

UNIVERSITE KASDI MER BAH OUARGLA  
Faculté des nouvelles technologies de l'information et de la  
communication

Département d'Electronique et de la Télécommunication



Mémoire

*MASTER Académique*

**Domaine :** Sciences techniques

**Filière :** Electronique

**Spécialité :** Electronique système embarqué

*Présenté par : Ahmahma abd el hakim / Silla ali*

# *Thème*

Étude et modélisation des paramètres électriques  
d'une cellule photovoltaïque

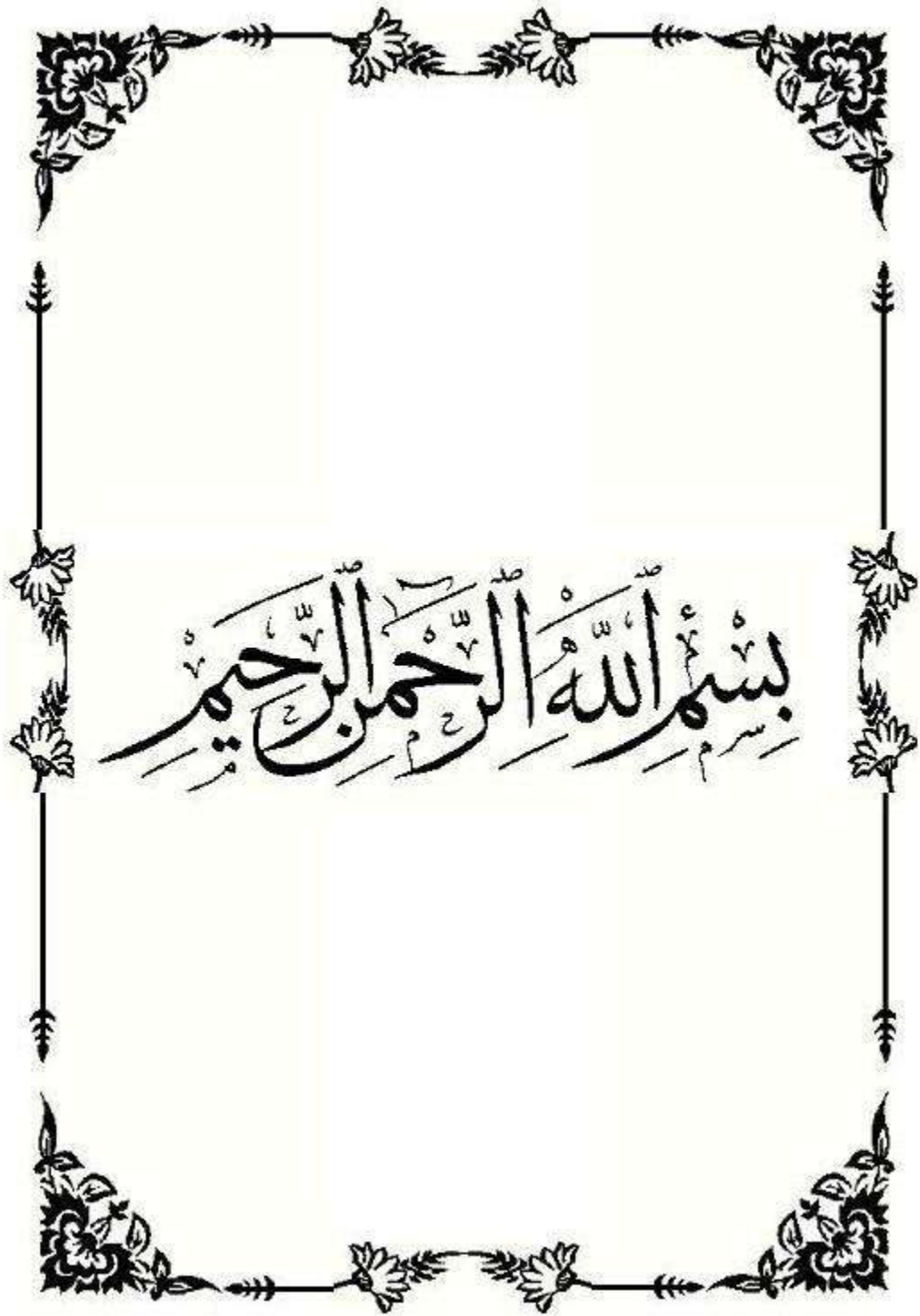
Soutenu publiquement

Le :06/2019

Devant le jury :

<u>Nom &amp; Prénom</u>	<u>Grade</u>	<u>fonction</u>	<u>Université</u>
Souri samire	M.A.A	Président	UKM OUARGLA
Lakehal brahim	M.C.B	Encadreur	UKM OUARGLA
Mehaouchi Azeddine	M.A.A	Examineur	UKM OUARGLA

*Année Universitaire 2018/2019*



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## *Remerciements*

*Toute la Gratitude, tout d'abord à Allah qui nous a  
donné la force Pour terminer ce modeste travail.*

*Toutes nos infinies gratitudes à notre promoteur,  
Monsieur Dr. Brahim lakehal pour son encadrement et  
ses aides précieuses.*

*Nous remercions aussi les membres de jury qui nous ont  
fait l'honneur d'accepter le jugement  
de notre travail.*

*Notre sincère reconnaissance à nos enseignants du  
département: Génie Electronique*

*Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribués de  
près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail,  
trouvent ici l'expression de notre profondes  
gratitudes et respects*

## *Dédicace*

*J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail  
A ceux qui m'ont encouragé et soutenu moralement et  
matériellement pendant les moments plus difficiles*

*Durant ma vie.*

*À ma chère mère, qui me fait toujours espérer de la vie pour  
mon cher père qui m'a beaucoup aidé dans mes études*

*A mes très chers frères : ala dîne*

*Mohamed salmane*

*A mes très chères sœurs :BAHRIA - SORAIA -  
ZOULIKHA - MOUNTRA - SARA - NOUSSAIBA*

*A toute ma grande famille : ahmahma*

*A mes très chers amis : hicham - sif - Nidalh - bilal*

*A tous mes amis partout et en particuliers Et sans doute,*

*à mes très chers amis à l'Université d'Ouargla*

## Table des matières

Introduction générale.....	1
<b><u>Chapitre I : généralité cellules solaire</u></b>	
I .1 Introduction.....	3
I .2 L'énergie solaire.....	3
I.3 Rayonnement solaire.....	4
I. 4 Notions préliminaires sur le rayonnement solaire.....	4
I .4.1. Rayonnement direct.....	5
I .4.2. Rayonnement diffus.....	5
I .4.3. Rayonnement réfléchi.....	5
I .4.4. Rayonnement global.....	5
I.5 Les différents types de la cellule solaire.....	5
I 5.1 Cellule au silicium monocristallin.....	5
I .5.2 Cellule au silicium poly-cristallin.....	6
I .5.3 Cellule au silicium amorphe.....	6
I.6 Différentes structures de cellules solaires.....	7
I .6.1. La structure à jonction PN.....	7
I .6.2. La structure Schott .....	7
I.6.3. La structure MIS.....	8
I .6.4. La structure à jonction PIN.....	8
I .6.5. Structure à avalanche .....	8
I. 7 Conversion photovoltaïque.....	9
I .7.1Etat de l'art.....	9
I .7.2Principe de fonctionnement d'une cellule solaire.....	9
I .7.3 Types de cellules photovoltaïques.....	10
I .7.3.1 Les cellules photovoltaïques inorganiques.....	11
I.7.3.2 Les cellules photovoltaïques organiques.....	11

I.7.3.3 Les cellules solaires sensibilisées par colorant (CSSC).....	12
I.8 Caractéristique d'une cellule solaire.....	12
I.8.1 Le courant de court-circuit, $I_{sc}$ .....	12
I.8.2 La tension de circuit ouvert, $V_{co}$ .....	12
I.8.3 La réponse spectrale, $SR(\lambda)$ .....	12
I.8.4 La puissance maximale, $P_m$ .....	13
I.8.5 Le facteur de forme, $FF$ .....	13
I.8.6 Le rendement de conversion, $\eta$ .....	13
I.9-Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque.....	14
I.10- conclusion.....	15
<b><u>Chapitre II : Algorithme génétique</u></b>	
II.1 Introduction.....	16
II.2. Algorithme génétique : Principe de base.....	17
II.3. Les étapes de l'algorithmes génétique .....	19
II.3.1 Génération de la population initiale et codage.....	20
II.3.2 Evaluation : fitness.....	22
II.4 Opérateurs génétiques.....	22
II.4.1 Opérateur de sélection.....	22
II.4.2 Opérateur de croisement ou Cross over.....	24
II.4.3 Opérateur de mutation.....	27
II.4.4 Opérateur de remplacement.....	27
II.5. Paramètres d'un AG.....	28
II.6. Avantages et inconvénients des algorithmes génétique.....	29
II.6.1 Avantages des AGs.....	29
II.6.2 Inconvénients des AGs.....	30
II.7. Conclusion.....	30
<b><u>Chapitre III : Résultats et discussions</u></b>	
III.1 introduction.....	31
III.2 Modélisation d'un système photovoltaïque.....	31
III.3. Application des étapes des algorithmes génétiques.....	32
III.4. Résultats d'optimisation par AG.....	34
III.5. Validation des résultats.....	36

III 6.Résultats sous éclairement.....	38
III .7 conclusion.....	40
Conclusion générale.....	41

## Liste de figure

### **Chapitre I : généralité cellules solaire**

Figure 1 : Génération et mouvement des porteurs libres dans une cellule solaire à jonction PN .....	3
Figure I .2 : Cellule au Silicium Monocristallin.....	6
Figure I .3 : Cellule au Silicium Poly-cristallin.....	6
Figure I .4 : Cellule au Silicium amorphe.....	7
Figure I.5 : Principe de fonctionnement d'une cellule PV.....	10
Figure I .6 : Structure simplifiée d'une cellule de type CSSC.....	12
Figure .I. 7 : Caractéristique courant tension d'une cellule solaire éclairée.....	13

### **Chapitre II : Algorithme génétique**

Figure II.1. Organigramme d'un AG.....	18
Figure II.2 : Fonctionnement général de l'algorithme génétique.....	20
Figure II.3 : La roulette.....	24
Figure II.4 :Croisement avec un points de crossover.....	25
Figure II.5: Croisement avec 2 points de crossover.....	26
Figure II.6: Croisement uniforme.....	26
Figure II.7 : Une mutation.....	27

### **Chapitre III : Résultats et discussions**

FigureIII.1 Organigramme du processus d'optimisation.....	33
Figures III.2:Test AG N <sup>0</sup> 1(critère d'arrêt =0.00040).....	35
Figures III.3: Test AG N <sup>0</sup> 2 (critère d'arrêt =0.0345).....	35
Figures III.4 : Test AG N <sup>0</sup> 3(critère d'arrêt =0.00016).....	36
Figure III.5 Comparaison des résultats d'AG avec ceux expérimentaux –Test.....	37
Figure III.6. Comparaison des résultats d'AG avec ceux expérimentaux –Test N <sup>o</sup> 2.....	37
Figure III .7Comparaison des résultats d'AG avec ceux expérimentaux –Test N <sup>o</sup> 3.....	38
Figure III.8 : Caractéristique courant tension sous différents éclairement.....	39

## **Liste de tableau**

Tableau III.1 Paramètre d'AG utilisés dans cette application.....	32
Tableau III.2 Résultats du processus d'optimisation.....	33
Tableau III.3: Erreur individuelle absolue entre les valeurs du courant expérimentales et celles des tests 1,2 et 3.....	37
Tableau III.4 : comparaison entre les résultats expérimentaux et Résultats AG pour différents paramètres électriques et photovoltaïques.....	38



## *Liste des abréviations*

ZCE : une zone de charge d'espace

AG : Algorithmes génétique

$V_{co}$  : La tension de circuit ouvert

Q : facteur de qualité de la diode

$U_t$  : potentiel thermodynamique

SR : La réponse spectrale

$I_{ph}$  : Photo-courant

q : charge de l'électron =  $1.6 \times 10^{-19}$  Coulomb

$P_m$  : puissance maximale

$I_m$  : courant maximale

$V_m$  : tension maximale

FF : Le facteur de forme

$\eta$  : Le rendement de conversion

$P_1$  : la surface

$I_{sc}$  : Le courant de court circuit

I : le courant fourni par la cellule

$I_{ph}$  : Photo-courant .

$I_D$  : courant de diode

$I_{sh}$  : courant de shunt

V : tension à la borne de la cellule solaire

$R_s$  : Résistance série [ $\Omega$ ]

$R_{sh}$  : Résistance shunt (en parallèle) [ $\Omega$ ]

$I_0$  : courant de saturation de la diode (A)

K : Constante de Boltzmann =  $1.38 \times 10^{-23}$  J/K

## Introduction générale

La future gestion de l'énergie est désormais une question d'actualité majeure face aux problèmes liés à l'épuisement des réserves d'énergie fossile, notamment sous ces formes liquides ou gazeuses. De plus, les risques en matières environnementales liés aux rejets de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère engendrant le phénomène de l'effet de serre, ainsi que ceux provenant de l'élimination des déchets nucléaires suscitent actuellement un vif intérêt pour les énergies renouvelables sous leurs multiples formes. L'intention majeure de la politique énergétique et les efforts des recherches conduisent vers l'augmentation du rendement des systèmes énergétiques renouvelables disponibles et à la conception des technologies rentables. L'énergie solaire est une des sources renouvelables les plus prometteuses, et qui est actuellement utilisée dans le monde entier pour répondre à la demande croissante sur l'énergie électrique.[1]

La détermination des paramètres fondamentaux de la cellule solaire ; à savoir le facteur d'idéalité, la résistance série, parallèle (shunt) et le courant de saturation joue un rôle important dans la conception et la fabrication des dispositifs photovoltaïques tel que photopiles.

Notre travail consiste à extraire par une des méthodes évolutionnaires ces paramètres modélisant les données expérimentales en utilisant les algorithmes génétiques (AG) qui connaissent actuellement un essor considérable dans le domaine de résolution des problèmes complexes d'optimisation, grâce à leur universalité, fiabilité et robustesse.

Ce travail est divisé en trois chapitres :

Dans le chapitre I, après avoir rappelé quelques notions sur la source d'énergie que représente le soleil, et son application dans le domaine photovoltaïque, nous aborderons le principe de fonctionnement des cellules photovoltaïques, leurs caractéristiques principales, et les limites du modèle théorique. Une dernière partie portera sur les problématiques d'élaboration et de passivation de ces cellules

Le but fixé dans le deuxième chapitre est la description et l'évolution du processus d'optimisation, par les algorithmes génétiques, ainsi que les avantages et les inconvénients de ce processus

Enfin, le chapitre III consiste à utiliser la technique d'optimisation AG pour rechercher les paramètres optimaux de la résistance sérié, parallèle (shunt), le facteur d'idéalité et le courant de saturation en fonction de l'éclairement pour une fonction fitness minimale. Ces paramètres sont enfin exploités pour présenter les caractéristiques électriques de la photopile étudiée.



Chapitre I : généralité

*cellules solaires*

## I. 1 Introduction

Le développement, l'optimisation et la caractérisation des cellules photovoltaïques impliquent une certaine connaissance de la source d'énergie utilisée. Ce chapitre présente quelques bases et notions indispensables dans la conversion photovoltaïque. La première partie de ce chapitre est consacrée à l'effet photovoltaïque et au mécanisme de fonctionnement de la cellule solaire. Ensuite, la deuxième partie est consacrée au spectre solaire, sa forme et sa nature ainsi qu'aux différentes normes utilisées lors de la simulation de la cellule solaire. En troisième partie on discute de la caractéristique  $[I(V)]$  de la cellule solaire en obscurité et sous ensoleillement. Enfin, on discute des différents types des pertes qui peuvent exister dans une *cellule solaire (optiques, ohmiques et par recombinaison)*. [2]

## I. 2 L'énergie solaire

L'énergie solaire apporte une solution alternative aux énergies conventionnelles. C'est une énergie à faible coût, propre et respectueuse de l'environnement.

Une cellule solaire est un dispositif photovoltaïque destiné à convertir la lumière du soleil en énergie électrique, pour la fournir dans une charge adaptée de manière efficace. La paire électron-trou photo-généré dans la couche de l'absorbeur est séparée par le gradient du champ électrique avant qu'elle ne se recombine. Il est important que les semi-conducteurs choisis dans l'application solaire possèdent de bonnes propriétés électriques telles qu'une mobilité élevée et une longueur de diffusion importante. La figure I.1 présente le mouvement des porteurs libres dans une cellule solaire à base d'une jonction PN. [2]

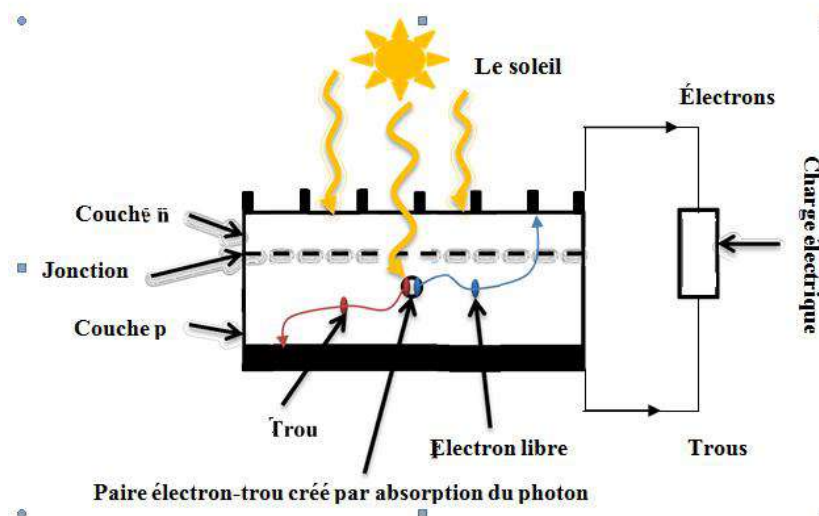


Figure I.1: Génération et mouvement des porteurs libres dans une cellule solaire à jonction PN [2].

**I.3. Rayonnement solaire :**

Le soleil est une étoile parmi tant d'autres. Il a un diamètre de 1390000 km, soit environ 50 fois celui de la terre. Il est composé à 80% d'hydrogène, 19% d'hélium et 1% d'un mélange de 100 éléments, soit pratiquement tous les éléments chimiques connus depuis que Langevin et Perrin, s'appuyant sur la théorie de la relativité d'Einstein, ont émis l'idée il y a une soixantaine d'années que c'est l'énergie de fusion nucléaire qui fournit au soleil sa puissance, il est aujourd'hui admis que le soleil est une bombe thermonucléaire hydrogène – hélium transformant chaque seconde 564 millions de tonnes d'hydrogène en 560 millions tonnes d'hélium, la réaction se faisant dans son noyau à la température d'environ 25 millions de degrés Celsius. Ainsi, à chaque seconde, le soleil est allégé de 4 millions de tonnes dispersées sous forme de rayonnement. Sa lumière, à une vitesse de 300000 km/s, met environ 8 minutes pour parvenir à la terre, sa distribution spectrale de l'atmosphère est présentée un maximum pour une longueur d'onde d'environ 0.5 $\mu$ m, la température de corps noir à la surface du soleil est d'environ 5780°:

- Diamètre de soleil  $D_s = 1.39 \cdot 10^9$  m
- Diamètre de la terre  $D_t = 1.27 \cdot 10^7$  m
- Distance moyenne soleil\_ terre  $L_{ts} = 1.5 \cdot 10^{11}$  m [3]

**I.4. Notions préliminaires sur le rayonnement solaire :**

Le rayonnement solaire est constitué de photons dont la longueur d'onde s'étend de l'ultraviolet(0.2 $\mu$ m) à l'infrarouge lointain(2.5 $\mu$ m). On utilise la notion AM pour Air Mass afin de caractériser le spectre solaire en termes d'énergie émise. Pour tenir compte de la distance traversée par les rayons, il est nécessaire d'introduire une notion de masse d'air (AM) elle correspond à la longueur relative du parcours à travers l'atmosphère terrestre traversée par le rayonnement solaire direct. Au niveau du sol le rayonnement global reçu par une surface plane d'inclinaison quelconque est constitué de trois composantes principales:[4]

**I.4.1. Rayonnement direct :**

Flux solaire sous forme de rayons parallèles provenant de disque soleil sans avoir été dispersé par l'atmosphère [4]

**I.4.2. Rayonnement diffus :**

C'est la partie du rayonnement provenant du soleil, ayant subi multiples réflexions (dispersions), dans l'atmosphère [4]

**I.4.3. Rayonnement réfléchi :**

C'est la partie de l'éclairement solaire réfléchi par le sol, ce rayonnement dépend directement de la nature du sol (nuage, sable...). Il se caractérise par un coefficient propre de la nature de lieu appelé Albédo ( $\epsilon$ )  $0 \leq \epsilon \leq 1$  [4]

**I.4.4. Rayonnement global :**

Un plan reçoit de la part du sol un rayonnement global qui est le résultat de la superposition des trois compositions direct, diffus et réfléchi. [4]

**I.5. Les différents types de la cellule solaire**

Dans la pratique, il y a 3 types très importants de cellules qui diffèrent en termes de composants internes:

**I.5.1 Cellule au silicium monocristallin :**

Pour ce genre d'applications technologiques, le silicium pur est obtenu à partir de la silice de quartz ou de sable par transformation chimique métallurgique. Le silicium a un rendement électrique et une durée de vie de l'ordre de deux fois celle du silicium amorphe, mais il est nettement plus cher. [5]

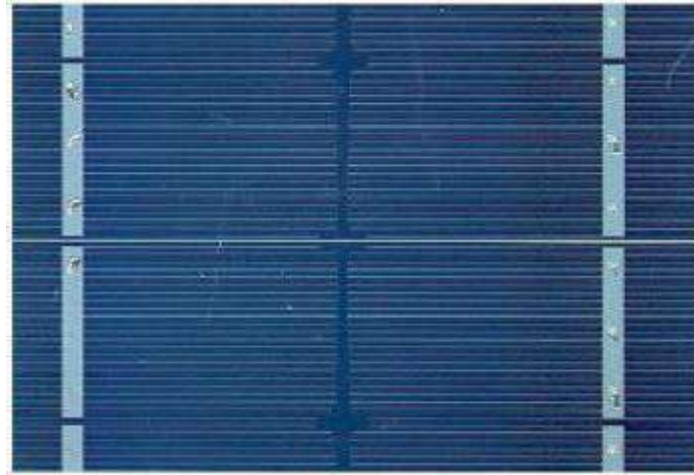


Figure I.2: Cellule au Silicium Monocristallin[5]

### I.5.2 Cellule au silicium poly-cristallin :

Le silicium poly-cristallin est un matériau composé de cristaux juxtaposés obtenus par moulage. Ce matériau est moins coûteux (que le monocristallin). Les cellules carrées ou rectangulaires sont faciles à utiliser.[6]

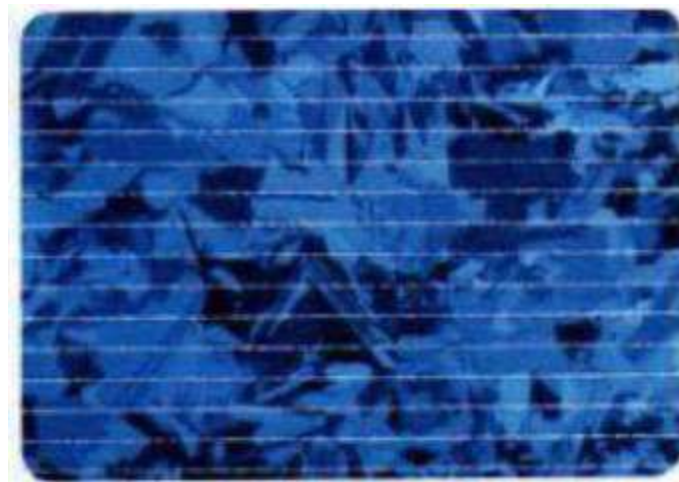


Figure I.3 : Cellule au Silicium Poly-cristallin.[6]

### I.5.3 Cellule au silicium amorphe :

Le silicium absorbe le rayonnement solaire jusqu'à 100 fois mieux qu'en état cristallin; les cellules sont constituées par des couches très minces.[5]



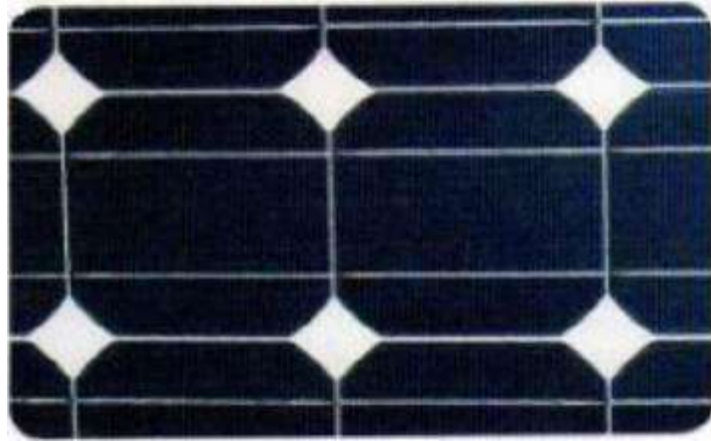


Figure I.4: Cellule au Silicium amorphe.[5]

## **I.6. Différentes structures de cellules solaires :**

### **I.6.1. La structure à jonction PN :**

La jonction p-n est considérée comme la clé du succès des cellules photovoltaïques. La meilleure solution pour séparer les charges consiste à utiliser un champ électrique qui doit, pour bien faire, apparaître spontanément durant la fabrication des cellules. C'est pourquoi le fonctionnement même des cellules photovoltaïques repose sur l'utilisation de jonctions p-n.

### **I.6.2. La structure Schottky :**

Une photodiode Schottky est constituée d'un substrat de silicium de type n, sur lequel est déposée une couche mince métallique, généralement de l'or. On réalise ainsi une barrière Schottky. Le photo courant de génération est analogue à celui d'une photodiode à jonction P-N. L'avantage de la photodiode Schottky réside dans le fait que la couche métallique, si elle est suffisamment mince (10nm) pour le passage de la lumière, est transparente au rayonnement dans le domaine du proche ultra violet, ce qui n'est pas le cas de la zone frontale des autres types de photodiode. La zone de déplétion est si proche du plan d'incidence que les photons de grande énergie et de courte longueur d'onde peuvent y être absorbés. Les porteurs créés sont rapidement balayés par le champ élevé. Ceci permet au dispositif d'avoir, d'une part une grande sensibilité dans le bleu et le violet, et d'autre part une grande vitesse de réponse. L'inconvénient d'une telle structure est dans La réponse aux grandes longueurs d'ondes du rouge et de l'infrarouge qui est par la grande réflectivité de la couche d'or dans cette partie du spectre .[7]

**I.6.3. La structure MIS :**

Dans ces cellules, un film isolant très mince 0.2 Å est formé entre le métal et le substrat semi-conducteur. L'isolant est obtenu soit par oxydation superficielle du silicium thermiquement ou chimiquement par le (HNO<sub>3</sub>, soit par dépôt de (SiO<sub>2</sub>) en atmosphère contrôlée, puisque l'oxyde peut être formé à basses températures et aucun procédé de diffusion n'est impliqué, un rendement de 18% est obtenu par cette structure dans la condition AM1.[7]

**I.6.4. La structure à jonction PIN :**

Nous venons de voir l'intérêt d'avoir une ZCE suffisamment grande pour que le photo courant soit essentiellement créé dans cette zone. Il est possible de maintenir des niveaux de dopages élevés dans les régions N et P sans réduire l'extension de la zone de déplétion, dont la largeur est dès lors pour l'essentiel déterminé par l'épaisseur d'une couche I qui est intercalée entre les régions N et P. Ce qui nous donne la cellule solaire à structure PIN qui est le but de ce mémoire. Donc on augmente artificiellement l'épaisseur de la ZCE. Les photo porteurs atteignent très vite leur vitesse limite. On obtient ainsi des cellules très rapides .en plus le champ électrique dans la région de déplétion empêche la recombinaison des porteurs, ce qui rend la photodiode un composant très sensible [7]

**I.6.5. Structure à avalanche :**

Une structure à avalanche est avant tout une structure PIN, à laquelle on applique une polarisation inverse proche (mais inférieure en valeur absolue) à la tension de claquage . Les photo porteurs créés dans la zone de charge d'espace sont alors multipliés par l'effet d'avalanche. Les photopiles à avalanche sont des dispositifs attractifs car ils bénéficient d'un gain interne dû à la multiplication des porteurs générés par l'absorption de la lumière incidente. En effet, lorsque ces porteurs traversent une région où règne un champ électrique élevé (>105 V/cm), ils peuvent acquérir une énergie suffisante pour ioniser les atomes du réseau cristallin créant ainsi de nouvelles paires électron trou qui immédiatement dissociées, pourront à leur tour créer d'autres paires électron trou, entraînant juste une amplification du photo courant primaire [7]

## **I.7 Conversion photovoltaïque :**

### **I. 7.1 Etat de l'art :**

La découverte de l'effet photovoltaïque remonte à l'année 1839 quand le physicien français Edmond Becquerel observa le changement de la tension d'une électrode en platine sous l'effet de l'illumination avec la lumière, Einstein en expliqua le mécanisme en 1912, mais cela resta une curiosité scientifique de laboratoire .La génération d'une petite quantité d'électricité par l'illumination de certains solides tels que le sélénium fut étudiée par Heinrich Hertz dès les années 1870. Avec des rendements de l'ordre de 1%, le sélénium fut rapidement adopté par des photographes comme luxmètre. De rapides progrès furent obtenus dès les années 1954 par les équipes des Bell Laboratoires aux Etats-Unis qui fabriquèrent la première cellule au silicium cristallin d'un rendement de 4% à partir du procédé de tirage de Czochralski. Ce furent en fait les programmes spatiaux qui donnèrent à cette technologie ses premières applications pratiques. En 1958 le satellite artificiel américain Vaguer emporta un petit générateur solaire pour alimenter sa radio . La première maison avec une installation photovoltaïque voit le jour en 1973 à l'université de Delaware aux Etats-Unis d'Amérique. En 2001, SHMIDT-MENDE réalisent une cellule solaire auto-assemblée à base de cristaux liquides de hexabenzocoronene et térylène. L'entreprise Fuji Kura (fabriquant de composés électroniques) est parvenue à faire fonctionner une cellule photovoltaïque de type CSSC (Cellule solaire sensibilisée par colorant ou cellule Grätzel) en continu à une température de 85C° et à taux d'humidité de 85% pendant 1000 heures. Durant ces dernières années le marché du P.V s'est considérablement développé avec l'amélioration du rendement de conversion et la réduction des couts de production due à la substitution du Si par des matériaux organiques.[8]

### **I.7.2 Principe de fonctionnement d'une cellule solaire :**

Le mot photovoltaïque est composé du terme photo, qui signifie lumière et de voltaïque dont l'origine est le nom du découvreur de la pile électrique Volta. Une cellule photovoltaïque est un composant électronique qui exposé à la lumière (photons) génère une tension électrique (Volt) donc basée sur l'effet photovoltaïque qui se définit par la transformation directe d'une énergie électromagnétique (rayonnement) en énergie électrique de type continu directement

utilisable. Le courant obtenu est un courant continu et la tension obtenue est de l'ordre de 0.5 V. L'effet photovoltaïque utilisé dans les cellules solaires permet de convertir directement l'énergie lumineuse des rayons solaires en électricité par le biais de la production et du transport dans un matériau semi-conducteur de charges électriques positives et négatives sous l'effet de la lumière. Ce matériau comporte deux parties, l'une présentant un excès d'électrons et l'autre un déficit en électrons, dites respectivement dopée de type  $n$  et dopée de type  $p$ . Lorsque la première est mise en contact avec la seconde, les électrons en excès dans le matériau  $n$  diffusent dans le matériau  $p$ . La zone initialement dopée  $n$  devient chargée positivement, et la zone initialement dopée  $p$  devient chargée négativement. Il se crée entre elles un champ électrique qui tend à repousser les électrons dans la zone  $n$  et les trous vers la zone  $p$ . Une jonction (dite  $p-n$ ) a été formée. En ajoutant des contacts métalliques sur les zones  $n$  et  $p$ , une diode est obtenue. Lorsque la jonction est éclairée, les photons d'énergie supérieure ou égale à la largeur de la bande interdite communiquent leur énergie aux atomes, chacun fait passer un électron de la bande de valence vers la bande de conduction et laisse aussi un trou capable de se mouvoir engendrant ainsi une paire électron-trou. Si une charge est placée aux bornes de la cellule, les électrons de la zone  $n$  rejoignent les trous de la zone  $p$  via la connexion extérieure, donnant naissance à une différence de potentiel : le courant électrique circule ; l'effet repose donc à la base sur les propriétés semi-conductrices du matériau et son dopage afin d'en améliorer la conductivité. Le silicium employé aujourd'hui dans la plupart des cellules a été choisi pour la présence de quatre électrons de valence sur sa couche périphérique. Les cellules P.V (photovoltaïques) sont assemblées pour former des modules.[8]

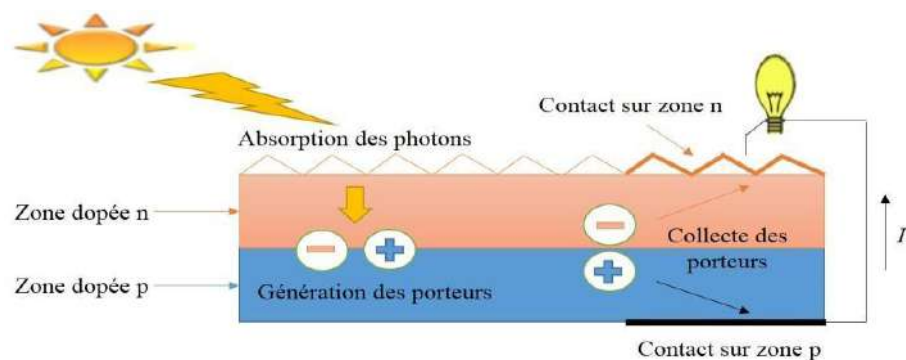


Figure I.5: Principe de fonctionnement d'une cellule PV.[8]

### I.7.3 Types de cellules photovoltaïques :

Selon la nature des matériaux utilisés on distingue trois classes : les cellules P.V inorganiques, les cellules P.V organiques et les cellules P.V hybrides :[8]

**I.7.3.1 Les cellules photovoltaïques inorganiques :**

Les cellules photovoltaïques inorganiques représentent 99 % des ventes mondiales de panneaux solaires, la technologie de cette filière est la plus avancée, pour preuve, la faible différence entre le rendement théorique de 27 % et les meilleurs modules de laboratoire d'un pied carré qui ont un rendement de 20,8 % ; ainsi le rendement du meilleur module commercial de grande taille (1m<sup>2</sup>) , est de 15,3 %. A l'heure actuelle, les cellules photovoltaïques présentant les meilleurs rendements de photo-conversion reposent sur l'utilisation de matériaux inorganiques. Il convient d'en distinguer plusieurs types :[8]

- Cellules solaires à base de silicium
- Les cellules au silicium monocristalline
- Les cellules au silicium poly-cristallin (multi-cristallin) :
- Cellules solaires en films minces

**I .7.3.2 Les cellules photovoltaïques organiques :**

Face à la technologie utilisant les matériaux inorganiques, les cellules solaires à base de composés organiques connaissent un développement considérable. L'intérêt de ces cellules vient aussi du fait que, contrairement aux cellules à base de matériaux inorganiques, elles offrent beaucoup d'avantages : la possibilité d'être déposée en grande surface, la facilité de fabrication et de manipulation, la possibilité de réaliser ces cellules sur des substrats flexibles, et grâce à des coûts de fabrication et de matériaux plus faibles, ces cellules devraient dans l'ensemble revenir beaucoup moins chères que leurs concurrentes. Elles possèdent en revanche à l'heure actuelle des durées de vie jugées inférieures à celles des cellules inorganiques, et des rendements de conversion plus faibles. Il existe deux types de cellules organiques :[8]

- Les cellules à base de matériaux moléculaires
- Les cellules à base de polymères

**I .7.3.3 Les cellules solaires sensibilisées par colorant (CSSC) :**

Ils sont communément appelées DSSC (Dye-Sensitive-Solar-Cella) ou cellules Grätzel. Dans ces cellules, une couche de dioxyde de titane TiO<sub>2</sub> (semi-conducteur de type *n*), est recouverte d'un colorant organique qui absorbe la lumière et elle est mise en contact avec un

électrolyte (solution aqueuse contenant un couple redox) Figure I.6. Cette cellule solaire sera traitée plus en détail dans la deuxième partie du chapitre [8]

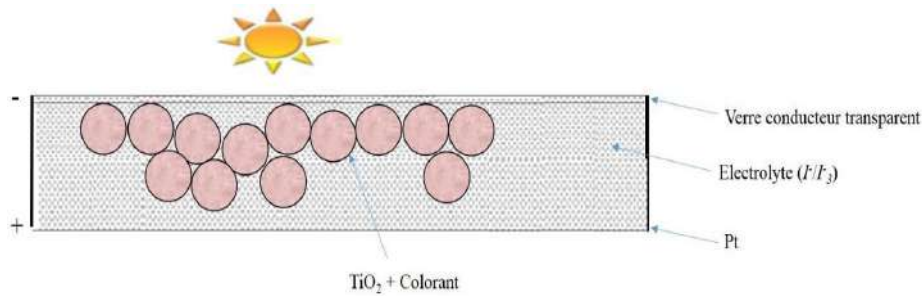


Figure I.6: Structure simplifiée d'une cellule de type CSSC.

## I.8 Caractéristique d'une cellule solaire :

### I.8.1 Le courant de court-circuit, $I_{sc}$

Le courant de court-circuit est le courant débité par la cellule sous éclairement en court-circuitant la sortie. C'est à dire que :  $I_{sc} = I(V=0)$ .

Pour une cellule solaire idéale le courant de court circuit est égal au courant de photo-génération  $I_{ph}$ . [9]

### I.8.2 La tension de circuit ouvert, $V_{co}$

La tension de circuit ouvert est la différence de potentiel mesurée aux bornes de la cellule lorsque la sortie est en circuit ouvert. C'est à dire :  $V_{co} = V(I=0)$ .

Pour une cellule solaire idéale la tension de circuit ouvert est donnée par : [9]

$$V_{co} = QU_t \ln\left(\frac{I_{ph}}{I_s} + 1\right) \quad I.1$$

### I.8.3 La réponse spectrale, $SR(\lambda)$

La réponse spectrale d'une cellule solaire est le rapport du courant total généré par la cellule au courant qui peut être généré pour chaque longueur d'onde du spectre incident.

Elle renseigne sur la réaction de la radiation incidente et permet de fixer la gamme d'utilisation de la cellule. [9]

$$SR(\lambda) = \frac{I_{ph}(\lambda)}{qE(\lambda)(1-R(\lambda))} \quad I.2$$

### I.8.4 La puissance maximale, $P_m$

La puissance débitée par une cellule solaire est maximum quand le produit (V.I) est maximum.

Si  $V_m$   $I_m$  sont la tension et le courant pour lesquels on a ce maximum, la puissance maximum est la surface du plus grand rectangle de côtés  $V_m$  et  $I_m$  qu'on peut inscrire sous la courbe I (V) (Fig.I.7)[9]

$$P_m = (IV)_{max} = I_{optimale}V_{optimale} \quad I.3$$

### I.8.5 Le facteur de forme, FF

On appelle facteur de forme, le rapport de la puissance maximale au produit  $I_{cc}V_{oc}$ . Il indique la qualité de la cellule, il traduit l'influence des pertes par les deux résistances parasites.  $R_S$  et  $R_{sh}$ . [9]

$$FF = \frac{P_m}{I_{cc}V_{oc}} \quad I.4$$

### I.8.6 Le rendement de conversion, $\eta$

Le rendement de conversion d'une cellule solaire est le rapport de la puissance maximale pouvant être extraite à la puissance du rayonnement incident. [9]

$$\eta = \frac{P_m}{P_i}$$

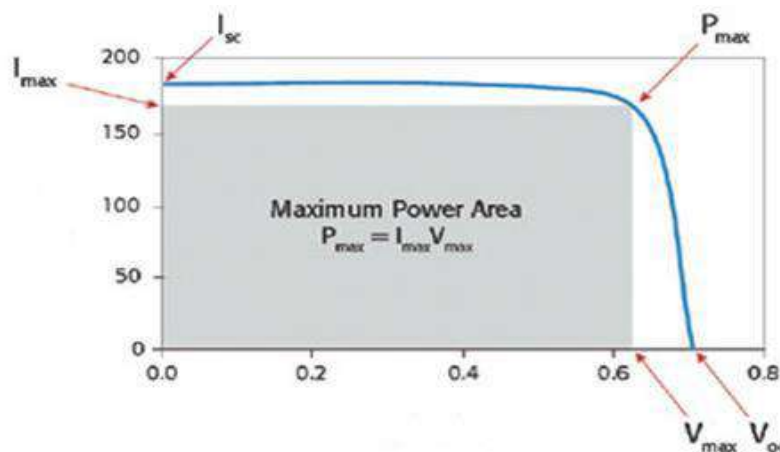


Figure I.7 Caractéristique courant tension d'une cellule solaire éclairée [9]

## **I.9. Avantage et Inconvénients de l'énergie photovoltaïque**

### **I.9.1. Avantage :**

- Ils sont non polluants sans émissions ou odeurs discernables
- Ils peuvent être systèmes autonomes qui fonctionnent sûrement ,sans surveillance pendant de longues périodes
- Ils n'ont besoin d'aucun raccordement à une autre source d'énergie ou à un approvisionnement en carburant
- Ils peuvent être combinés avec d'autres sources d'énergie pour augmenter la fiabilité de système
- Ils ne consomment aucun combustible fossile et leur carburant est abondant et libre
- Une haute fiabilité car l'installation ne comporte pas de pièces mobiles ce , qui la rend particulièrement appropriée aux régions isolées, d'où son utilisation sur les engins spatiaux
- Le système modulaire de panneaux photovoltaïques permet un montage adaptable à des besoins énergétiques variés ; les systèmes peuvent être dimensionnés pour des application allant du milliwatt
- La technologie photovoltaïque présente des qualités sur le plan écologiques car le produit est non polluant , silencieux , et n'entraîne aucune perturbation du milieu
- Ils ont une longue durée de vie
- Les frais et les risques de transport des énergies fossiles sont éliminés[10]

### **I.9.2 Inconvénients**

- La fabrication du module photovoltaïque relève de la haute technologie et requiert des investissements d'un coût élevé
- Le rendement réel d'un module photovoltaïque est de l'ordre de 10 à 15%
- L'occupation de l'espace pour les installations de grandes dimensions
- IL sont tributaires des conditions météorologiques
- L'énergie issue du générateur photovoltaïque est continue et de faible voltage (<30V) donc il doit être transformé par l'intermédiaire d'un onduleur



- Lorsque le stockage de l'énergie électrique sous forme chimique (batterie) est nécessaire, le cout du générateur photovoltaïque est accru . La fiabilité et les performances du système restent cependant équivalentes pour autant que la batterie et les composants de régulation associés soient judicieusement choisis[10]

### **I.10 conclusion**

Nous avons expliqué le fonctionnement de ces cellules solaires, nous avons évoqué les types de cellules solaires, dans lesquels nous avons présenté certains avantages et inconvénients des cellules photovoltaïques.

Pour l'obtenir d'une meilleure configuration de cellules solaires, il est nécessaire d'identifier certaines des informations qui nous obligent à utiliser l'une des techniques actuelles d'amélioration de la littérature, à l'aide d'algorithmes génétiques

Chapitre II :

*Algorithme génétique*

## II .1Introduction

Malgré l'évolution permanente des calculateurs et les progrès fulgurants de l'informatique, il existe pour plusieurs problèmes d'optimisation une taille critique de l'espace de solutions admissibles. La méthode permettant d'obtenir une solution optimale est bien évidemment celle de l'énumération complète de l'espace de recherche. Cette dernière est dans la plupart des cas prohibitive. Compte tenu de ces difficultés, certains chercheurs, il y a environ une trentaine d'années, se sont interrogés pour savoir comment faire mieux : il est apparu plusieurs similarités entre le monde biologique et le monde informatique. De ce fait, l'approche évolutive fût utilisée. En particulier, les algorithmes génétiques vu qu'ils présentent des qualités intéressantes pour la résolution de divers problèmes. Ils sont basés sur la théorie de l'évolution des espèces dans leur milieu naturel, soit une transposition artificielle des concepts basiques de la génétique et des lois de survie énoncées par Charles Darwin : les individus les plus adaptés survivent et se reproduisent. Selon Darwin, les mécanismes à l'origine de l'évolution naturelle des êtres vivants reposent sur la compétition qui sélectionne les individus les plus adaptés à l'environnement actuel au détriment des autres. L'hypothèse de la théorie de Darwin, compte tenu des connaissances actuelles de la génétique, montre que ces mécanismes ne sont pas toujours justifiés. Ces mêmes mécanismes seront utilisés dans l'implémentation de l'algorithme génétique.

L'application des algorithmes génétiques aux problèmes d'optimisation a été formalisée par Goldberg en 1989 . Ensuite ils se sont vite imposés (comme méthodes d'optimisation globale), en permettant l'optimisation des problèmes très variés. Particulièrement, ces méthodes permettent de traiter des problèmes dont la taille est considérable, ou encore des problèmes non décrits de manière explicite. Leur vaste champ d'action, leur implantation généralement aisée sont certainement à l'origine de leur succès. Ce chapitre présente donc, cette méthode d'optimisation stochastique, qui sera utilisée dans la suite pour le problème de la gestion de stocks. Cette présentation nous semble nécessaire du fait de la relative nouveauté des algorithmes génétiques. Elle se veut générale et sans lien immédiat avec le problème de l'optimisation des stocks.[11]

## II .2.Algorithme génétique : Principe de base

Les AG sont des algorithmes d'exploration fondés sur les mécanismes de la sélection naturelle et de la génétique. Ils utilisent à la fois les principes de la survie des structures les mieux adaptées et les échanges d'information pseudo-aléatoires, pour former un algorithme d'exploration qui possède certaines des caractéristiques de l'exploration humaine. A chaque génération, un nouvel ensemble de créatures artificielles (des chaînes de caractères) est créé en utilisant des parties des meilleurs éléments de la génération précédente; ainsi que des parties innovatrices. Ils exploitent efficacement l'information obtenue précédemment pour spéculer sur la position de nouveaux points à exploiter, avec l'espoir d'améliorer les performances. Les AGs ont été développés par John Holland (Holland 1975), ses collègues et ses étudiants à l'université du Michigan. Leurs recherches avaient deux objectifs principaux [12]

1. Mettre en évidence et expliquer rigoureusement les processus d'adaptation des systèmes naturels,

2. Concevoir des systèmes artificiels (en l'occurrence des logiciels) qui possèdent les propriétés importantes des systèmes naturels. Cette approche a débouché sur des découvertes importantes à la fois dans les sciences des systèmes naturels et dans celles des systèmes artificiels.

La robustesse des systèmes artificiels est capitale à plus d'un titre. Si les systèmes artificiels peuvent être rendus plus robustes, les modifications coûteuses peuvent être réduites ou même éliminés.

Si des niveaux d'adaptation supérieurs peuvent être atteints, les systèmes existants peuvent remplir leur fonction mieux et plus longtemps.

Le fonctionnement d'un AG est constitué principalement sur les étapes suivantes :

1. **Création d'une population initiale** : une population initiale de taille  $N$  chromosomes.
2. **Evaluation de chaque individu** : chaque chromosome est décodé puis évalué.
3. **Sélection des "meilleurs" individus** : création d'une nouvelle population de chromosomes par l'utilisation d'une méthode de sélection appropriée.
4. **Reproduction (Croisement et Mutation).**

### 5. Formation d'une nouvelle génération.

6. **Retour** à l'étape 2 tant que la condition d'arrêt du problème n'est pas satisfaite.

Ce fonctionnement peut être illustré plus en détails par l'organigramme général de Figure II.1.[12]

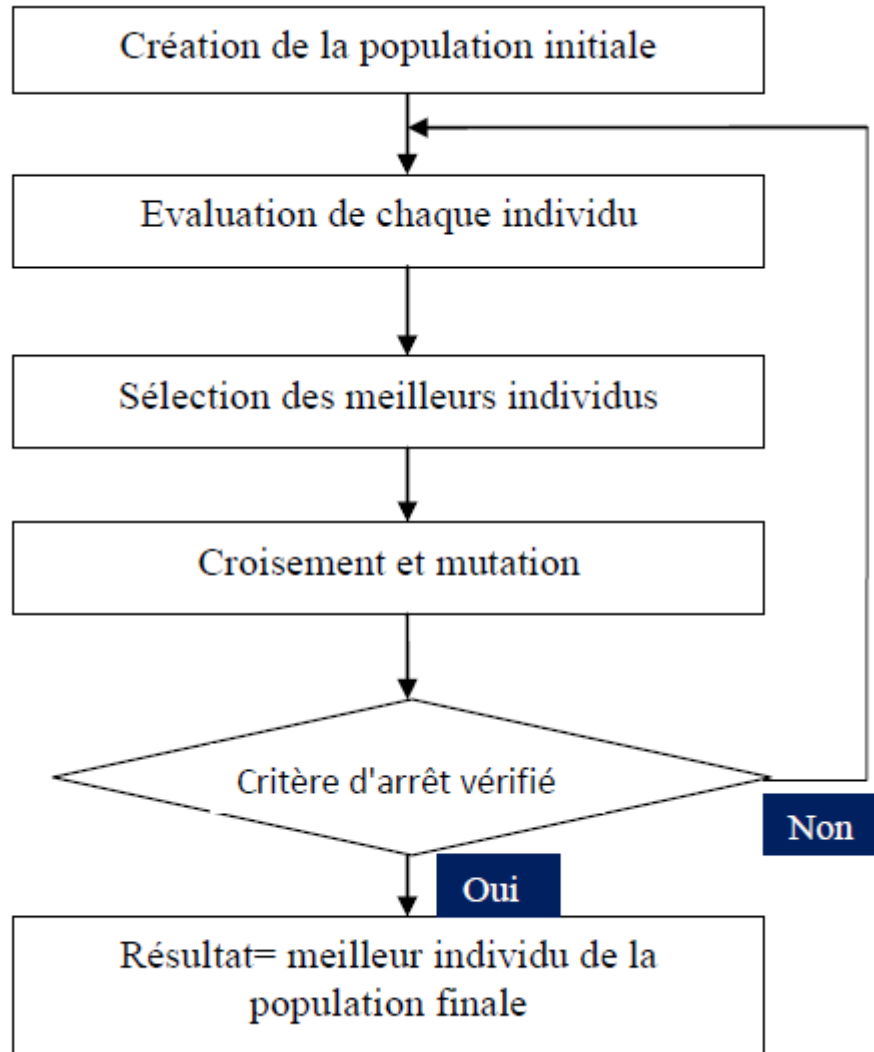


Figure II.1. Organigramme d'un AG[13]

### II .3.Les étapes de l'algorithmes génétique :

Pour optimiser une fonction objectif donnée[  $f$  ] dans un espace de recherche  $\Omega$  ,on définit une fonction performance 'fitness' reliée à cette fonction objectif. Les algorithmes génétique maximissent souvent la fonction performance afin de s'adapter au principe Darwinien .les étapes principales d'un algorithme génétique sont les suivantes :

La première étape d'optimisation par algorithme génétique consiste à initialiser une population de Taille P avec une méthode complètement aléatoire. La population se compose d'un ensemble d'individus (point dans l'espace de recherche ), solution possible du problème. Un individu est constitué de gènes en chaîne de bits codés souvent en binaire '0-1'. A chaque individu, on attribue une fonction performance évaluant le mérite de cet individu en tant que solution possible du problème . La population évolue en une succession de générations en respectant le principe que les individus les plus adaptés (en termes de valeurs de la fonction performance) survivent et se reproduisent.

La deuxième étape est la reproduction , dont la phase la plus importante est la sélection. Les opérateurs de sélection s'appliquent sur une population pour créer une population intermédiaire. Dans le but d'explorer le domaine de recherche, les opérateurs de croisement et de mutation s'appliquent ensuite sur la population intermédiaire pour créer une nouvelle population. le croisement est un opérateur de reproduction qui donne naissance à deux nouveaux individus en échangeant des parties de deux individus qualifiés de parents. L'opérateur de mutation consiste pour sa part à perturber les valeurs de quelques gènes du chromosome dans le but d'augmenter les capacités d'exploration du domaine de recherche . Une fois la nouvelle population constituée, a priori plus performante que la précédente, on examine une condition d'arrêt, définie par l'utilisateur, est satisfaite on met fin au processus de calcul. Dans le cas contraire, on retourne à la deuxième étape, c'est-à-dire la reproduction, et le processus se poursuit jusqu'à la satisfaction de la condition d'arrêt. La figure II.2 présente un schéma de fonctionnement général de l'algorithme génétique . Les différentes étapes de ce dernier sont présentées , en détail , dans les sections suivantes[10]

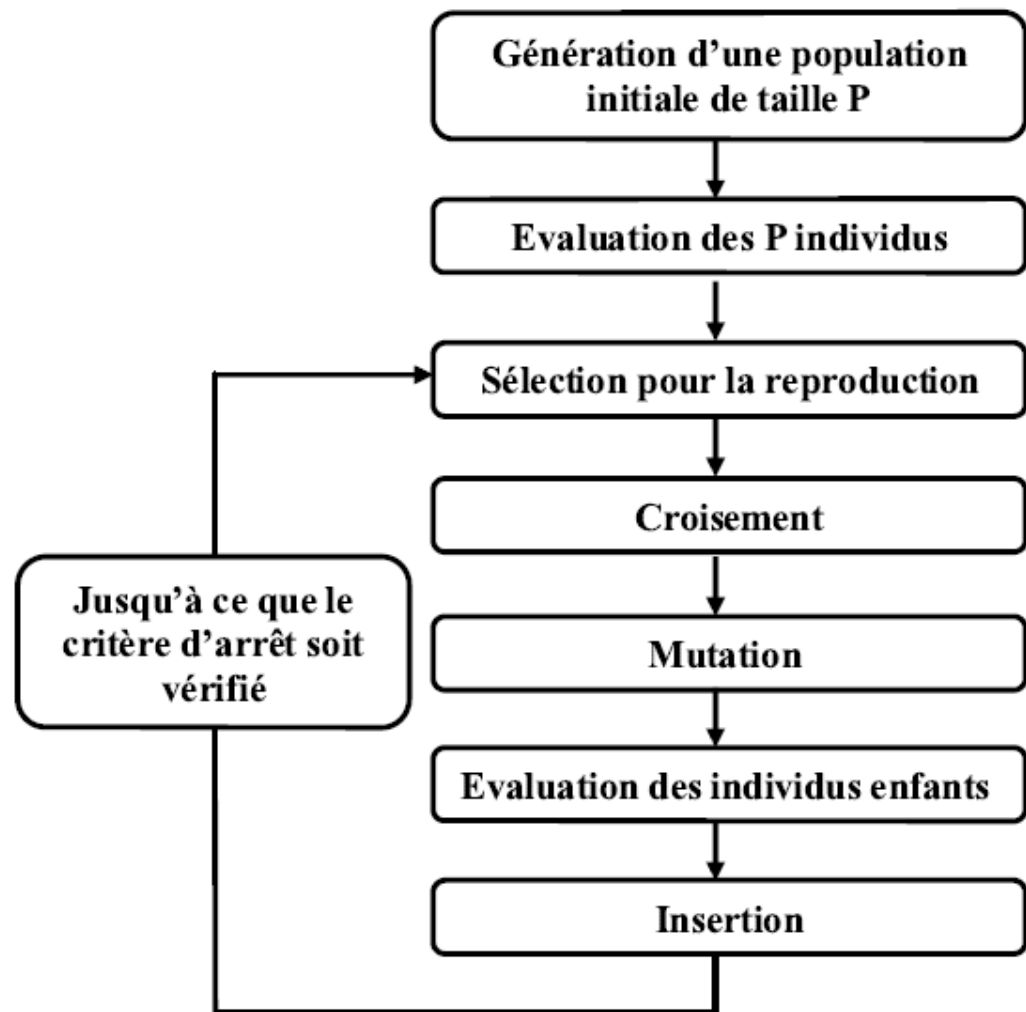


Figure II.2 : Fonctionnement général de l'algorithme génétique[14]

### 3.1 Génération de la population initiale et codage

Le premier pas dans l'implantation des algorithmes génétique est de créer une population d'individus initiaux . Chaque individu de la population est codé par un chromosome.

Plusieurs mécanismes de génération de la population initiale sont utilisés dans la littérature. Le problème principal dans cette étape est le choix de la taille de la population .Si la taille de la population est trop grande , le temps de calcul augmente et demande un espace mémoire important. Par contre , une population de taille très petite, la solution obtenue n'est pas satisfaisante. Il faut donc trouver le bon compromis.

Donc une population est un ensemble de chromosomes. Chaque chromosome code un point de l'espace de recherche. L'efficacité de l'algorithme génétique va donc dépendre du choix du codage d'un chromosome. Cela permet d'établir une connexion entre la valeur de la variable et les individus de la population, de manière à imiter la transcription génotype – phénotype qui existe dans le monde vivant .Il existe principalement trois type de codage : le

codage binaire , le codage réel et le codage un base n. [10]

### ➤ **Codage binaire**

Ce codage a été le premier à être utilisé dans le domaine des AG. Il présente plusieurs avantages : alphabet minimum  $\{0,1\}$ , facilité de mise en point d'opérateurs génétiques et existence de fondements théoriques (théorie sur les schémas ).Néanmoins ce type de codage présente quelques inconvénients :

- a) Les performances de l'algorithme sont dégradées devant les problèmes d'optimisation de grande dimension à haute précision numérique.
- b) La distance de Hemming entre deux nombres voisins (nombre de bits différents) peut être assez grande dans le codage binaire : l'entier 7 correspond à la chaîne 0111 et la chaîne 1000 correspond à la l'entier 8. Or distance de hamming entre ces deux chaîne est de 4, ce qui crée bien souvent une convergence , et non pas l'obtention de la valeur optimale.[10]

### ➤ **Codage réel**

Il a le mérite d'être simple . Chaque chromosome est en fait un vecteur dont les composantes sont les paramètres du processus d'optimisation . Par exemple, si on recherche l'optimum d' une fonction de n variable  $f(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n)$ , on peut utiliser tout simplement un chromosome contenant les n variable : Avec ce type de codage, la procédure d'évaluation des chromosomes est plus rapide vu l'absence de l'étape de transcodage (du binaire vers le réel).[10]

### ➤ **Codage de Gray**

Dans le cas d'un codage binaire on utilise souvent la ''distance de Hemming '' entre les codage binaire de deux nombre réels proches, comme mesure de la dis similarité entre deux éléments de population , cette mesure compte les différences de bits de même rang de ces deux séquences. Et c'est la que le codage binaire commence à montrer ses limites . En effet, deux élément voisins en terme de distance de Hemming ne codent pas nécessairement deux éléments proches dans l'espace de recherche . Cet inconvénient peut être évité en utilisant un ''codage de Gray'' : Le codage de Gray est un codage qui a comme propriété que entre un élément n et élément n+1 , donc voisin dans l'espace de recherche, un seul bit différé[10]

## **3.2Evaluation : fitness**



Une fonction d'évaluation est utilisée pour mesurer les performances de chaque individu, qui correspond à une solution donnée du problème à résoudre. Elle prend en argument l'individu et lui associe un coût de performance. Cette fonction doit guider l'algorithme vers l'optimum en réalisant implicitement une pression de sélection dans cette direction. De plus, l'efficacité d'un AG s'appuie pour une grande part, sur la qualité de cette fonction. La mise au point d'une bonne fonction d'adaptation doit respecter plusieurs critères qui se rapportent à sa complexité et à la satisfaction des contraintes du problème. Lorsque la fonction d'adaptation apparaît excessivement complexe, consommant une importante puissance de calcul, de recherche d'une approximation plus simple est souhaitable[10].

## II.4 Opérateurs génétiques

Trois mécanismes composent essentiellement les opérateurs génétiques : la sélection, le croisement et la mutation. Ces opérateurs se retrouvent dans la littérature sous plusieurs variantes.[15]

### II.4.1 Opérateur de sélection

Cet opérateur est chargé de définir quels seront les individus de  $P$  qui vont être dupliqués dans la nouvelle population  $P+I$  et vont servir de parents (application de l'opérateur de croisement). Cet opérateur est peut-être le plus important puisqu'il permet aux individus d'une population de survivre, de se reproduire ou de mourir. En règle générale, la probabilité de survie d'un individu sera directement liée à son efficacité relative au sein de la population.

On trouve essentiellement quatre types de méthodes de sélection différentes :[15]

- **La sélection uniforme** : Cette méthode est la plus simple consiste à sélectionner les  $N_{pop}$  individus de 1 jusqu'à  $N_{pop}$  deux par deux afin de former le couple (mère-père). Ainsi, cet algorithme de sélection arrange des rangs impairs avec des rangs pairs de la matrice de population. La mère est désigné par les individus des rangées impaires  $ma=Ind1, Ind3, Ind5, \dots$  et le père est désigné par les individus des rangées paires  $pa=Ind2, Ind4, Ind6, \dots$  Cette méthode semble être très peu utilisée et qui plus est possède une variance faible, donc introduit une grande diversité.[15]

• **La sélection stochastique** : Cette approche utilise un générateur uniforme de nombre aléatoire pour choisir les individus qui vont servir de parents. Les nombres de rangée de parents sont localisés par :

$$ma = \text{ceil}(N_{sel} * \text{rand}(1, N_{sel}))$$

$$pa = \text{ceil}(N_{sel} * \text{rand}(1, N_{sel}))$$

où : ceil est une fonction Matlab (arrondit la valeur au prochain nombre entier supérieur).

$N_{sel}$  : nombre d'individus sélectionnés[15]

• **La méthode de la "loterie biaisée" (roulette Wheel Weitling) de Goldberg** : Cette méthode est la plus connue et la plus utilisée. Avec cette méthode, chaque individu a une probabilité d'être sélectionné proportionnelle à sa performance, donc plus les individus sont adaptés au problème, plus ils ont de chances d'être sélectionnés. La probabilité d'être choisie est directement liée à la valeur d'aptitude du parent, elle est inversement proportionnel à leur aptitude. Le chromosome avec un petit aptitude a une grande probabilité et vice-versa.

L'aptitude du rang : Cette approche est indépendante au problème à résoudre, et calcule la probabilité ( $P_n$ ) à partir du rang des chromosomes

(n) : [16]

$$P_n = \frac{N_{sel} - n + 1}{\sum_{n=1}^{N_{sel}} n} \quad (\text{II.1})$$

La population de petite taille a une grande probabilité de sélectionner le même chromosome. L'avantage de cette approche est que les probabilités ne change plus à chaque génération.

L'aptitude du fitness : La probabilité de la sélection est calculée à partir de la valeur de fitness du chromosome dans la population. La valeur de fitness normalisée pour chaque chromosome est calculée par : [16]

$$F_n = f_n - f_{N_{sel}+1} \quad (\text{II.2})$$

où :  $F_n$  est la valeur de fitness normalisée,  $f_n$  est la valeur de fitness de l'individu et  $f_{N_{sel}+1}$  est la petite valeur de fitness des chromosomes jetés. La probabilité ( $P_n$ ) est calculée par [15]

$$P_n = \left| \frac{F_n}{\sum_m^{N_{sel}} F_n} \right| \quad (\text{II.3})$$

où : m est le numéro d'individu

Les probabilités doivent être recalculées à chaque génération. Comme le montre la Figure II.3, La roue est divisée en autant de secteurs que

d'individus dans la population. La taille de ces secteurs est proportionnelle à l'adaptation de chaque individu (la probabilité d'être choisie). En faisant tourner la roue, l'individu pointé à l'arrêt de la boule est sélectionné. Les individus les mieux adaptés ont donc plus de chance d'être tirés au sort lors du déroulement du jeu .[16]

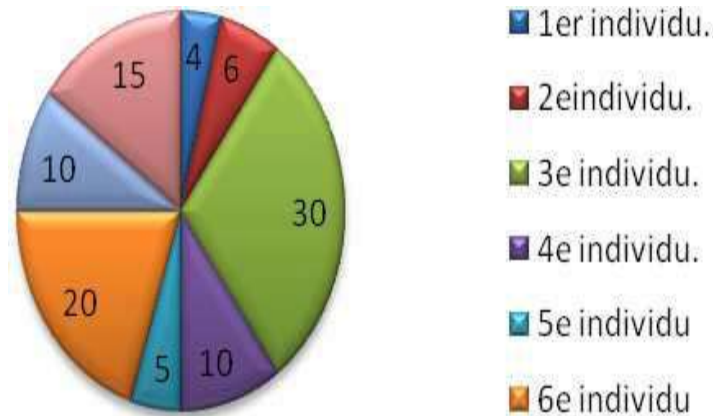


Figure II.3 : La roulette[15]

- **La méthode élitiste :** Cette méthode consiste à sélectionner les  $n$  individus dont on a besoin pour la nouvelle génération  $P+1$  en prenant les  $n$  meilleurs individus de la population  $P$  après l'avoir triée de manière décroissante selon la fitness de ses individus. Il est inutile de préciser que cette méthode est encore pire que celle de l'loterie biaisée dans le sens où elle amènera à une convergence prématurée encore plus rapidement et surtout de manière encore plus sûre que la méthode de sélection de la loterie biaisée; en effet, la pression de la sélection est trop forte, la variance nulle et la diversité inexistante, du moins le peu de diversité qu'il pourrait y avoir ne résultera pas de la sélection mais plutôt du croisement et des mutations.[15]

- **La sélection par tournois :**

Cette méthode est celle avec laquelle on obtient les résultats les plus satisfaisants. Le principe de cette méthode s'effectue par un tirage avec une remise de deux individus de  $P$ , et on les fait "combattre". Celui qui a la meilleure fitness, sa probabilité  $P_n$  comprise entre 0.5 et 1. On répète ce processus  $n$  fois de manière à obtenir les  $n$  individus de  $P+1$  qui serviront de parents. La variance de cette méthode est élevée et le fait d'augmenter ou de diminuer la valeur de  $P$  permet respectivement de diminuer ou d'augmenter la pression de la sélection.[15]

## II.4.2 Opérateur de croisement ou Cross over

Le croisement est le processus selon lequel les bits de deux chaînes sélectionnées sont interchangées : dans le langage génétique, on dira que ces chaînes sont croisées. Son rôle fondamental est de permettre la recombinaison des informations présentées dans le patrimoine génétique de la population. Cet opérateur est appliqué après avoir appliqué l'opérateur de sélection sur la population  $P$ ; on se retrouve donc avec une population  $P+1$  de  $n/2$  individus et on doit doubler ce nombre pour que notre nouvelle génération soit complète. On va donc créer de manière aléatoire  $n/4$  couples et on les fait se "reproduire". Les chromosomes (ensembles de paramètres) des parents sont alors copiés et recombinaison de façon à former deux descendants (enfants) possédant des caractéristiques issues des deux parents.

Pour exécuter le croisement, des chaînes de la population sont accouplées au hasard. Chaque paire de longueur  $l$  subit le croisement comme suit :

Les positions entières  $km$  appelés points de croisement sont choisies au hasard entre 1 et  $(l-1)$ . Chaque chromosome se retrouve donc séparé en "segments". Puis chaque segment du parent 1 est échangé avec son "homologue" du parent 2 selon une probabilité de croisement  $PC$ . Ce processus résulte deux fils pour chaque couple et notre population  $P+1$  contient donc bien maintenant  $n$  individus. En effet, plus le nombre de points de croisements sera grand et plus la probabilité de croisement sera élevée plus il y aura d'échange de segments, donc d'échange de paramètres, et vice-versa.

Les schémas ci-dessous, illustrent : un croisement en un point (figure II.4), un autre pour un croisement en deux points (figure II.4), [15]

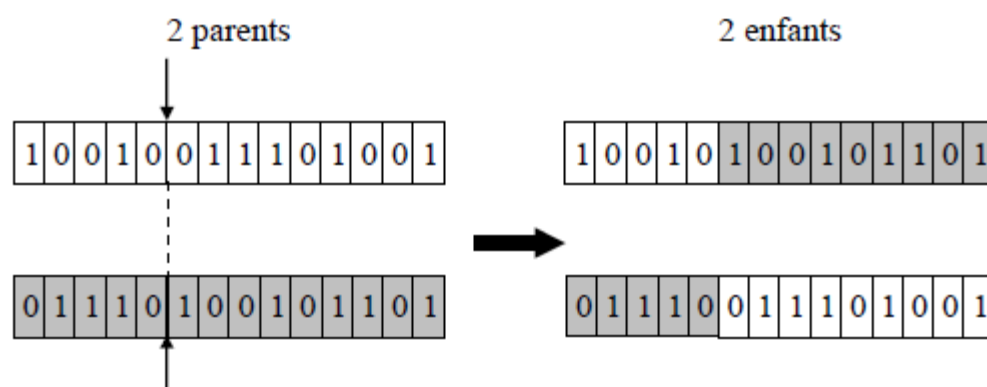


Figure II.4: Croisement avec un point de cross over [15]

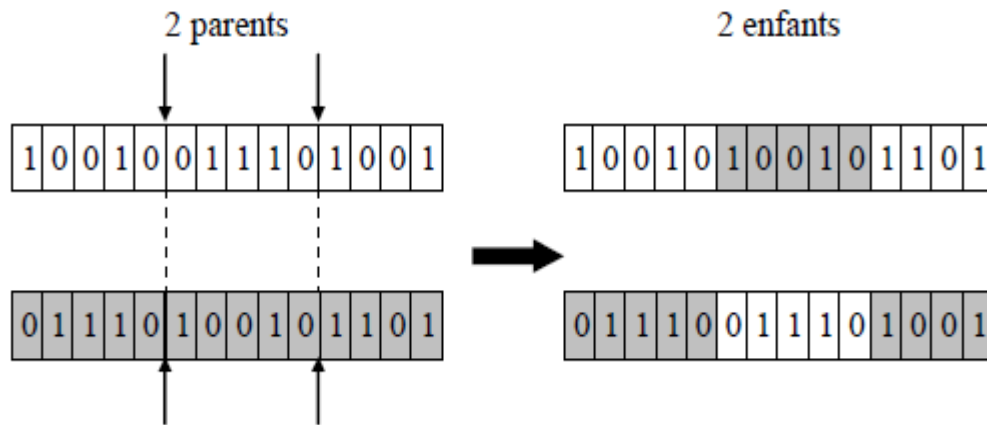


Figure II.5: Croisement avec 2 points de cross over[15]

On peut citer aussi une autre méthode très utilisée dans le cas des problèmes modélisés par un codage binaire, il s'agit du croisement uniforme. La mise en oeuvre de ce procédé est fort simple, elle consiste à définir de manière aléatoire un "masque", c'est-à-dire une chaîne de bits de même longueur que les chromosomes des parents sur lesquels il sera appliqué. Ce masque est destiné à savoir, pour chaque locus, de quel parent le premier fils devra hériter du gène s'y trouvant; si l'un des locus de masque présente un 0, le fils héritera le gène s'y trouvant du parent n° 1, si il présente un 1 il en héritera du parent n° 2. La création du fils n° 2 se fait de manière symétrique. Le schéma représentant le croisement uniforme est donné dans la (figure II.6).[15]

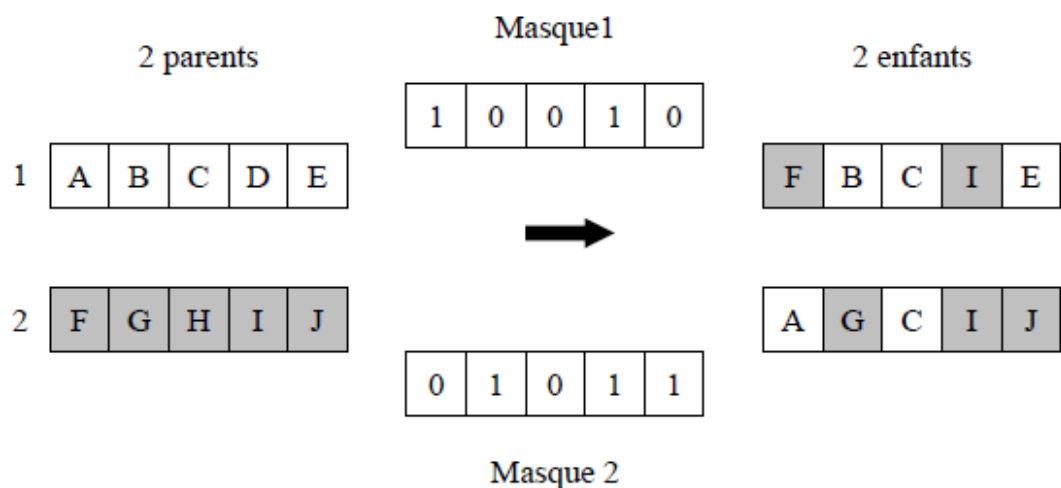


Figure II.6: Croisement uniforme[15]

Les nouvelles chaînes peuvent être totalement différentes de leurs parents. Il faut toutefois remarquer que le croisement n'aura aucun effet sur un gène dont les parents ont la même valeur à la même position.

### II.4.3 Opérateur de mutation

La mutation est le processus selon lequel la valeur d'un gène choisi au hasard dans un chromosome est régénérée (voir la figure II.7). C'est un processus qui ne survient qu'occasionnellement dans un algorithme génétique avec une probabilité  $P_m$  très faible. Une mutation consiste simplement en l'inversion d'un bit (ou de plusieurs bits, mais vu la probabilité de mutation c'est extrêmement rare) se trouvant en un locus bien particulier et lui aussi déterminé de manière aléatoire.[15]

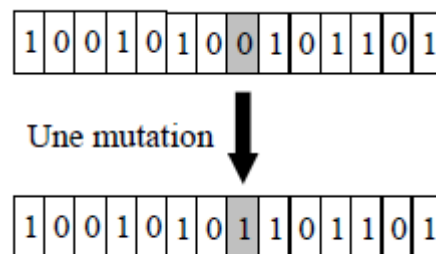


Figure II.7 : Une mutation[15]

L'opérateur de mutation modifie donc de manière complètement aléatoire les caractéristiques d'une solution, ce qui permet d'introduire et de maintenir la diversité au sein de notre population de solutions. Cet opérateur joue le rôle d'un "élément perturbateur", il introduit du "bruit" au sein de la population.

En effet, une mutation pouvant intervenir de manière aléatoire au niveau de n'importe quel locus, on a la certitude mathématique que n'importe quel permutation de notre chaîne de bits peut apparaître au sein de la population et donc que tout point de l'espace de recherche peut être atteint. On notera que la mutation règle donc le problème exposé après le croisement.[15]

### 4.4 Opérateur de remplacement

Cet opérateur est le plus simple, son travail consiste à réintroduire les descendants (enfants) obtenus par application successive des opérateurs de sélection, de croisement et de

mutation (la population  $P+1$ ) dans la population de leurs parents (la population  $P$ ). On trouve essentiellement 2 méthodes de remplacement différentes :[15]

• **Le remplacement stationnaire** : dans ce cas, les enfants remplacent les parents automatiquement sans tenir compte de leurs performances respectives, et le nombre d'individus de la population ne varie pas tout au long du cycle d'évolution simulé, ce qui implique donc d'initialiser la population initiale avec un nombre suffisant d'individus. Cette méthode peut être mise en oeuvre de 2 façons différentes :[15]

- La première se contente de remplacer la totalité de la population  $P$  par la population  $P+1$ , cette méthode est connue sous le nom de remplacement générationnel.
- La deuxième méthode consiste à choisir une certaine proportion d'individus de  $P+1$  qui remplaceront leurs parents dans  $P$  (proportion égale à 100 % dans le cas du remplacement générationnel). Ce type de remplacement engendre une population ayant une grande variation et de se fait favorise la dérive génétique qui se manifeste d'autant plus que la population est de petite taille.

De plus dans bien des cas, étant donné que même un enfant ayant une faible performance remplace forcément un parent, on n'atteint pas la meilleure solution mais on s'en approche seulement.

• **Le remplacement élitiste** : dans ce cas, on garde au moins l'individu possédant les meilleures performances d'une génération à la suivante. En général, on peut partir du principe qu'un nouvel individu (enfant) prend place au sein de la population que s'il remplit le critère d'être plus performant que le moins performant des individus de la population précédente. Donc les enfants d'une génération ne remplaceront pas nécessairement leurs parents comme dans le remplacement stationnaire et par la même la taille de la population n'est pas figée au cours du temps.

Ce type de stratégie améliore les performances des algorithmes évolutionnaire dans certains cas. Mais présente aussi un désavantage en augmentant le taux de convergence prématuré[15]

## II .5.Paramètres d'un AG

Pour appliquer un AG à un problème réel, on doit posséder les éléments suivants :

- Un codage des éléments appartenant à la population, le codage des solutions du problème à résoudre doit être choisi avec soin;
- une fonction d'évaluation ou d'adéquation ou d'adaptation de l'individu qui mesure la qualité de l'individu :
- un processus d'évolution des générations;
- des opérateurs pour modifier les individus d'une population de la génération (t) à la génération (t + 1) comme le croisement et la mutation;
- des paramètres de l'AG : les opérateurs précédents dépendent de plusieurs paramètres qui sont fixés à l'avance et dont dépend fortement la convergence de l'algorithme :
  1. taille de la population : c'est-à-dire le nombre d'individus dans la population. Si la taille est trop petite, l'AG peut ne pas converger, par contre si elle est trop grande, l'évaluation des individus peut être très longue;
  2. probabilité de croisement et de mutation. Les valeurs de ces probabilités peuvent varier d'une application à l'autre. Par exemple, dans l'étude des AG pour l'optimisation de cinq fonctions mathématiques, De Jong (1975) a suggéré de choisir une probabilité de croisement élevée, une probabilité de mutation faible (inversement proportionnelle à la taille de la population), et une population de taille modérée .

La probabilité de mutation est en général très faible, inférieure à 0,1, une probabilité trop grande, peut modifier les meilleurs individus;
  - 3.critère d'arrêt : c'est-à-dire le nombre maximal de générations à effectuer[17]

## II .6.Avantages et inconvénients des algorithmes génétiques

### II.6.1 Avantages des AGs

- Les AGs opèrent au niveau du codage des paramètres sans se soucier de leur nature, donc ils s'appliquent à de nombreuses classes de problèmes, qui dépendent éventuellement de plusieurs paramètres de natures différentes (booléens, entiers, réels, fonctions...);
- Pour les mêmes raisons un AG est dans l'idéal totalement indépendant de la nature du problème et de la fonctionnelle à optimiser, car il ne se sert que des valeurs d'adaptation, qui peuvent être très différentes des valeurs de la fonction à optimiser, même si elles sont calculées à partir de cette dernière;



- Potentiellement les AGs explorent tous l'espace des points en même temps, ce qui limite les risques de tomber dans des optimums locaux;
- Les AGs ne se servent que des valeurs de la fonctionnelle pour optimiser cette dernière, il n'y a pas besoin d'effectuer de coûteux et parfois très complexes calculs;
- Les AGs présentent une grande robustesse c'est-à-dire une grande capacité à trouver les optimums globaux des problèmes d'optimisation.[15]

### II.6.2 Inconvénients des AGs

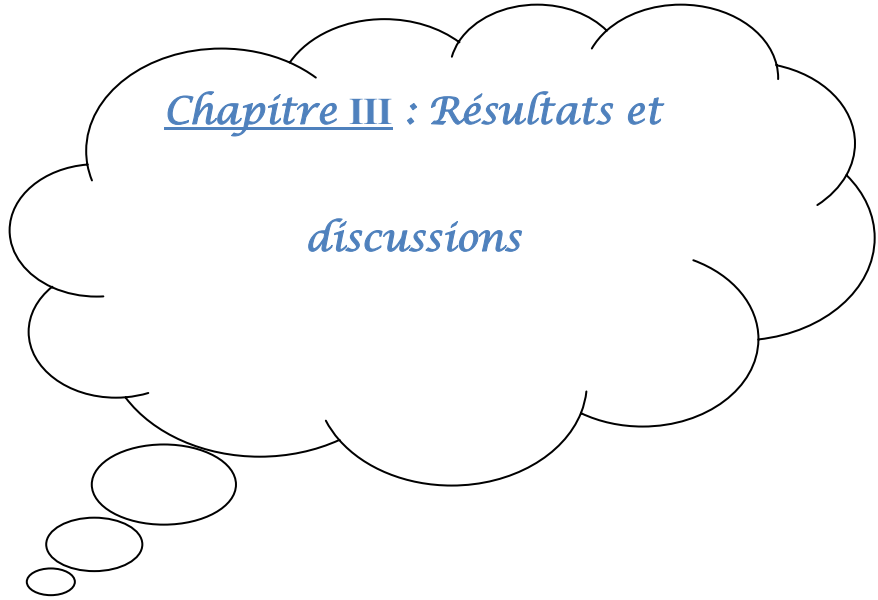
- Les AGs ne sont encore actuellement pas très efficaces en coût (ou vitesse de convergence), vis-à-vis de méthodes d'optimisation plus classiques;
- Parfois les AGs convergent très vite vers un individu particulier de la population dont la valeur d'adaptation est très élevée;
- Le respect de la contrainte de domaine par la solution codée sous forme de chaîne de bits pose parfois problème. Il faut bien choisir le codage, voir modifier les opérateurs;
- L'utilisation d'un AG ne garantit pas le succès de l'optimisation;
- En pratique l'efficacité d'un AG dépend souvent de la nature du problème d'optimisation. Selon les cas de choix des opérateurs et des paramètres seront souvent critiques, mais aucune théorie générale ne permet de connaître avec certitude la bonne paramétrisation, il faudra faire plusieurs expériences pour s'en approcher[15]

## II 7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu de l'algorithme génétique, de ses informations, des processus principaux, ainsi que de quelques concepts liés à l'application des algorithmes génétiques et de leur utilité pour améliorer un problème spécifique, en expliquant les principales étapes de son fonctionnement et en décrivant les avantages et les inconvénients.

Chapitre III : Résultats et

*discussions*



### III.1 Introduction

Dans le présent chapitre, on s'intéresse à l'étude de l'effet de l'irradiation sur les paramètres électriques, tels que le courant de court-circuit  $I_{cc}$ , la tension de circuit ouvert  $V_{co}$ , le facteur de forme FF et le rendement ( $\eta$ ) d'un système photovoltaïque. Dans notre cas, on utilise les algorithmes génétiques (AG) pour déterminer l'évolution des paramètres optimaux tels que le facteur d'idéalité, la résistance série, parallèle (shunt) et le courant de saturation en fonction de l'éclairement pour une fonction fitness minimale. La base de données utilisée pour l'optimisation de notre modèle analytique est basée sur un modèle expérimentale.

### III.2 Modélisation d'un système photovoltaïque

#### ➤ Extraction des paramètres

Dans la modèle à une diode, le courant fourni par la cellule est comme suit :

$$I = I_{ph} - I_D - I_{sh} \quad \text{III.1}$$

Avec :

$I$  : le courant fourni par la cellule

$I_{ph}$  : Photo-courant .

$I_D$  : courant de diode

$I_{sh}$  : courant de shunt

Avec :

$$I_D = I_0 \left[ \exp \left[ \frac{q(V + R_s I_s)}{nkT} \right] - 1 \right] \quad \text{III.2}$$

$$I_{sh} = \frac{V + R_s I_s}{R_{sh}} \quad \text{III.3}$$

Donc l'équation devient :

$$I = I_{ph} - I_0 \left[ \exp \left[ \frac{q(V + R_s I_s)}{nkT} \right] - 1 \right] - \frac{(V + R_s I_s)}{R_{sh}} \quad \text{III.4}$$

Avec :

$V$  : tension à la borne de la cellule solaire

$R_s$  : Résistance série [ $\Omega$ ]

$R_{sh}$  : Résistance shunt (on parallèle) [ $\Omega$ ]

$I_0$  : courant de saturation de la diode (A)

$q$  : charge de l'électron =  $1.6 \times 10^{-19}$  Coulomb

$K$  : Constante de Boltzmann =  $1.38 \times 10^{-23}$  J/K

$n$  : Facteur d'idéalité de la diode

T : Température effective de la cellule [Kelvin] est égale à 298 K

La méthode d'extraction des paramètres par les algorithmes génétiques (AG), dans notre application, on quatre paramètres, les composantes  $I_0$ ,  $R_s$ ,  $R_{sh}$  et  $n$  qui sont regroupés dans un vecteur appelé chromosome. Afin de calculer les valeurs de ces paramètres, il faut minimiser la fonction fitness(f) par la technique d'optimisation d'AG cette fonction est définie par l'utilisation de l'RMSE (root mean square error)

$$f = RMES = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_1^N (I_{exp} - I_{cal})^2} \quad \text{III.5}$$

Où N représente la taille de la base des données expérimentales tandis que exp et cal représente respectivement les données expérimentales et les données calculées par la technique AG. Ou  $I_{cal}$  est donnée comme suit :

$$I_{cal} = I_{ph} - I_0 \left[ \exp\left(\frac{q(V_{exp} + I_{exp}R_s)}{nkT}\right) - 1 \right] - \frac{(V_{exp} + I_{exp}R_s)}{R_{sh}} \quad \text{III.6}$$

### III.3. Application des étapes des algorithmes génétiques

Notre processus d'optimisation par les algorithmes génétiques pour minimiser la fonction fitness (l'expression III.5), nécessite l'utilisation des règles de la boîte d'outil, sous MATLAB, qui sont citées ce qui suit :

- La population : le type, et la taille de la population, la population initiale (utilisée dans l'algorithme génétique)
- Définition des opérateurs génétiques : sélection, reproduction, mutation, croisement....
- Critères d'arrêt : génération (spécifie le nombre maximal d'itération), délai (spécifie la durée maximale en secondes du fonctionnement de l'algorithme génétique avant de s'arrêter)

Le processus d'optimisation est présenté dans la figure III.1 [10]

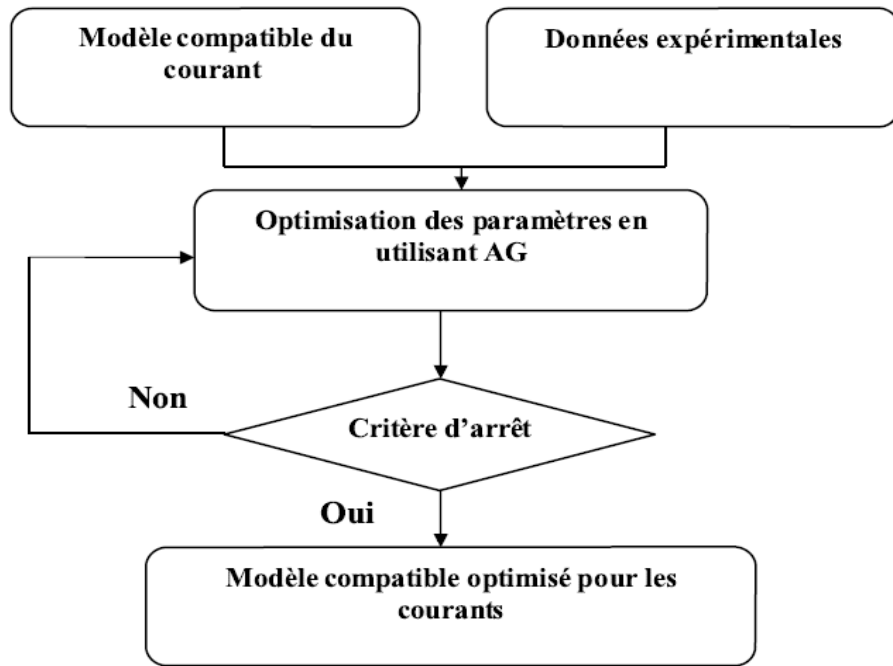


Figure III.1 Organigramme du processus d’optimisation[10]

Les paramètres utilisés dans cette étude sont résumés dans le tableau III.1

Paramètre AG	Valeur		
	1	2	3
N° de tests			
Fonction De création	Uniforme stochastique		
Taux de croisement	0.8	0.85	0.5
Fonction De croisement	Dispersé		
Fonction d'évaluation	proportionnelle		
Fonction De mutation	Adaptive adquate	Uniforme	Adaptative adéquate
Taux de mutation	/	0.01	/
Taille de La population	10	20	30
Fonction de sélection	Tournoie	Tournoie	Tournoie
Nombre de maximum de génération	20000	20000	20000
Critère d'arrêt	0.00040	0.0345	0.00016

Tableau III.1 Paramètre d’AG utilisés dans cette application

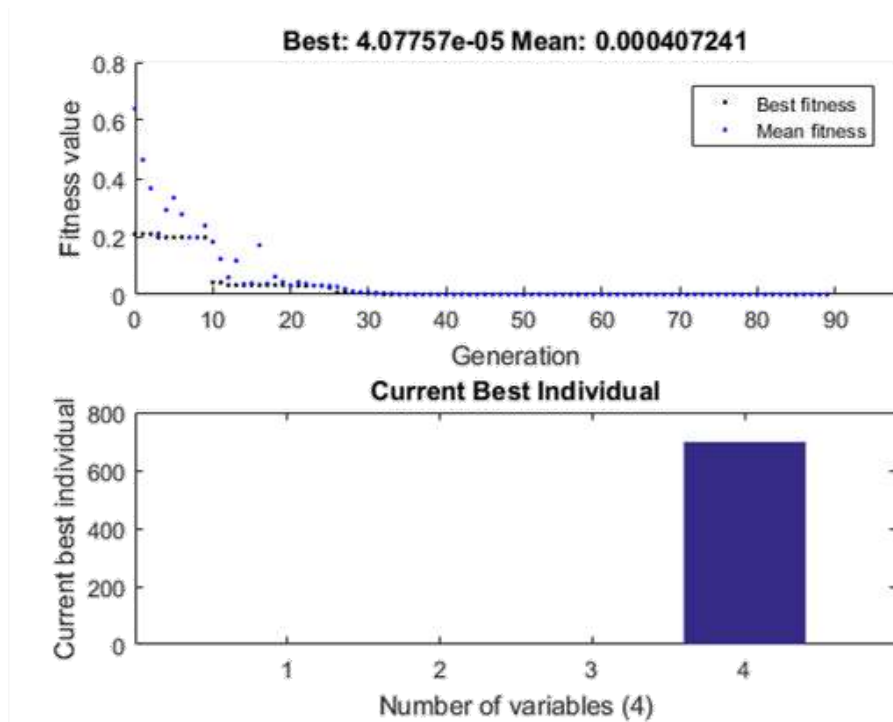
### III. 4.Résultats d'optimisation par AG

Les résultats obtenus par l'approche de calcul (AG) concernant l'effet de l'éclairements sur les paramètres de la caractéristique courante - tension , sont comparés avec l'ensemble des données expérimentales afin de confirmer leur validité . Les différents paramètres expérimentaux et ceux obtenus par le calcul AG sont résumés dans le tableau ci-dessous

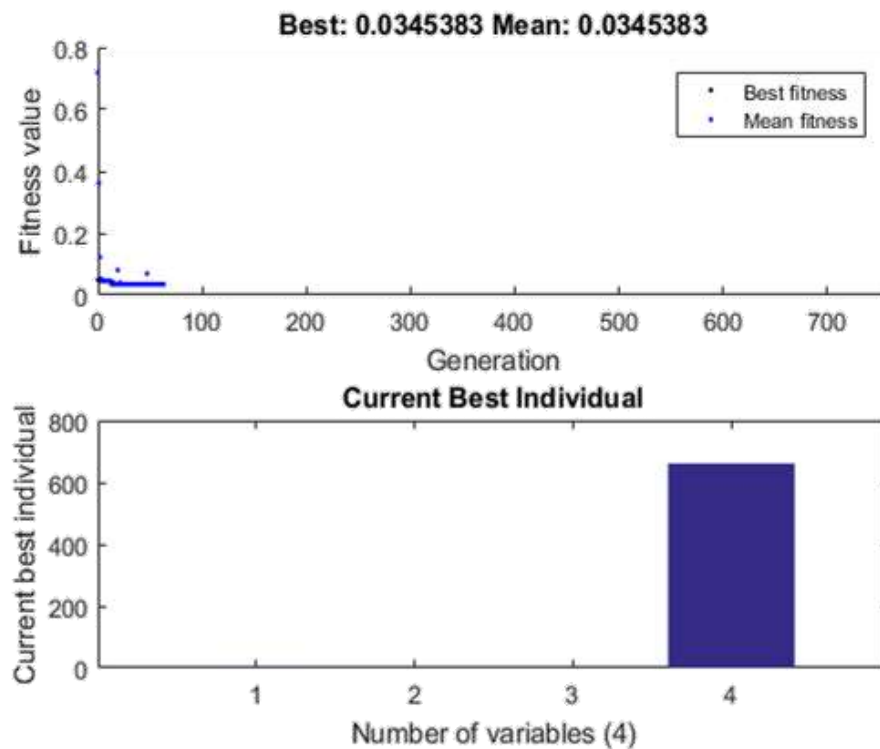
N <sup>o</sup> de tests	Tests(AG)			Résultats d'après[18]
	1	2	3	
Critère d'arrêt	0.00040	0.0345	0.00016	/
Valeur de la fonction d'évaluation	$4.077 \times 10^{-5}$	0.034538	$6.035 \times 10^{-6}$	/
Nombre de génération	98	760	1400	/
I <sub>0</sub> (nA)	2.8	8.42	6.30	/
R <sub>s</sub> (Ω)	6.7	6.72	5.6	5
R <sub>sh</sub> (Ω)	565.894	661.415	666.949	700
n	1.070	1.128	1.112	

Tableau III.2 Résultats du processus d'optimisation

Pour le premier test d'AG , on a obtenu les meilleures valeurs de quatre paramètres indiqués dans le tableau III.2, pour un critère d'arrêt égal à 0.00040 après 98 génération par les AG et la valeur minimum de la fonction d'évaluation (RMSE) égale à  $4.077 \times 10^{-5}$  (fig III..2)

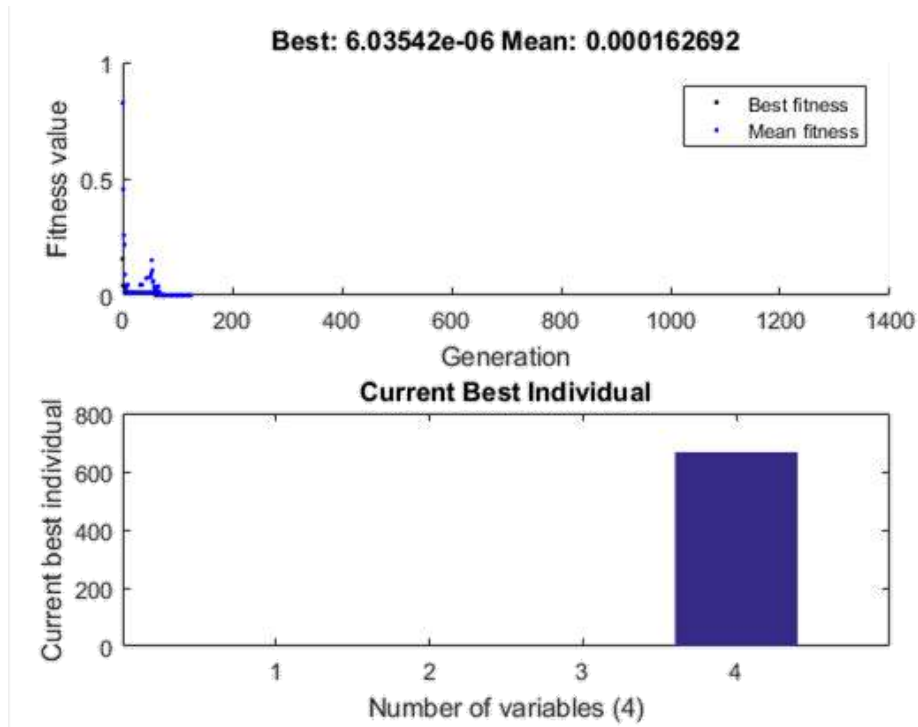


Figures III.2: Test AG N° 1 (critère d'arrêt =0.00040)



Figures III.3: Test AG N° 2 (critère d'arrêt =0.0345)

La figure III.3 indique les meilleures valeurs de paramètre obtenus par le deuxième test pour un critère d'arrêt égale à 0.0345 après 760 génération par les AG et la valeur minimum de la fonction d'évaluation(RMES) égale à 0.034538.



Figures III.4 : Test AG N° 3(critère d'arrêt =0.00016)

La figure III.4 indique les meilleures valeurs de paramètre obtenus par le deuxième test pour un critère d'arrêt égale à 0.00016 après 1400 génération par les AG et la valeur minimum de la fonction d'évaluation(RMES) égale à  $6.035 \times 10^{-6}$ .

### III 5.Validation des résultats

Les résultats obtenus précédemment nécessitent une validation afin qu'ils soient valables et exploitables pour une utilisation ultérieure. Pour cela on a fait des comparaisons entre les résultats des courants obtenus par AG et celles expérimentaux[18]. De plus on a calculé les erreurs individuelles absolues (IAE) qui donnent la différence entre le courant expérimentale et le courant calculé dans chaque point de la courbe.

Les résultats obtenus par simulation de notre modèle sont représentés sur les figure III.5, III.6 et III.7. Nous remarquons bien que dans le test N° 3 il ya un très bon accord entre les valeurs expérimentales et cellule simulées par l'AG ou l'erreur individuelle absolue (IAE) semble très petite, ( $IAE = |I_{exp} - I_{cal}|$ ), le tableau III.3 montre bien que les paramètres trouvés par l'AG sont plus adéquates pour former un modèle plus proche du réel.



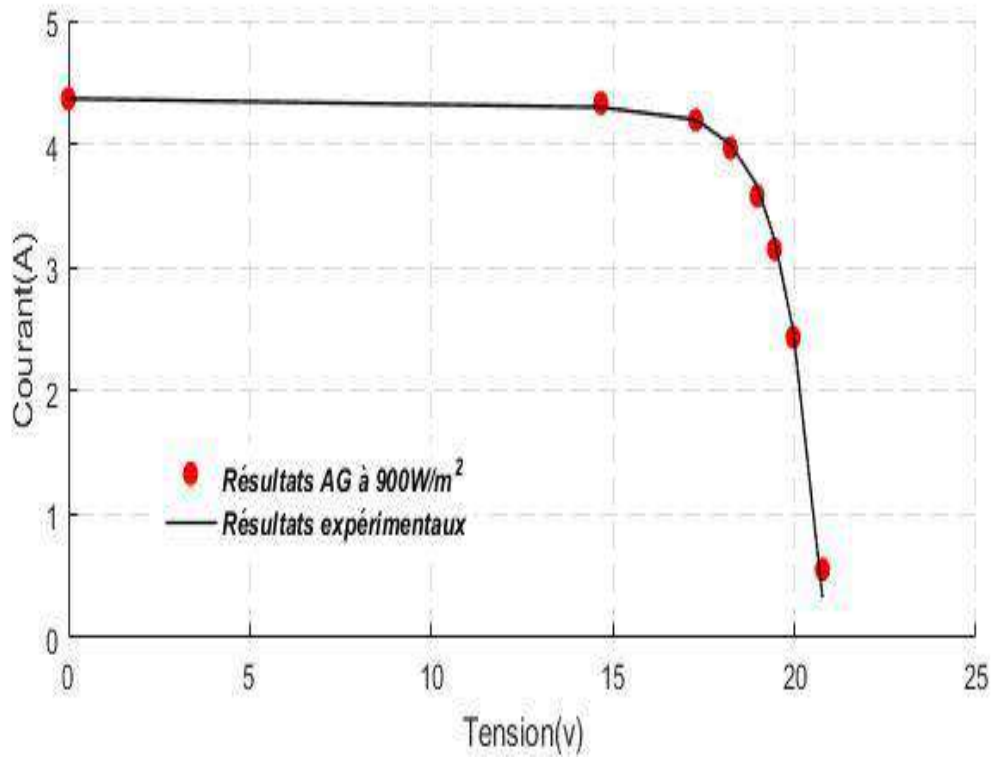


figure III.5 Comparaison des résultats d'AG avec ceux expérimentaux –Test N°1

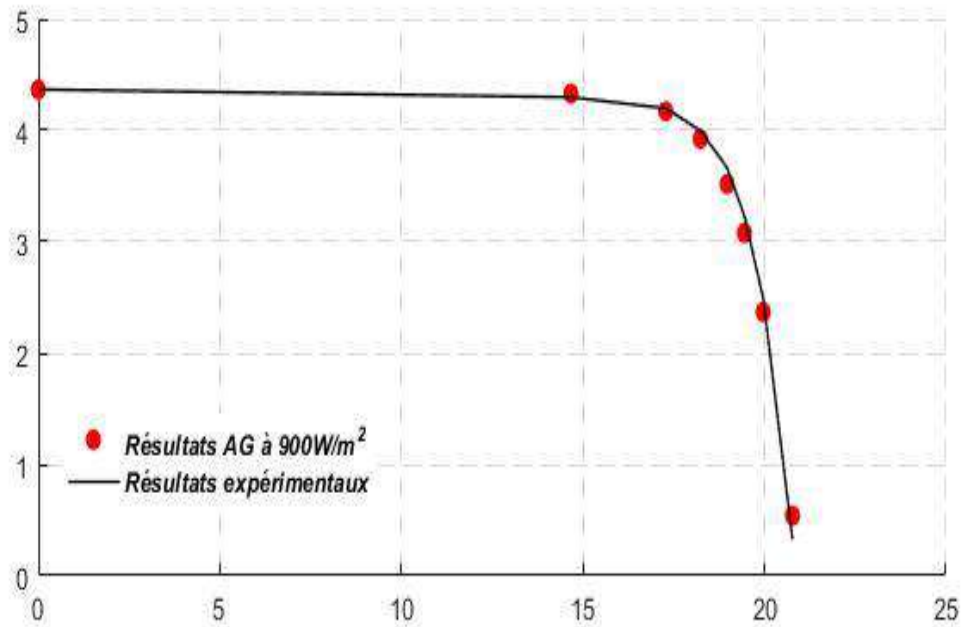


figure III.6. Comparaison des résultats d'AG avec ceux expérimentaux –Test N°2

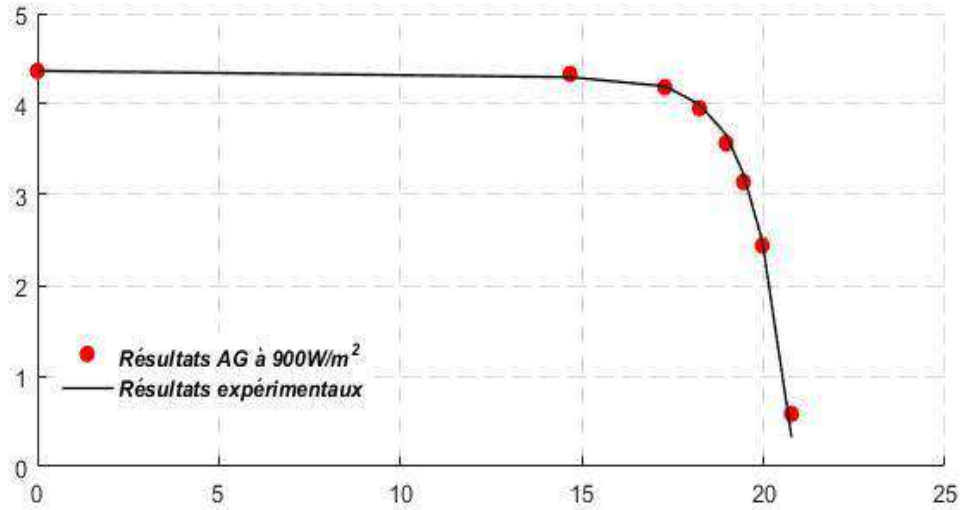


figure III .7 Comparaison des résultats d’AG avec ceux expérimentaux –Test N°3

V(V)	I(A)	Test N°1	IAE	I(A)	Test N°2	IAE	I(A)	Test N°3	IAE
0	4.367	4.366	0.000	4.3672	4.366	0.004	4.367	4.366	0.000
	2	7	5		8		2	9	4
14.669	4.297	4.330	0.036	4.2979	4.330	0.032	4.297	4.332	0.034
1	9	5			6	7	9	6	6
17.279	4.197	4.193	0.003	4.1974	4.171	0.025	4.197	4.186	0.010
4	4	7	7		5	9	4	8	6
18.235	3.998	3.966	0.032	3.9984	3.923	0.075	3.998	3.954	0.043
3	4	3	1		3	1	4	5	9
18.970	3.663	3.579	0.083	3.6630	3.518	0.144	3.663	3.568	0.094
6	0	9	1		7	3	0	7	4
19.448	3.228	3.147	0.081	3.2228	3.078	0.149	3.228	3.141	0.086
5	6	6		6	6	9	6	8	8
19.963	2.496	2.434	0.062	2.4963	2.368	0.128	2.496	2.440	0.055
2	3	2	1		2	1	3	5	8
20.772	0.324	0.554	0.229	0.3247	0.539	0.214	0.324	0.581	0.257
1	7	3	6		5	8	7	8	1

Tableau III.3: Erreur individuelle absolue entre les valeurs du courant expérimentales et celles des tests 1,2 et 3

**III 6. Résultats sous éclairement**

On s’intéresse dans ce paragraphe à l’étude de la caractéristique I(V) sous différents éclairement de 800, 900 et 1000 mW/m<sup>2</sup> Figure III.8.

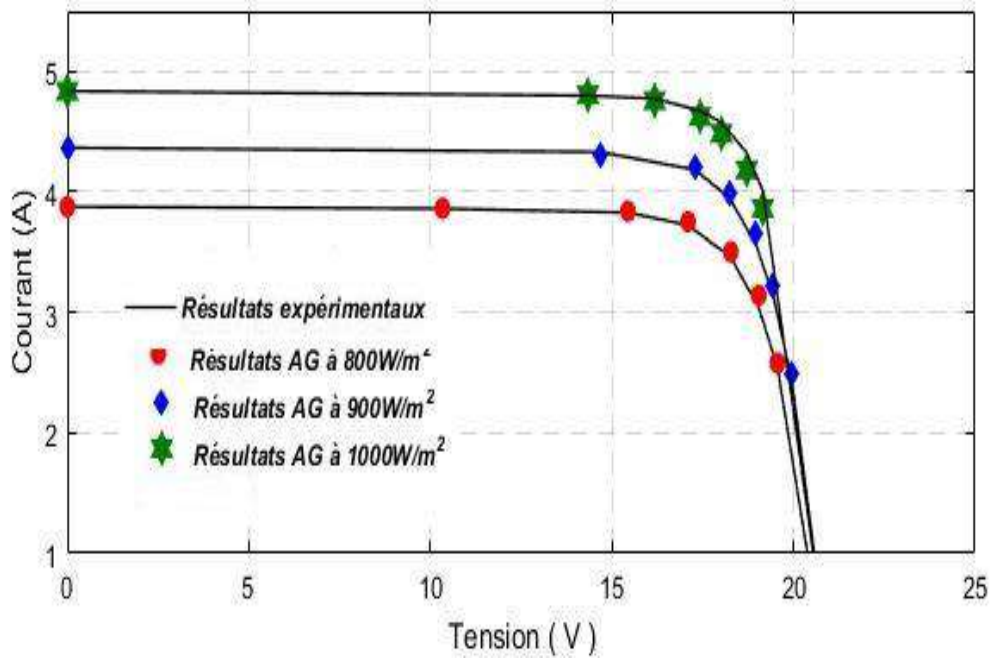


Figure III.8 : Caractéristique courant tension sous différents éclairement .

On constate qu’il existe un bon accord entre la caractéristique courant- tension analytique et la caractéristique expérimental [18].

Le tableau ci-dessous (III.4) résume les résultats de l’approche analytique que nous avons développée avec les résultats expérimentaux où l’erreur relative ne dépasse 0.0004, ce qui indique que ce modèle est très proche du comportement réel de générateur PV.

E (W/m <sup>2</sup> )	Résultats d’après[18]				Résultats AG			
	I <sub>cc</sub> (mA)	V <sub>co</sub> (mV)	FF	η(%)	I <sub>cc</sub> (mA)	V <sub>co</sub> (mV)	FF	η(%)
800	3.877	20.625	12.063	8.02	3.8746	20.625	11.972	7.96
900	4.367	20.772	15.329	8.10	4.363	20.772	15.204	8.04
1000	4.837	20.955	19.025	8.24	4.833	20.955	18.658	8.08

Tableau III.4 : comparaison entre les résultats expérimentaux et Résultats AG pour différents paramètres électriques et photovoltaïques

### III .7 conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié l'effet de l'éclairement sur le fonctionnement d'un générateur PV à travers les caractéristiques I-V obtenues par l'application de l'approche d'optimisation avec les algorithmes génétiques. Ces derniers ont permis de déterminer les valeurs de courant de saturation, facteur d'idéalité  $n$  et de la résistance série et shunt de la cellule solaire en fonction de l'éclairement.

Les résultats indiquent que la technique AG présente une meilleure stratégie conventionnelle d'extraction des paramètres en termes de convergence. Elle fournit des solutions optimales globales.

Les caractéristiques I-V obtenues ont validées la propriété prédictive de notre modèle compact optimisé, il peut être utilisé pour prédire d'autres combinaisons des variables d'entrée.

### Conclusion générale

L'intérêt scientifique a conduit à une intensification de la recherche dans le domaine des panneaux photovoltaïques, qui a connu une forte croissance, particulièrement au cours des 20 dernières années. Notre recherche visait à développer de nouvelles méthodes analytiques utilisant l'algorithme génétique pour améliorer les paramètres physiques de la cellule photovoltaïque.

Dans le premier chapitre, nous avons tout d'abord rappelé quelques notions sur le rayonnement solaire et son application dans le domaine photovoltaïque. Nous avons ensuite expliqué le fonctionnement des cellules photovoltaïques et leurs caractéristiques principales ainsi que les paramètres limitant leur rendement et leur coût.

La technique d'optimisation reposant sur les Algorithmes génétique a fait l'objet du deuxième chapitre. Nous avons exposé les principes de base tout en mettant un accent particulier sur les avantages et les inconvénients de cette méthode évolutionnaire dont le choix est motivé, par la nature du problème à traiter et par l'efficacité de ces algorithmes pour la recherche d'une solution très proche de l'optimum ou presque optimale. Le dernier chapitre du mémoire a été consacré à l'ensemble des étapes d'optimisation du système photovoltaïque .. Nous nous sommes particulièrement concentrés sur le développement d'un modèle analytique optimisé de la caractéristiques I-V en fonction de l'éclairement en utilisant la technique évolutionnaire AG. Le bon accord entre les résultats expérimentaux et les résultats obtenus par notre approche a montré l'applicabilité des AGs .Les résultats obtenus nous encouragent également à procéder à des réflexions supplémentaires dans ce domaine

## Bibliographie

- [1] krou safia . « optimisation des paramètres d'une cellule photovoltaïque par algorithmes génétiques » . mémoire de magister université ferhat abbas stif .2014/2015
- [2.] .Abderrzzek Mahfoud. « Modélisation des cellules solaire tandem a couches minces et à haut rendement ». Thèse de Doctorat université de Ferhat abbas stif. 2015.
- [3] M.Blhadj ''Modélisation d'un système de captage photovoltaïque autonome '' Mémoire de Magister Centre Universitaire de Bechar 2007-2008
- [4] M.N.Mchalikh et CH.Hmada''Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque en fonctionnement autonome et connecté au réseau '' Mémoire de Master Université Kasdi Merbah–Ouargla 2013.
- [5] Djarallah, Mohammed,« contribution a l'étude des systèmes photovoltaïques résidentiels couples au réseau électrique », , Thèse de Doctorat en Science université de Batna, 2008.
- [6] Ghedeir .B , Sayah.L . « Gestion d'énergie d'un système photovoltaïque » . Mémoire de Master université kasdi Merbah ouargla .20180.
- [7] Houda chabane . « Etude d'une cellule solaire abase de structure pin » . Mémoire de Magister université Hadj lakhdar batna .2015.
- [8] Belarbi Moussaab . « Contribution à la modélisation des paramètres électrique des cellule solaire sensibilisées par colorant ». Thèse de Doctorat université Abou-Bekr belkaid Tlemcen.2016
- [9] Ben cherif Hichem. « Etude et modélisation analytique d'une cellule solaire à base de Si-Ge ». Mémoire de Magister université Hadj lakhdar Batna..
- [10].Khezzar Soumia. « Modélisation de cellule solaire par algorithmes génétique ». Mémoire de Magister université Hadj lakhdar Batna .2013
- [11] Naim Zerari. « les algorithmes génétique en maintenance ».mémoire magister université el hadj lakhdar batna .2006.

[12] Goldberg D.E. "*Algorithmes génétiques*". Editions Addison-Wesley France, SA, pages 1\_2, 8\_9, 71\_73, 93\_94 et 137, Juin 1994.

[13] Yahiaoui fatah . « Application des algorithmes génétique à la commande basée sur la passivité d'une MSAP ».mémoire Master université abderrahmane Mira Bejaia.2013.

[14] T.chaari . « un algorithmes génétiques pour l'ordonnancement robusste :aplication au proplème du flou shop hybride » thèse de doctorat .2010

[15] Toufic bendib . « Modélisation et simulation du transistor DGMOSFET en utilisation les algorithmes génétique ». mémoire magister université Hadj lakhdar Batna.2008

[16] R. L. Haupt, S. E Haupt. *Practical Genetic Algorithms*, 2nd edition, John Wiley & Sons edition, New York, USA, 2004

[17] Mr.BouABDALLAH AMARA. « Application des algorithmes génétique au dispartcling économique et environnemental ». mémoire Master université Mohamed Khider Biskra.2012.

[18]A.Ould Mohamed yahya . « etude et modélisation d'un générateur photovoltaïque ». Cheikh Anta DIOP.2008

## Résume :

Cette étude propose une nouvelle méthode basée sur une approche d'algorithme génétique (AG) pour optimiser les paramètres électriques tels que le facteur d'idéalité, le courant de court-circuit, la tension en circuit ouvert, la résistance série et la résistance shunt, en fonction de l'éclairement pour une fonction fitness minimale. La base de données utilisée pour optimiser notre modèle analytique repose sur un modèle expérimental. Les résultats du modèle proposé sont également comparés avec des données expérimentales et analytiques I-V. Par conséquent, cette approche peut fournir une base théorique et des informations physiques pour un système photovoltaïque.

Mots-clés: extrait, cellules solaires, algorithme génétique

## الملخص

تقترح هذه الدراسة طريقة جديدة تعتمد على نهج الخوارزمية الجينية لتحسين الخصائص الكهربائية مثل عامل المثالية. تيار الدائرة المستقصرة. جهد الدائرة المفتوحة. المقاومة المتسلسلة والمقاومة على التفرع. اعتمادا على الإضاءة للحصول على الحد الأدنى من الأداء الجيد. تعتمد قاعدة البيانات المستخدمة لتحسين النموذج التحليلي لدينا على على نموذج تجريبي. تتم مقارنة نتائج النموذج المقترح أيضا ببيانات التجريبية والتحليلية لذلك قد يوفر هذا النهج أساسا نظريا ولمحة تجسيدية لنظام كهروضوئي.

الكلمات المفتاحية: إستخراج, الخلايا الشمسية, الخوارزمية الجينية

## Summary

This study proposes a new method based on a genetic algorithm (GA) approach to optimize the electrical parameters such as ideality factor, short circuit current, open-circuit voltage, series resistance and shunt resistance, depending on the lightning for a minimal fitness function. The database used to optimize our analytical model is based on an experimental model. The proposed model results are also compared to experimental and analytical I-V data. Therefore, this approach may provide a theoretical basis and physical insights for photovoltaic system

Keywords: extract, solar cells, genetic algorithm