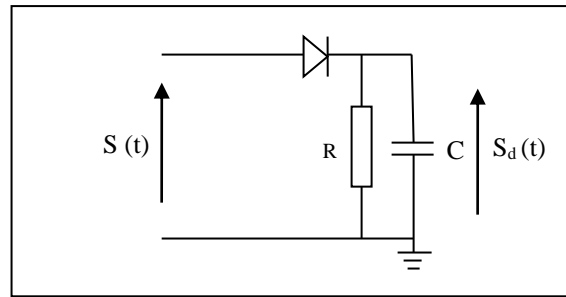


Figure IV.1 : Schéma d'un détecteur d'enveloppe.

$S(t)$: signal modulé AM.

$S_d(t)$: signal démodulé .

Lorsque la diode est passante le condensateur va se charger grasse aux crêtes positives, entre ces crêtes la capacité va se décharger dans la résistance. Donc en prenant la constante de temps $\tau = RC$ plus grand que la période de la porteuse

$$\tau = RC \gg T_C = \frac{1}{f_c} \tag{IV.2}$$

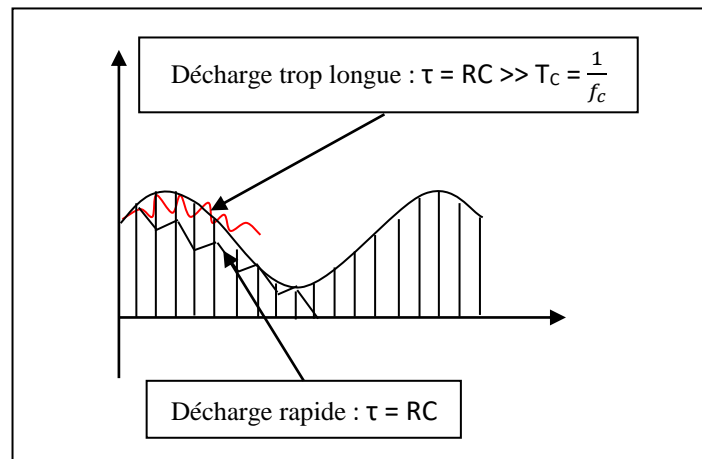


Figure IV.2 : Décharge du condensateur suivant la constante de temps τ .

- **La constante de temps requise**

Le problème très critique est la vitesse de croissance/décroissance de l'enveloppe.

Pendant la croissance la valeur du τ optimale est ($\tau \gg T_e = \frac{1}{f_c}$), mais elle va poser un problème pour la décroissance.

Comme une solution, il faut choisir une valeur entre les deux a fin de suivre la forme globale du signal message (avec des petites ondulation) et sans atténuations.

Pour cela elle est donnée par l'expression suivante :

$$f_{max} = \frac{1}{2\pi RCm} \tag{IV.3}$$

Où :

f_{\max} : la fréquence de la porteuse.

m : indice de modulation.

IV.4.2 Démodulation cohérente ou synchronisée

Parmi les méthodes permettant de récupérer le signal (t) après transmission, on s'intéresse à la détection synchrone, représentée schématiquement sur la figure IV.3 :

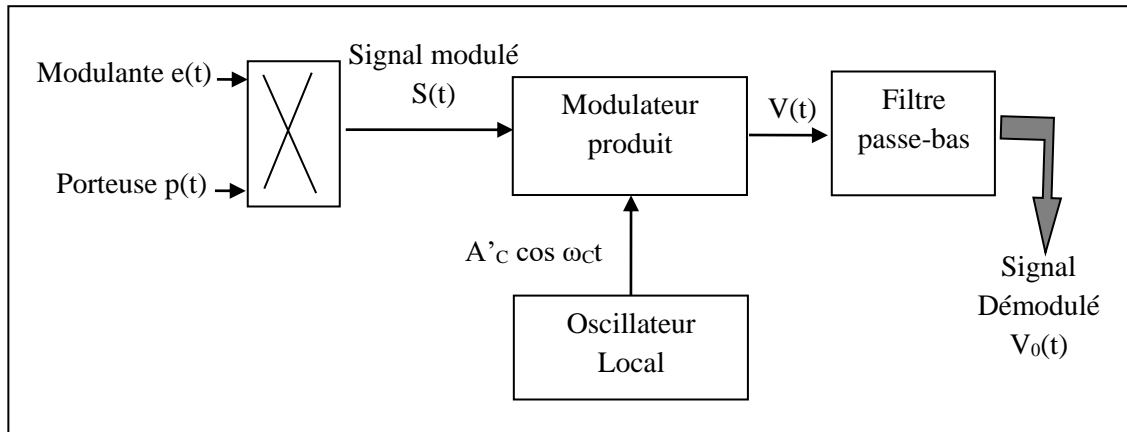


Figure IV.3 : Schéma de la détection synchrone.

On envoie sur un multiplieur d'une part le signal modulé, d'autre part le signal d'un oscillateur local de même fréquence que la porteuse. Nous avons montré précédemment que le spectre d'un signal obtenu par multiplication de deux signaux sinusoïdaux était composé de termes de fréquence somme et différence.

$$S(t) = m(t)\cos \omega_c t \quad (A_c = 0) \quad (\text{IV.4})$$

$$\begin{aligned} V(t) &= m(t)\cos \omega_c t A'_c \cos \omega_c t \\ &= A'_c m(t) \frac{1}{2} [1 + \cos 2\omega_c t] \end{aligned}$$

$$V(t) = \frac{A'_c}{2} m(t) + \frac{A'_c}{2} m(t) \cos 2\omega_c t \quad (\text{IV.5})$$

L'utilisation d'un filtre passe-bas nous donne :

$$V_0(t) = \frac{A_c'}{2} m(t) \tag{IV.6}$$

Ce résultat nous permet d'en déduire le spectre du signal de sortie.

En sortie du multiplieur, le signal est donc constitué, pour un signal modulant sinusoïdal :

- des composantes sinusoïdales à $f_p + (f_p \pm f_m) = 2f_p \pm f_m$ et $2f_m$ (spectre somme).
- d'une composante sinusoïdale à la fréquence $|f_p - (f_p \pm f_m)| = f_m$ (spectre différence).

→ la démodulation synchrone consiste à multiplier le signal modulé par un signal synchrone de la porteuse puis on filtre le signal obtenu par un filtre passe-bas.

IV.5. Détection de la démodulation d'amplitude

Un signal modulé permet de transmettre des informations sur de longues distances entre un émetteur et un récepteur.

Dans le cas de la modulation d'amplitude, le signal informatif module l'amplitude de l'onde porteuse. Pour retrouver le signal informatif, il faut détecter l'enveloppe du signal modulé. Cette opération de démodulation peut être réalisée à l'aide de plusieurs montages dont l'un deux est le détecteur à diode.

IV.5.1 Détecteur à diode

Une technique principale est connue comme détection d'enveloppe. La forme la plus simple de détecteur d'enveloppe est le détecteur à diode. Un détecteur à diode se compose d'une diode mise à l'entrée du circuit, avec une résistance et un condensateur en parallèle à la sortie du circuit. Si la résistance et le condensateur sont correctement choisis, le rendement de ce circuit rapprochera du signal original.

IV.5.1.1 Schéma bloc du détecteur à diode

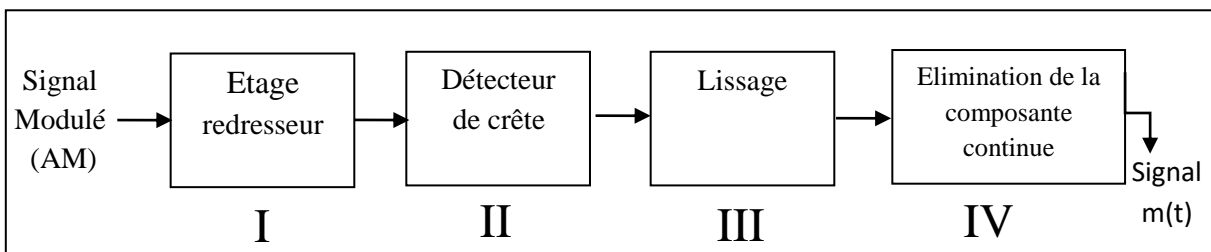


Figure IV.4 : Schéma bloc du détecteur à diode.

Signal $m(t)$: signal modulant(information)

L'étage I : Une diode, qui supprime les alternances négatives ;

L'étage II : une résistance en parallèle avec une capacité, utilisé comme filtre passe bas de fréquence ou charge décharge la capacité dans la résistance. Le signal obtenu est ondulé, on doit donc utiliser un autre étage.

L'étage III : une résistance en parallèle avec une capacité, si l'enveloppe du signal détecté comporte encore des oscillations à la fréquence f_p de la porteuse, dues aux décharges successives du conducteur. Afin de supprimer ces oscillations à haute fréquence, on utilise un filtre passe bas de fréquence de coupure f_c .

L'étage IV : une capacité en série permettra d'éliminer la composante continue.

IV.5.1.2. Schéma électrique

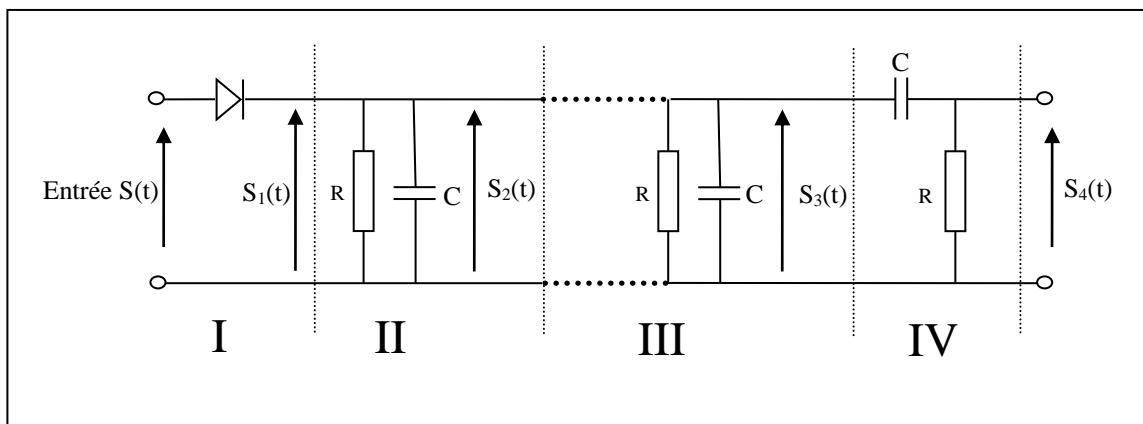
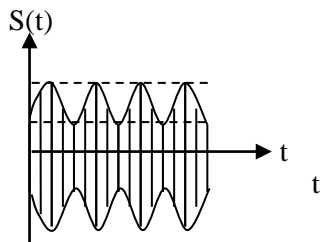


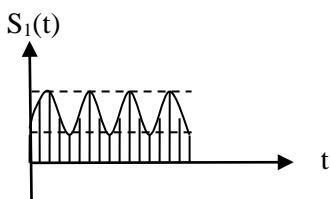
Figure IV.5 : Schéma électrique du détecteur à diode.

IV.5.1.3. Chronogrammes

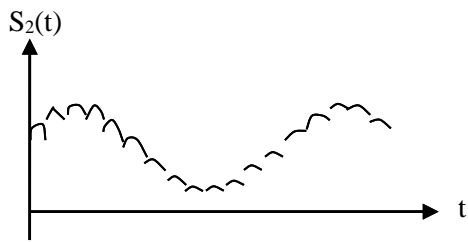
❖ l'entrée :



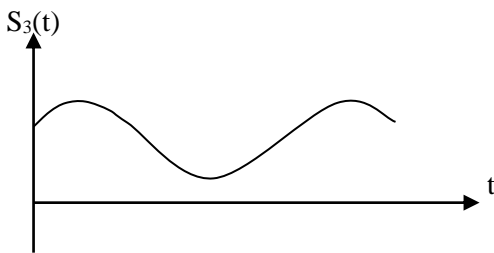
❖ Le signal $S_1(t)$:



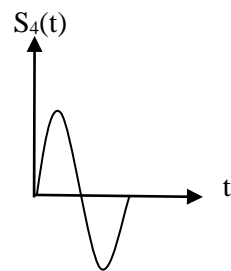
❖ Le signal $S_2(t)$:



❖ Le signal $S_3(t)$:



❖ Le signal $S_4(t)$:



IV.5.1.4 Circuit de simulation

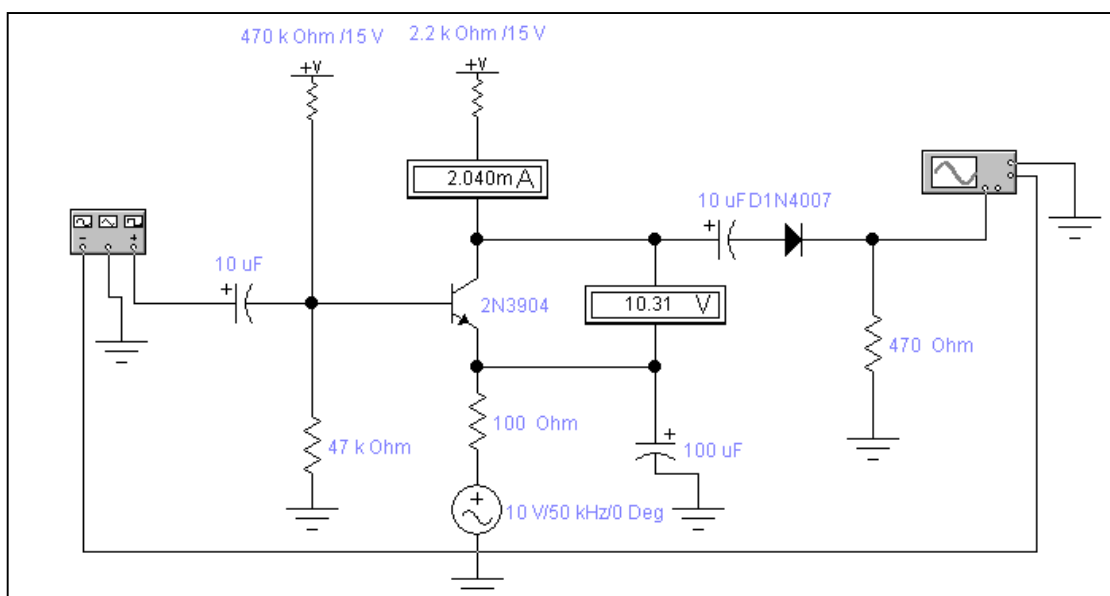


Figure IV.6 : Circuit de simulation.

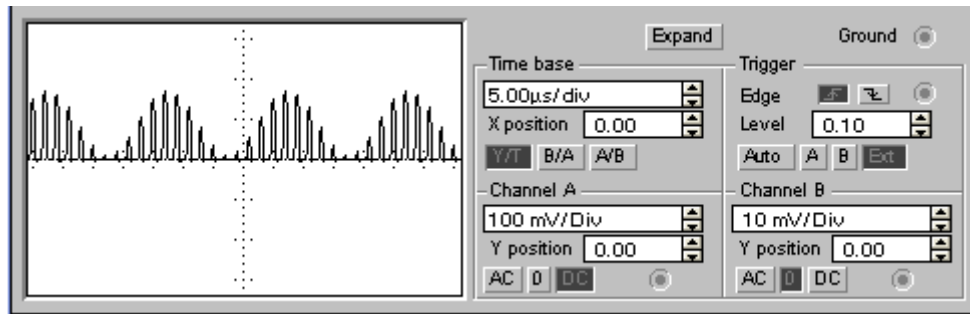


Figure IV.7 : Visualisation du signal détecté.

IV.6. Conclusion

Dans ce chapitre et à l'aide d'une diode on a pu concevoir un circuit démodulateur d'amplitude (détecteur à diode) qui nous a permis de récupérer le signal original.

Conclusion générale

Pour construire un système parfait pour la raison de transmettre une information à travers une distance significative, deux stations sont nécessaires, la modulation dans l'émetteur et la démodulation au niveau du récepteur.

La démodulation pour récupérer le signal message, on a utilisé un circuit démodulateur à diode, qui est l'application directe de notre étude, pour détecter le signal informatif.

Le circuit de démodulation étudié est testé par simulation et a donné de bons résultats, c.à.d. qu'il a donné une bonne démodulation d'amplitude.

Références Bibliographiques

- [1] THOMAS L. FLOYED : « Électronique, composant et système d'application », raynaldgoulet inc, 5^{eme} édition, 2005.
- [2] BENAYAD. A, GUENDOZ. D : « Électronique générale 'cours et exercices résolus' », Office des Publication Universitaire, 2^{eme} édition, 5-2007.
- [3] BRAHIM HAROUBIA : « Electronique », Edition reynald goulet INC, 1998.

Résumé

Dans le domaine des télécommunications, la transmission d'un signal (de voix, d'image ...etc.) dans sa forme originale dans l'espace vide est un impossible, et pour résoudre cette problème on utilise le technique de modulation, ça au niveau de l'émission. Mais au niveau de la réception on utilise la technique inverse de la modulation pour récupérer le signal message, cette dernière opération s'appelle la démodulation, on peut réaliser le circuit démodulateur par des diodes, transistors ...etc.

Dans ce mémoire on a traité la démodulation par détecteur de diode qui assure l'écrtage de l'alternance négative avec un filtre passe bas, où la charge et la décharge du condensateur, nous donne un signal ondulé, on doit donc ajouter un étage de lissage. On utilise enfin un étage qui permettra d'éliminer la composante continue.

En fin le circuit de démodulation à diode étudié est testé par simulation et a donné de bons résultats, c.à.d. qu'il a donné une bonne démodulation d'amplitude.