



جامعة قاصدي مرياح ورقلة



كلية العلوم و التكنولوجيا و علوم المادة

قسم علوم المادة

مذكرة

لنيل شهادة الماجستير

تخصص: فيزياء

فرع: فيزياء الإشعاع و المطيافية و الإلكترونيات الضوئية

من إعداد الطالبة: حوامد سعيدة

العنوان

Modélisation et optimisation d'un capteur de rayonnement par la technique d'orientation à deux axes pour un panneau photovoltaïque

نوقشت يوم: 17 ديسمبر 2013

أمام لجنة المناقشة المكونة من السادة:

رئيسا	أستاذ محاضر (جامعة قاصدي مرياح ورقلة)	-أ.د. بوكراع عمر
ممتحنا	أستاذ تعليم عال (جامعة قاصدي مرياح ورقلة)	-أ.د. كمال الدين عيادي
ممتحنا	أستاذ تعليم عال (جامعة قاصدي مرياح ورقلة)	-أ.د. بوقطاية حمزة
مقررا	أستاذ تعليم عال (جامعة الوادي)	-أ.د. فرحات رحومة

Créé avec

 nitroPDF[®] professional

télécharger la version d'essai gratuite sur nitropdf.com/professional

شكري وأهلي وأهلي

شكري الأول والأخير لله رب العالمين ,فله الحمد والثناء كله:

﴿ربي أوزعني أن اشكر نعمتك التي أنعمت علي وعلى والدي وان اعمل صالحا

ترضاه﴾.

في البداية أتقدم بشكري الجزيل لوالدي العزيز " حوامد عمار بن لخضر " و أمي " عزي تجانية" اللذان كانا رمزا للمثابرة و الشجاعة .

واشكر جزيل الشكر زوجي " عطاء الله صالح " و ابني " المعتصم بالله" اللذان بعثافيا الأمل و أنارا لي الطريق و علماني أن الحياة كفاح . كما اشكر كل عائلة " عطاء الله " .

كما أتقدم بشكري الخالص إلى الدكتور " رحومة فرحات " الذي أتاح لي فرصة البحث والمعرفة وعلى إرشاداته التي كانت السبيل لتحقيق هذا البحث ولا أنسى شكري الجزيل للأساتذة :

" بن حميدة سفيان " و " دودي نجاة " و " بكاكرة يوسف " و " حوامد عبد الكامل "

الذين لم ييخلوا علي بمعلوماتهم القيمة ,فكانوا يستقبلني في كل مرة سألتهم عن المراجع ,وعلى مجهوداتهم التي بذلوها في البرجة .

كما اشكر كل من شجعني وساعدني على البحث والمثابرة .

سعيدة

المنص

Créé avec

 **nitro**^{PDF} professional

télécharger la version d'essai gratuite sur nitropdf.com/professional

المخلص:

الطاقة الشمسية ذات طابع متعاقب بمعنى أنها تتوفر خلال أوقات محددة من النهار, ولا تتوفر بذات الطاقة أثناء فترة شروقها, وبالتالي الاستفادة منها صغيرة. لهذا عملوا على اكتشاف نظام التعقب الشمسي لاسترجاع هذه الطاقة الضائعة. وهذا النظام يتكون من خلايا شمسية لتحويل الضوء الساقط إلى طاقة كهربائية لأن استجابتها للإشعاع الشمسي فورية, حيث التيار الناشئ يتغير بدلالة عدة عوامل كنوع الخلية وشدة الإشعاع الشمسي الساقط. وكذلك يتكون من كاشف ضوئي الذي يعمل على إرسال إشارات للخلية الشمسية عن طريق المحرك لتحريك اللوح الشمسي لالتقاط أكبر طاقة ممكنة وفق آلية الدوران حول محورين العمودي والأفقي.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية, الخلية الشمسية, الكاشف الضوئي, الإشعاع الشمسي, التعقب الشمسي.

Résumé :

L'énergie solaire est une énergie renouvelable, d'autre sens elle est disponible à quelques moments de la journée et la même énergie n'est disponible pendant la période du lever du soleil, par conséquent son exploitation être petite. Pour cela les chercheurs ont découvert un système de poursuite du soleil pour récupérer de l'énergie perdue. Où ce système constitue de cellules solaires pour convertir la lumière à une énergie électrique à cause de sa réponse à la radiation solaire immédiate. Où le courant produit varié en fonction de plusieurs facteurs comme le type de la cellule et l'intensité de radiation solaire. Aussi, ce système consistant de détecteur optique qui envoie des signaux à la cellule solaire à travers le moteur pour déplacer le panneau solaire pour capturer la plus grande énergie possible selon un mécanisme de rotation sur deux axes vertical et horizontal.

Mots-clés: Energie solaire, cellule solaire, capteur optique, radiation solaire, poursuite du soleil.

Abstract :

The solar energy is a renewable energy, in other sense it the same energy is available at some moments of the day and is available during the period of the sunrise, consequently its exploitation to be small. For it the researchers discovered a system of tracking of the sun to get back some lost energy. Where this system constitutes of solar cells to convert the light to an electrical energy because its response to the solar radiation is immediate. Where the current produced varied according to several factors as the type of the cell and the intensity of solar radiation. So, this system constitutes of optical detector which sends signals to the solar cell through the engine to move the solar panel to capture the biggest possible energy according to a mechanism of rotation on two axes vertical and horizontal.

Key words: Solar energy, solar cell, optical detector, solar radiation, tracking of the sun.

الفهرس:

المصطلحات

1.....المقدمة العامة

الفصل الأول : دراسة الخلايا الشمسية وتوليد الطاقة

3.....مقدمة

3-I-1 الخلايا الشمسية.....3

3-I-1-1 المفعول الكهروضوئي.....3

4-I-2 أنواع الخلايا الشمسية.....4

5-I-2 الوحدة الفوتوفولطية.....5

6-I-2-1 رسم مكافئ للخلية الشمسية.....6

8-I-2-2 الخاصية تيار-جهد والرسم المكافئ.....8

9-I-3 معاملات الخلية الشمسية.....9

9-I-3-1 تيار الدارة المقصرة I_{CC}9

9-I-3-2 الجهد لدارة مفتوحة V_{CO}9

9-I-3-3 الاستطاعة المقطوعة.....9

9-I-3-4 عامل الشكل f_f9

10-I-3-5 المردود η10

10-I-4 النماذج الرياضية للخلايا الشمسية.....10

11-I-4-1 النموذج الأول.....11

12-I-4-2 النموذج الثاني.....12

14-I-5 العوامل التي تؤثر على الخاصية $I = f(V)$14

14-I-5-1 تأثير الإضاءة.....14

15-I-5-2 تأثير درجة الحرارة.....15

16-I-5-3 تأثير المقاومة المربوطة على التسلسل.....16

17-I-5-4 تأثير عامل الجودة.....17

18-I-6 نقطة التشغيل الأعظمية.....18

19-I-7 المردود الطاقوي الأعظمي.....19

19.....خاتمة

الفصل الثاني : دراسة مختلف أنواع الكواشف الضوئية

20.....مقدمة

20	II-1 الكواشف الضوئية لأشياء الموصلات وخصائصها
20	II-1-1 المبدأ الأساسي للكواشف الضوئية
21	II-1-2 الخصائص الضوئية لشبه الموصل
26	II-2 الفوتوديود
26	II-2-1 الوصلة PN
29	II-2-2 الفوتوديود PIN لإضاءة عمودية
32	II-3 الفوتوكاشف الناقل للشحنة (CCD)
32	II-4 الفوتوترانزستور
32	II-4-1 فوتوترانزستور أحادي القطب
33	II-4-2 فوتوترانزستور ثنائي القطب
33	II-5 صيغ التشغيل
33	II-5-1 صيغة فوتوناقل (photoconducteur)
35	II-5-2 صيغة فوتوفولطي (photovoltaïque)
37	II-6 دراسة اختيار الكاشف الضوئي من أجل توجيه اللوح الشمسي
37	خاتمة

الفصل الثالث : الإشعاع الشمسي

38	مقدمة
38	III-1 تذكير
38	III-1-1 الشمس
38	III-1-2 الأرض
39	III-1-3 المسافة أرض-شمس
40	III-1-4 الثابت الشمسي
40	III-2 الإحداثيات الفلكية
40	III-2-1 الإحداثيات الأفقية
41	III-2-2 الإحداثيات الساعية
42	III-2-3 الإحداثيات الاستوائية
42	III-2-4 الإحداثيات البروجية
43	III-3 الأزمنة الفلكية المختلفة
44	III-4 المسار الشمسي
45	III-4-1 اتجاه الكاشف
46	III-4-2 إحداثيات الشمس
46	III-4-3 حساب وقت الشروق والغروب
47	III-5 الإشعاع الشمسي
47	III-5-1 الطيف الشمسي
48	III-5-2 أنواع الأشعة الشمسية
49	III-6 نمذجة الإشعاع الشمسي لأجل جو صحو
49	III-6-1 الإشعاع الشمسي على مستوى الأفق
52	III-6-2 الإشعاع الشمسي على مستوى مائل
55	خاتمة

الفصل الرابع : نظام التعقب الشمسي

56.....	مقدمة
56.....	1-IV وصف ميكانيزم نظام تعقب الشمس
57.....	2-IV وصف التحكم الآلي لنظام التعقب الشمسي
58.....	1-2-IV وحدة معالجة إشارات الكواشف
60.....	2-2-IV وحدة المراقبة والحكم
60.....	3-2-IV خريطة الاستطاعة
61.....	4-2-IV خريطة software
61.....	3-IV المواضيع الظاهرية للشمس
61.....	1-3-IV زاوية سمت الرأس
61.....	2-3-IV زاوية السمت
61.....	3-3-IV زاوية السمت الخارجية (γ)
61.....	4-3-IV زاوية السقوط
62.....	4-IV توجيه الكاشف
62.....	1-4-IV الدوران حول محور واحد
64.....	2-4-IV الدوران حول محورين
66.....	5-IV مقارنة النتائج
67.....	خاتمة
68.....	الخاتمة العامة
69.....	المراجع
72.....	الملحق

المصطلحات:

[W]	P_m : استطاعة نقطة التشغيل
$[w/m^2]$	G_h : الإشعاع الشمسي الكلي على المساحة الأفقية
$[w/m^2]$	G_i : الإشعاع الشمسي الكلي على المساحة المائلة
$[w/m^2]$	I_h : الإشعاع الشمسي المباشر على المساحة الأفقية
$[w/m^2]$	I_i : الإشعاع الشمسي المباشر على المساحة المائلة
$[w/m^2]$	D_h : الإشعاع الشمسي المنتشر على المساحة الأفقية
$[w/m^2]$	D_i : الإشعاع الشمسي المنتشر على المساحة المائلة
$[w/m^2]$	I : الثابت الشمسي
[V]	V : الجهد المحدد بالديود
[V]	V_{co} : الجهد لدارة مفتوحة
$[V^{-1}]$	S : الحساسية
[heure]	ω : الزاوية الساعية
[heure]	w_s : الزاوية الشمسية
[heure]	TSV : الزمن الشمسي الحقيقي
[heure]	TSM : الزمن الشمسي المتوسط
	U_T : الكمون الحراري
[U. M]	D_{T-S} : المسافة أرض-شمس
[Hz]	ν : تواتر الموجة الضوئية
[V]	V_m : توتر نقطة التشغيل
[A]	I_s : تيار التشبع
[A]	I_{cc} : تيار الدارة المقصرة
[A]	I_d : تيار الديود

[A]	I_m : تيار نقطة التشغيل
	ϵ_r : ثابت العزل الكهربائي
[j. s]	h : ثابت بلانك
[j. s ⁻¹]	k: ثابت بولتزمان
[°]	λ : خط الطول
[°]	ϕ : خط العرض
[K°]	T: درجة الحرارة المطلقة
[°]	h: زاوية الارتفاع الشمسي
[°]	δ : زاوية الانحراف الشمسي
[°]	θ : زاوية السقوط
[°]	γ_s : زاوية السميت
[°]	γ : زاوية السميت الخارجية
[°]	γ' : زاوية السميت الخارجية للمساحة الموجهة
[°]	a : زاوية السميت الشمسي
[°]	B' : زاوية الميل الخارجية للمساحة الموجهة
[°]	θ_z : زاوية سميت الرأس
[°]	β : زاوية ميل الكاشف
[c]	q: شحنة الإلكترون
[ev]	E_g : طاقة الحزمة الممنوعة
[ev]	E_v : طاقة حزمة التكافؤ
[ev]	E_c : طاقة حزمة النقل
	ff : عامل الشكل
	n : عدد الأيام
[A]	I_{ph} : فوتو- تيار
[A]	I_{sh} : مجزئ التيار الكهربائي
	η : مردود الخلية الضوئية

T: معامل الانتقال

R: معامل الانعكاس

A: معامل النوعية

G: معدل التوالد

[$\text{cm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$]

[Ω]

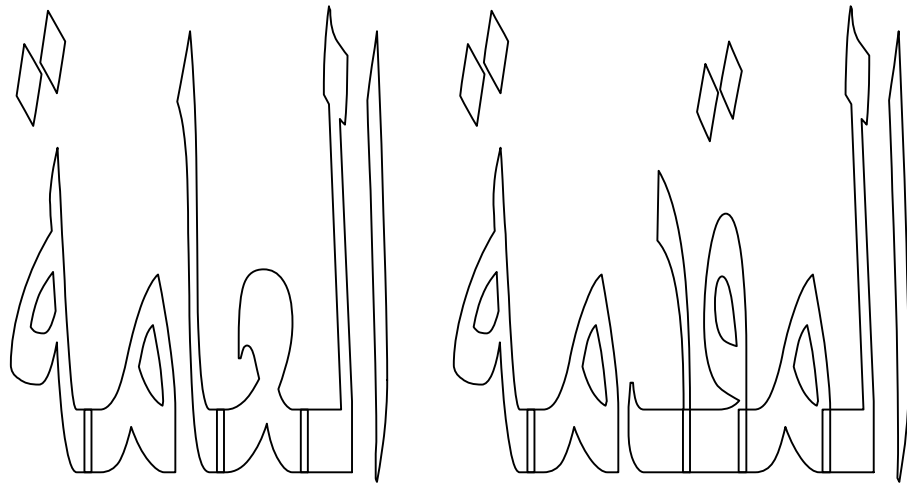
R_s : مقاومة التسلسل

[Ω]

R_{sh} : مقاومة مجزئ التيار الكهربائي

R_b : نسبة الإشعاع المباشر اليومي على المساحة المائلة إلى المساحة الأفقية

ρ : L' albedo



Créé avec

 **nitro**^{PDF} professional

télécharger la version d'essai gratuite sur nitropdf.com/professional

المقدمة العامة :

تعتبر الشمس إحدى مصادر الطاقة اليومية والمجانية منذ القديم, فقد عمل العلماء على كيفية استغلال هذه الطاقة الشمسية الهائلة التي تصل إلى الأرض على شكل إشعاع كهرومغناطيسي, ويتم تحويلها من طاقة حرارية إلى طاقة كهربائية الذي هو مجال كبير من البحث العلمي المتواصل.

وفي الأخير توصل العلماء إلى اكتشاف الخلايا الشمسية التي تعمل على التقاط الحرارة المنتشرة نحو الأرض وتمتد إلى ثلاثة أشكال مختلفة إشعاع كلي, مباشر ومنتشر, وتحولها إلى تيار كهربائي. وهي مصنوعة من مواد نصف ناقلة مثل (CIS. CdTe. GaAs).

لمعرفة مدى صلاحية الخلايا الشمسية التجنوا إلى وضع مصطلح المردود الطاقى الذي هو نسبة الطاقة الناتجة إلى الساقطة, للحصول على أكبر مردود قاموا بالاهتمام بتوجيه الكاشف ففي البداية كانت الخلية الشمسية مثبتة والمردود الطاقى صغير, وبعدها عملوا على تدوير الكاشف حول محور واحد أو محورين .

موضوع هذه المذكرة متمركز على كيفية الحصول على أكبر مردود طاقى فما هي أفضل طريقة للحصول على ذلك. عملنا مختص بنمذجة الإشعاع الشمسي وبرمجة التيار الفوتوفولطى لولاية الوادي وكيفية اختيار أحسن نوع للكواشف الضوئية لأشباه الموصلات لإعطاء أكبر إشارة ضوئية.

هذه المذكرة تتكون من أربعة فصول :

- الفصل الأول يختص بدراسة الخلايا الشمسية والمفعول الكهروضوئى تركيبها وأنواعها ومردودها والخاصية تيار-جهد للخلية الشمسية ونمذجة التيار الكهربائى الذى تولده وكذلك الاستطاعة الكهربائىة بدلالة الجهد.
- الفصل الثانى يهتم بدراسة الكواشف الضوئية لأشباه الموصلات وأنواعها ومبدأ عملها وإيجابيات وسلبيات وتطبيقات كل نوع منها.

- الفصل الثالث يختص بعموميات حول الإحداثيات الفلكية, حركة دوران الأرض حول الشمس, إحداثيات الشمس, مختلف أنواع الإشعاع الشمسي (الكلي, المباشر و المنتشر) وبرمجته في حالة خلية مثبتة أفقية أو مائلة.
 - الفصل الرابع يهتم بدراسة المواضيع الظاهرية للشمس وتوجيه الكاشف وبرمجة الإشعاع الشمسي في حالة دوران الخلية على محور واحد أو محورين.
- وفي الأخير نختم بخاتمة عامة لهذا الموضوع.

الفصل الأول

الخلايا الشمسية و توليد الطاقة

Cr   avec

 **nitro**^{PDF} professional

télécharger la version d'essai gratuite sur nitropdf.com/professional

الفصل الأول

دراسة الخلايا الشمسية وتوليد الطاقة

مقدمة

جمعت الطاقات المتجددة عدد ثابت للسلوكيات التكنولوجية حسب مصدر الطاقة، والطاقة النافعة المتحصل عليها.

الطاقة الشمسية الكهروضوئية تنتج من التحويل المباشر لجزء الإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية. هذا التحول للطاقة يتم بواسطة ميل الخلية الكهروضوئية (PV) بمقدار ضئيل، ويعتمد على ظاهرة فيزيائية تسمى الفعل الكهروضوئي الذي ارتكز على إنتاج القوة المحركة الكهربائية عندما مساحة هذه الخلية تعرض للضوء.

I-1 الخلايا الشمسية :

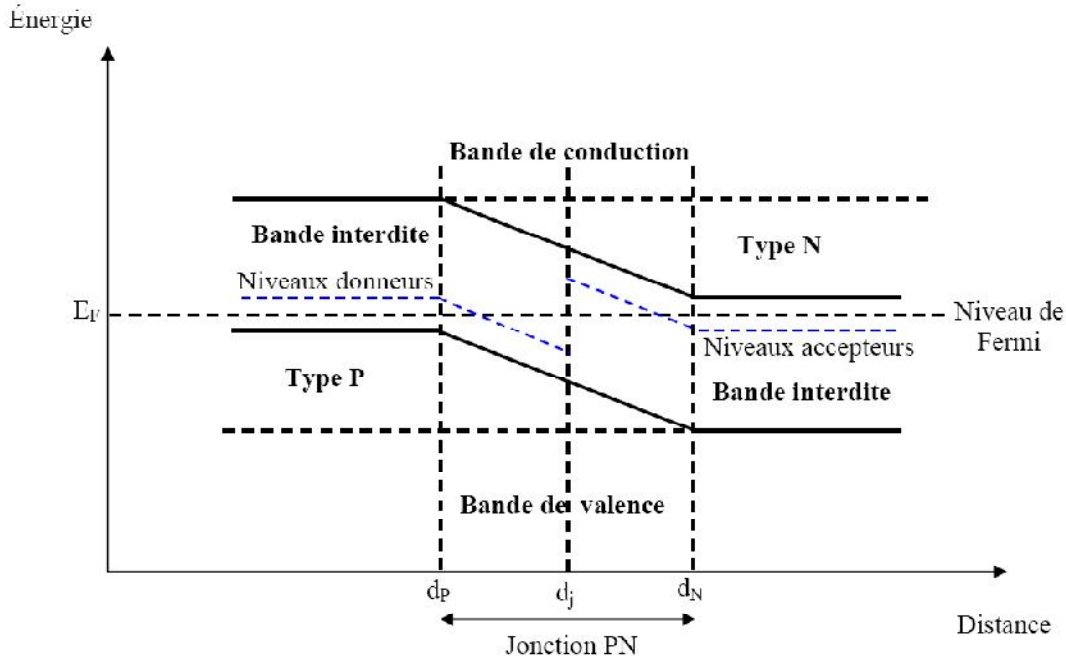
الخلية الشمسية هي وسيلة تحويل الضوء إلى طاقة كهربائية بواسطة آلية تسمى "المفعول الكهروضوئي".

البنية الأكثر سهولة للخلية الشمسية تتكون من وصلة بين منطقتين مطعمتين باختلاف، شبه موصل من النوع N (الالكترونات هي الأغلبية والثقوب تكون أقلية) وشبه موصل من النوع P (الثقوب هي الأغلبية والالكترونات تكون أقلية) يفصلان بمنطقة الفضاء المشحون ZCE (أو منطقة النضوب) لنفس المادة (وصلة متجانسة) أو بين مادتين مختلفتين (وصلة غير متجانسة). [1]

I-1-1 المفعول الكهروضوئي :

المفعول الكهروضوئي هو التحويل المباشر للضوء إلى كهرباء (تيار مباشر CC) ومبدؤه يقوم على اصطدام الفوتونات الساقطة (التدفق الضوئي) مع الالكترونات الحرة والالكترونات في حزمة التكافؤ التي تصلها بطاقة $(h\nu)$ ، إذا كانت هذه الطاقة أكبر أو تساوي طاقة الفاصل الطاقوي في شبه موصل

فإن الإلكترون ينتقل من حزمة التكافؤ إلى حزمة النقل تاركا وراءه ثقب، وهذا يؤدي إلى ظهور أزواج إلكترون-ثقب في مختلف نقاط الوصلة. [1]



الشكل (I-1) : رسم تخطيطي لحزم الطاقة بجوار الوصلة.

إذا كانت الفوتونات تحمل طاقة أكبر من E_g , فإن الإلكترونات تنتقل من حزمة التكافؤ إلى مستوى غير مستقر في حزمة النقل. الإفراط في الطاقة يؤدي إلى تشكل فونونات في الشبكة البلورية ثم ضياع في الحرارة والإلكترونات تأخذ مستوى مستقر في حزمة النقل.

وأما إذا كانت الفوتونات تحمل طاقة أقل من E_g لا يحدث امتصاص، وهذه الطاقات لا تساهم في التحول الكهروضوئي.

I-1-2 أنواع الخلايا الشمسية :

يوجد ثلاثة أنواع هي: [1]

أ- الخلايا أحادية البلورات:

الخلية أحادية البلور هي الأقرب للنموذج النظري، هذه الخلية في الواقع تتكون من بلور وحيد يقسم إلى منطقتين.

هذه الخلايا تسمح بالحصول على مردود مرتفع من الدرجة 15% إلى 22% كما انها تعاني عدة

عقبات :

- طريقة الإنتاج شاقة وصعبة إذن تكلفة أكثر.

- تلزم كمية كبيرة من الطاقة للحصول على بلور بحت.

- مدة التخادم محصورة بطاقة مرتفعة (إلى ما 7 سنوات).

Créé avec

ب- الخلايا متعددة البلورات:

الخلايا متعددة البلورات مكونة من كتل من البلورات وينتج عنها مجموعة من البلورات لكن هذه المجموعات مصهورة وتصبح غير متجانسة وخصائصها هي:

- تكلفة الإنتاج اقل ارتفاعا.

- الطاقة اللازمة اقل.

- المردود 13% والى ما 20% في المخبر.

ت- الخلايا عديمة التبلور:

السليسيوم لا متبلور ظهر في 1976, بنيته الذرية غير مرتبة وليست بلورية لكنه يمتلك معامل امتصاص اكبر من السليسيوم البلوري مع ذلك فهو يكسبه قدرة على الامتصاص, وفقدان الحركية للشحنات الكهربائية (مردود التحول ضعيف).

- تكلفة الإنتاج كبيرة جدا.

- المردود فقط 5% للوحدة و 14% في المخبر.

- تعمل تحت إضاءة ضعيفة جدا.

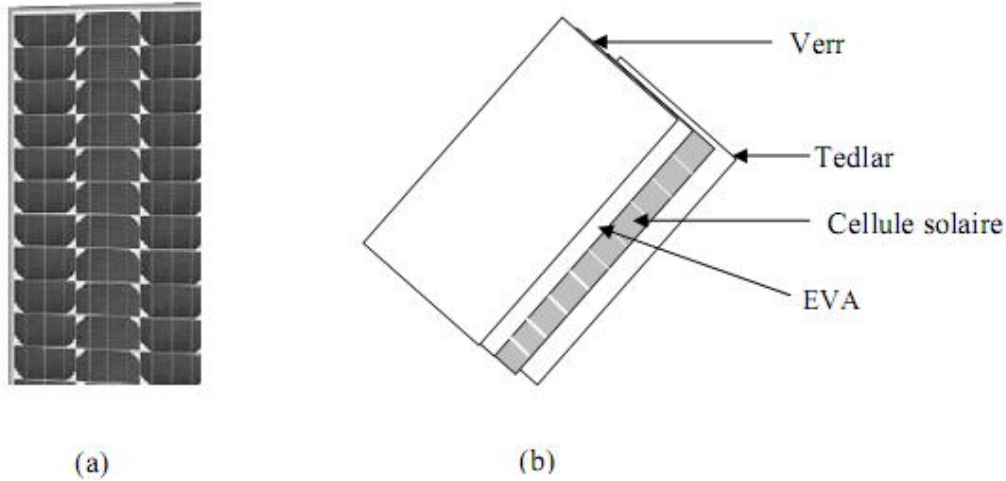
بفضل تقنية المواد الجديدة (Cd Tc) و (GaAs) و (CIS) تسمح بالحصول على تيار ضوئي بحيث المردود 38% في المخبر.

I-2 الوحدة الفوتوفولطية :

لإنتاج اكبر استطاعة, تجمع الخلايا الشمسية لتشكيل وحدة الشكل (a) حيث تربط الكثير من الخلايا على التسلسل لزيادة الجهد من اجل نفس التيار, بينما وضعها على التوازي يؤدي إلى تناقص التيار بانحفاظ الجهد.

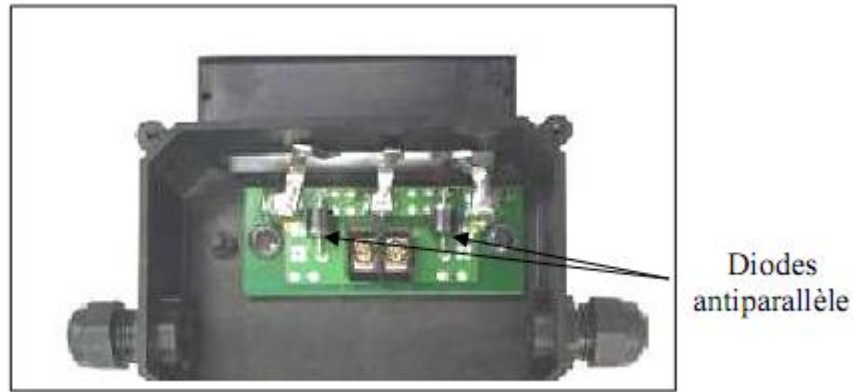
الخلايا تكون محمية من الرطوبة بواسطة جهاز وقائي في مكثف EVA

(éthylène-vynil-acétate) كما في الشكل (b), ومحمية كذلك بسطح من الزجاج, فولاذ مسقي للتحويل ومقاومات ميكانيكية جيدة وفي الأخير مساحة من البوليتين (مادة بلاستيكية ناجمة عن تكثيف الاثيلين). [13]



الشكل (2-1) : وحدة فوتوفولطية.

الوحدات عموماً محاطة بإطار صلب من الألمنيوم المؤكسد، يشتمل على ثقب ثابتة في الأخير. كل وحدة توجد في علبة لوصلة تحتوي على ديودين ليس على التوازي كما في الشكل (2 - 3). الديودين يسمحان بتجنيب الوحدة للشمس.



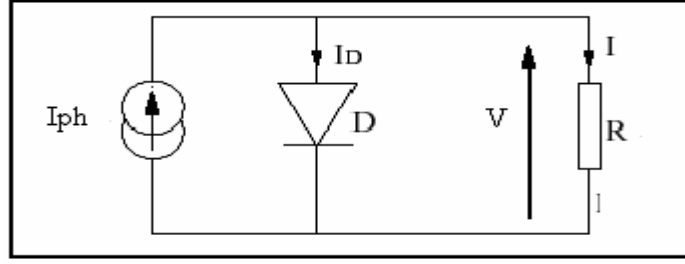
الشكل (3-1) : علبة للوصلة.

الوحدات للسيليسيوم أحادي البلور (64% في السوق مع مردود التحول (الطاقة الكهربائية المنتجة / الطاقة الكهربائية الساقطة) من الرتبة 15 إلى 18%)، ومتعدد البلور (28% في السوق مع مردود التحول من الرتبة 13 إلى 15%) وسيليسيوم لا متبلور (13% في السوق مع مردود التحول من الرتبة 5 إلى 12%) معطاة للجهود العادية (12 . 24 . 48 V) والاستطاعات تأخذ بين 10 و 100W_c (watt-crête: الاستطاعة المحصل عليها من أجل التشميس الأعظمي).

I-2-1 رسم مكافئ للخلية الشمسية :

نعتبر في هذه الحالة خلية مثالية تشتمل على مصدر تيار وديود على التوازي. [2]

التيار I_{ph} يمثل تيار المولد، و I_D هو تيار الديود. كما في الشكل :



الشكل (I-4) : رسم كهربائي للخلية الشمسية المثالية.

التيار المعطى من طرف الخلية هو:

$$I = I_{ph} - I_D \quad (1 - I)$$

$$I_d = I_s \left[\exp \left(\frac{V}{U_T} \right) - 1 \right] \quad (2 - I)$$

$$U_T = \frac{k.T}{q}$$

q : شحنة الإلكترون ($1.6 * 10^{-19}$).

k : ثابت بولتزمان ($1.38 * 10^{-23}$).

U_T : الكمون الحراري.

I_s : تيار التشبع.

V : الجهد المحدد بالديود.

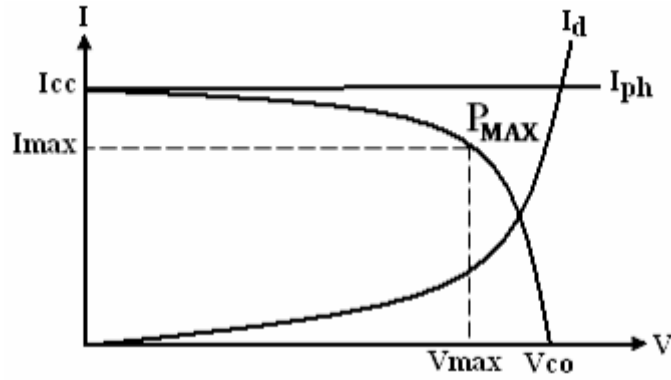
T : درجة الحرارة المطلقة بالكلفن.

I_{ph} : فوتو-تيار.

I_d : خاصية الديود $I(V)$.

منحنى التيار I بدلالة الجهد V مستخرج من المنحنيين كما في الشكل حيث:

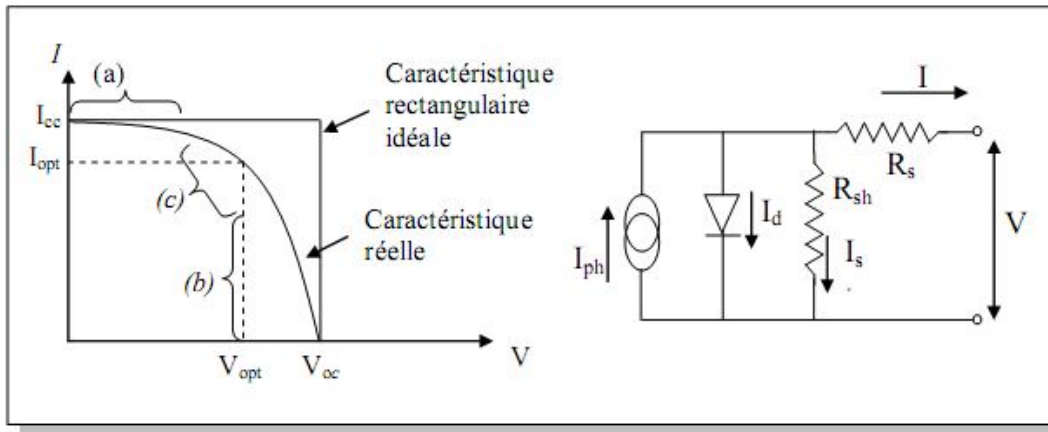
$$I(V) = I_{ph} - I_d = I_{ph} - I_s \left[\exp \left(\frac{V}{U_T} \right) - 1 \right] \quad (3 - I)$$



الشكل (I-5) : الخاصية I(V) لخلية شمسية.

I-2-2 الخاصية تيار- جهد والرسم المكافئ :

وهي ممثلة في الشكل, حيث القيم المرفقة للعناصر المختلفة في الرسم معينة سابقا لخلية حقيقية. [12]



الشكل (I-6) : الخاصية والرسم المكافئ لخلية شمسية حقيقية.

الخاصية مقسمة إلى ثلاثة أجزاء حيث:

- المنطقة (a) : الخلية توافق مولد تيار I_{cc} متناسبة مع الإضاءة.
- المنطقة (b) : الخلية توافق مولد جهد V_{co} .
- المنطقة (c) : العرقلة الداخلية للمولد وتتنغير بسرعة.

من خلال الرسم المكافئ نجد أن:

$$I(V) = I_{ph} - I_d - \left(\frac{V + I R_s}{R_{sh}} \right) \quad (4 - I)$$

$$I(V) = I_{ph} - I_s \left[\exp \left(\frac{V + I R_s}{A U_T} \right) - 1 \right] - \left(\frac{V + I R_s}{R_{sh}} \right)$$

R_s : المقاومة المربوطة على التسلسل.

R_{sh} : مقاومة مجزئ التيار الكهربائي.

A : معامل النوعية.

I-3 معاملات الخلية الشمسية :

معاملات الخلايا الشمسية (I_{cc} ; V_{co} ; f_f ; η) هي خلاصة الخاصية تيار-جهد وتسمح بمقارنة مختلف الخلايا المضاءة تحت الشروط النظامية. [12]

I-3-1 تيار الدارة المقصورة I_{cc} :

التيار المحصل عليه من الدارة المقصورة أي $V = 0$ في الرسم وهو يتزايد خطيا مع شدة الإضاءة للخلية ويتعلق بالمساحة المضاءة، الطول الموجي للإشعاع، حركية الثقوب ودرجة الحرارة.

I-3-2 الجهد لدارة مفتوحة V_{co} :

الجهد في حالة دارة مفتوحة يتحصل عليه عندما يكون التيار الذي يعبر الخلية معدوم ويتعلق بالفاصل الطاقى ومقاومة مجزئ التيار الكهربائي (shunt) , يتناقص مع درجة الحرارة ويتغير مع الشدة الضوئية.

$$V_{co} = \frac{k.T}{e} \ln \left(\frac{I_{cc}}{I_s} + 1 \right) \quad (5-I)$$

I-3-3 الاستطاعة المقطوعة:

تزودنا البطارية باستطاعة هي :

$$P = V * I = V * \left(I_{ph} - I_s \left[\exp \left(\frac{V}{U_T} \right) - 1 \right] \right) \quad (6-I)$$

هذه الاستطاعة تكون أعظمية في النقطة P_m حيث $\left(\frac{\partial P}{\partial V} = 0 \right)$

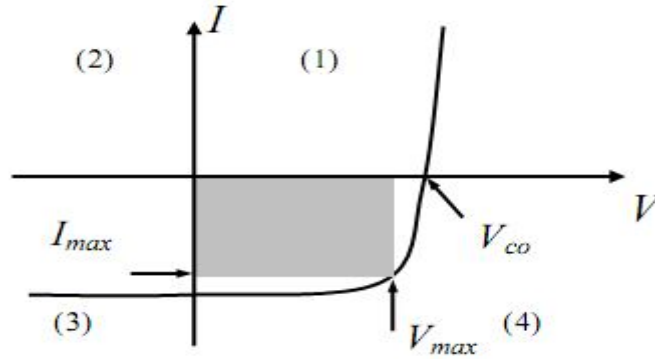
$$P_m = V_m * I_m = f_f * V_{co} * I_{cc} \quad (7-I)$$

I-3-4 عامل الشكل f_f :

الاستطاعة المقطوعة للدارة الخارجية للخلية تحت الإضاءة تتعلق بمقاومة الشحنة (مقاومة خارجية تعوض حدود الخلية), هذه الاستطاعة تكون أعظمية من اجل النقطة المتحركة (I_m, V_m) في المنحنى تيار-جهد (التيارات تأخذ بين 0 و I_{cc} والجهد بين 0 و V_{co}), كما في الشكل.

عامل الشكل يشتق من التمثيل الهندسي ويعرف بالعلاقة :

$$f_f = \frac{P_m}{V_{co} * I_{cc}} = \frac{V_m * I_m}{V_{co} * I_{cc}} \quad (8-I)$$



الشكل (I-7) : الخاصية تيار - جهد.

الاستطاعة الأعظمية المعطاة من الشحنة تمثل بالمستطيل المظلل.

I-3-5 المردود η :

المردود η للخلايا الشمسية PV يسمى مردود التحول للاستطاعة , ويعرف بالعلاقة بين الاستطاعة الاعظمية المعطاة من طرف الخلية والاستطاعة الضوئية الساقطة P_{in} .

$$\eta = \frac{P_m}{P_{in}} = \frac{f_f \cdot V_{co} \cdot I_{cc}}{P_{in}} \quad (9-I)$$

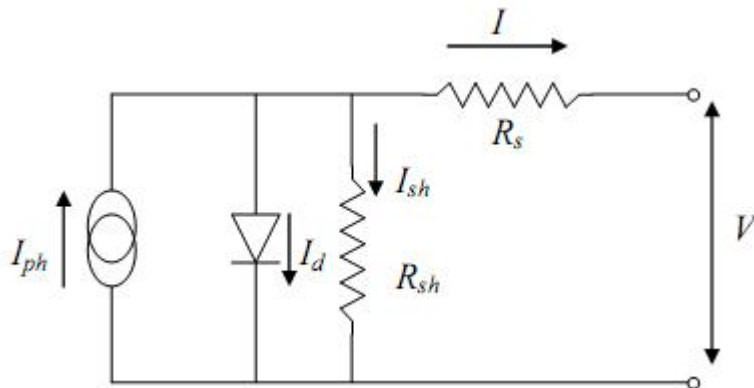
P_{in} : الاستطاعة الساقطة = $100w/cm^2 = P_{solaire}$.

شدة الاستطاعة الساقطة تساوي $\frac{P_{in}}{A}$.

A : مقطع الخلية.

هذا المردود يتزايد بزيادة عامل الشكل, تيار التقصير وجهد الدارة المفتوحة.

I-4 النماذج الرياضية للخلايا الشمسية :



الشكل (I-8) : نموذج الخلية الشمسية.

I-4-1 النموذج الأول :

التيار المولد من طرف الوحدة [12] يعطى بتطبيق قانون كيرشوف للدائرة:

$$I = I_{ph} - I_d - I_{sh} \quad (10 - I)$$

I : التيار المعطى من الوحدة.

I_{ph} : فوتو-تيار.

I_d : تيار الديود .

I_{sh} : مجزئ التيار الكهربائي.

التيار I_{ph} يتعلق مباشرة بالاشعاعات الشمسية E_G ودرجة حرارة الخلية T_j ويعطى بالعلاقة:

$$I_{ph} = P_1 \cdot E_G \cdot \left[1 + P_2 \cdot (E_G - E_{ref}) + P_3 \cdot (T_j - T_{ref}) \right] \quad (11 - I)$$

ودرجة حرارة الخلية تحسب :

$$T_j = T_a + E_G \cdot \left(\frac{N_{oct} - 20}{800} \right) \quad (12 - I)$$

T_a : درجة حرارة المحيط.

N_{oct} : شرط درجة الحرارة العادية لعمل الخلية والذي يعطى من طرف الصانع ($45^\circ C$).

وتيار الديود يعطى :

$$I_d = I_s \cdot \left[\exp \left(\frac{q(V + R_s \cdot I)}{A \cdot n \cdot k \cdot T_j} \right) - 1 \right] \quad (13 - I)$$

حيث:

$$I_s = P_4 \cdot T_j^3 \cdot \exp \left(- \frac{E_g}{k \cdot T_j} \right) \quad (14 - I)$$

وتيار المقاومة R_{sh} يحسب :

$$I_{sh} = \frac{V + R_s \cdot I}{R_{sh}} \quad (15 - I)$$

التيار الكلي يعطى :

$$I = P_1 E_G [1 + P_2 (E_G - E_{ref}) + P_3 (T_j - T_{ref})] - \left[P_4 T_j^3 \exp \left(-\frac{E_g}{kT_j} \right) \right] \left[\exp \left(\frac{q(V+R_s I)}{AnkT_j} \right) - 1 \right] - \frac{V+R_s I}{R_{sh}} \quad (16-I)$$

E_G : الاشعاع الشمسي.

P_1, P_2, P_3, P_4 : معاملات.

E_{ref} : الاشعاع المرجعي (1000 W/m^2).

T_j : درجة حرارة الخلية.

T_{ref} : درجة حرارة المرجعية (25°C).

E_g : طاقة الفاصل الطاقي من اجل السيليسيوم البلوري 1.12 eV .

A : عامل المثالية للوصلة.

n : عدد الخلايا على التسلسل للوحدة 72.

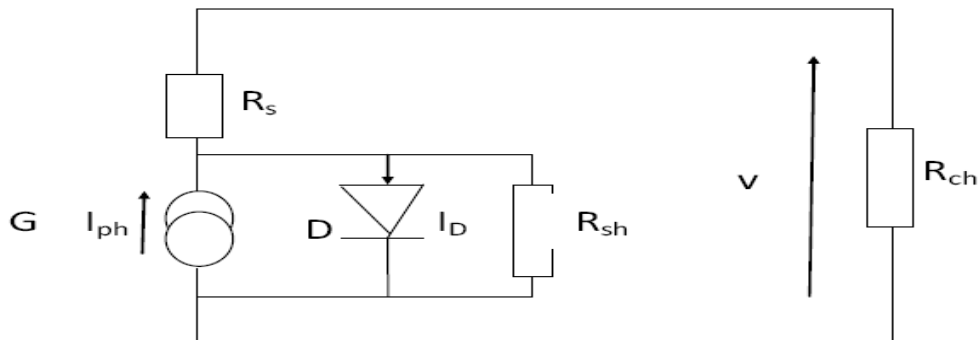
R_s : المقاومة المربوطة على التسلسل.

R_{sh} : مقاومة مجزئ التيار الكهربائي.

I-4-2 النموذج الثاني:

الرسم المكافئ للوحدة الشمسية يمكن تمثيله تحت بدايات مختلفة [15].

نختار الشكل التالي الذي يمكن اعتباره المستعمل عادة.



الشكل (I-9) : الرسم المكافئ للوحدة الشمسية.

هو يتكون من ديود (D) مميز للوصلة, منيع التيار (G) مميز للفوتونتيار, مقاومة مربوطة على التسلسل (R_s) تمثل الضياع بفعل جول, ومقاومة مربوطة على التفرع (R_{sh}) تصنع بواسطة الهروب بين الحواجز المشبكة العلوية وملامسة لمؤخرة العنصر. عموماً هي كبيرة جداً مقارنة مع (R_s) ويمكن إهمالها في الرسم المكافئ.

الخاصية ($I - V$) يمكن نمذجتها بواسطة المعادلة غير الخطية في صيغة ضمنية :

$$I = I_{cc} - I_0 \left[\exp \left(\frac{V + R_s \cdot I}{V_{th}} \right) - 1 \right] \quad (17 - I)$$

من أجل الخاصية ($I - V$) يجب ثلاث نقاط للقياس مزودة من طرف الصانع.

- نقطة تيار التقصير ($I_{cc}, 0$).
- نقطة تيار الدارة المفتوحة ($0, V_{co}$).
- النقطة الأعظمية (I_{op}, V_{op}) أو الوحدة المعطاة استطاعتها الأعظمية.

الجهد الحراري V_{th} وتيار العتمة I_0 يرتبطان بالعلاقة :

$$V_{th} = \frac{V_{op} + R_s \cdot I_{op} - V_{co}}{\log \left(1 - \frac{I_{op}}{I_{cc}} \right)} \quad (18 - I)$$

$$I_0 = (I_{cc} - I_{op}) \exp \left[- \frac{(V_{op} + R_s \cdot I)}{V_{th}} \right] \quad (19 - I)$$

المعاملات للمولد مرتبطة بالوحدة بواسطة العلاقات التالية :

$$I_{cc} = N_p \cdot I_{cc} \quad (\text{الوحدة})$$

$$V_{th} = N_s \cdot V_{th} \quad (\text{الوحدة})$$

$$r_s = (N_s / N_p) \cdot R_s \quad (\text{الوحدة})$$

$$I_0 = N_p \cdot I_0 \quad (\text{الوحدة})$$

$$V_{co} = N_s \cdot V_{co} \quad (\text{الوحدة})$$

$$V_{op} = N_s \cdot V_{op} \quad (\text{الوحدة})$$

من أجل مستويات أخرى للإضاءة ودرجات الحرارة نلجأ إلى القوانين التالية :

$$\Delta T = T - T_{ref} \quad (20 - I)$$

$$\Delta I = \alpha \left(\frac{E}{E_{ref}} \right) \Delta T + \left(\frac{E}{E_{ref}} - 1 \right) I_{ccref} \quad (21 - I)$$

$$\Delta V = -\beta \Delta T - r_s \Delta I \quad (22 - I)$$

إذن القيم الجديدة للتيارات والجهود تكون على الشكل :

$$V = V_{ref} + \Delta V \quad (23 - I)$$

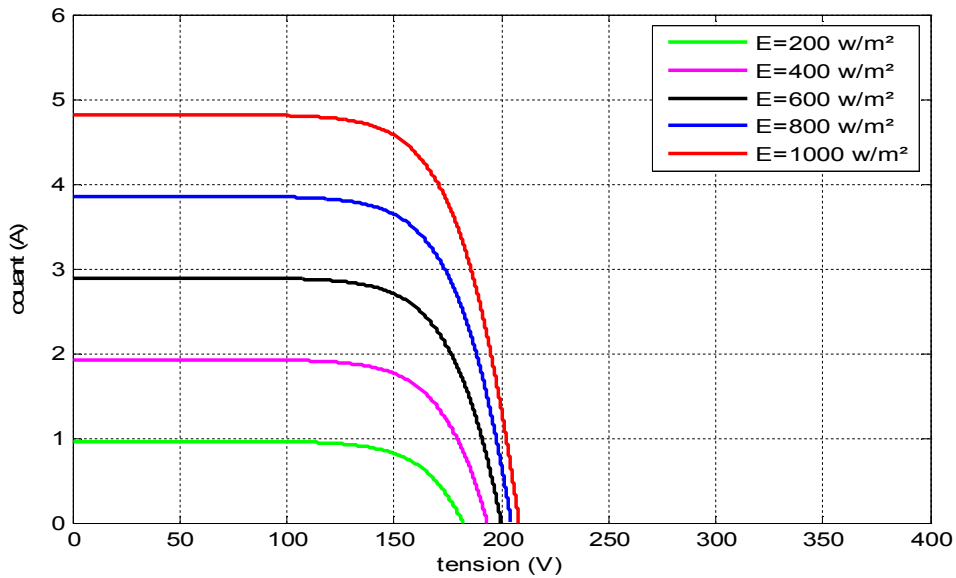
$$I = I_{ref} + \Delta I \quad (24 - I)$$

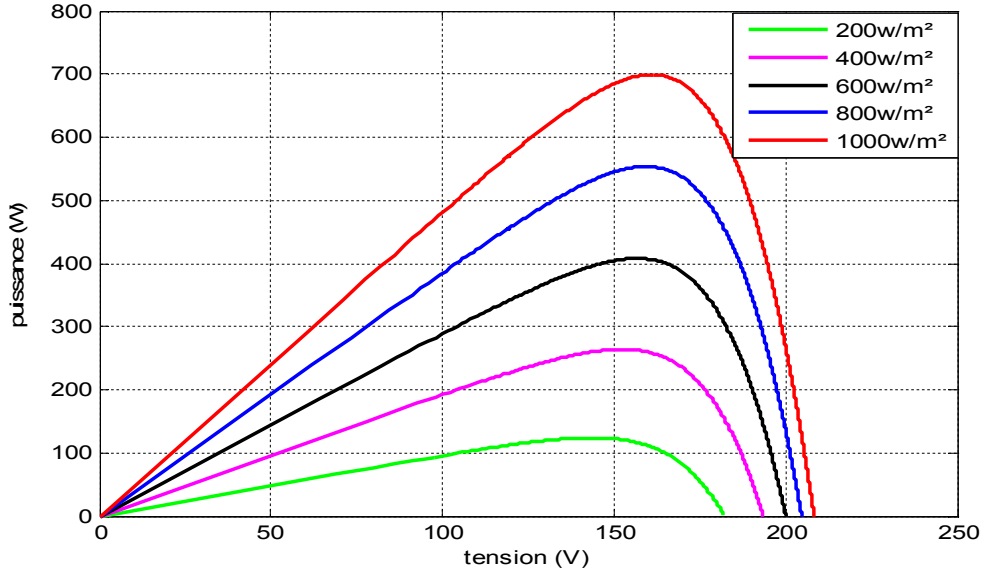
5-I العوامل التي تؤثر على الخاصية $I = f(V)$:

1-5-I تأثير الإضاءة:

الاستطاعة المعطاة من طرف المولد PV تتعلق بالإشعاع المتناول. الشكل يمثل الخاصية تيار-جهد واستطاعة-جهد للوحدة (PV) الشمسية بدلالة الإضاءة مع نفس درجة الحرارة.

نلاحظ أن التيار متناسب مع الشدة الضوئية ويتعلق بالمساحة المضاءة , بالعكس فإن الجهد يتناقص ببطئ مع تدفق الحزمة الضوئية.





الشكل (10-I) : تأثير الإضاءة على الخاصية $I(V)$ والخاصية $P(V)$.

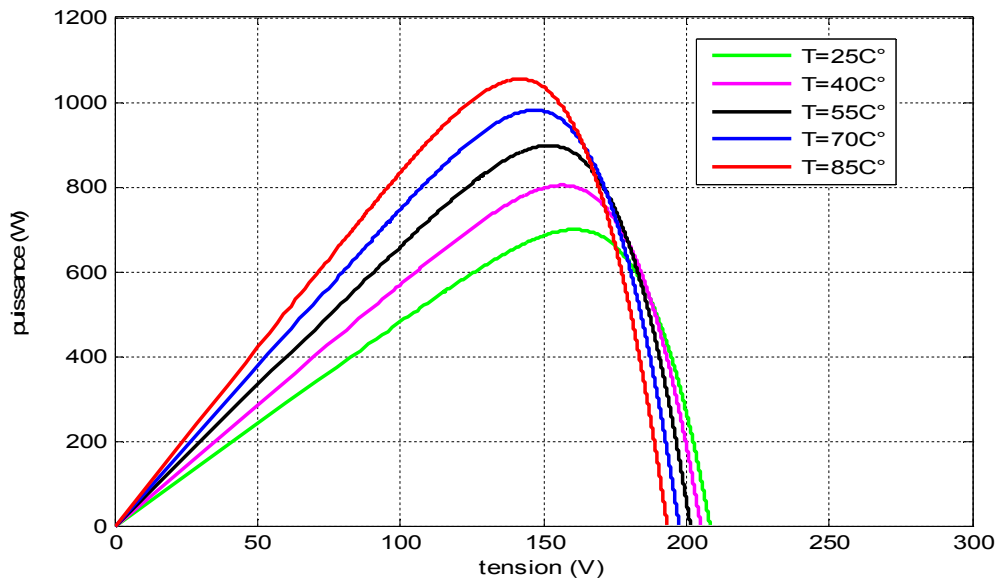
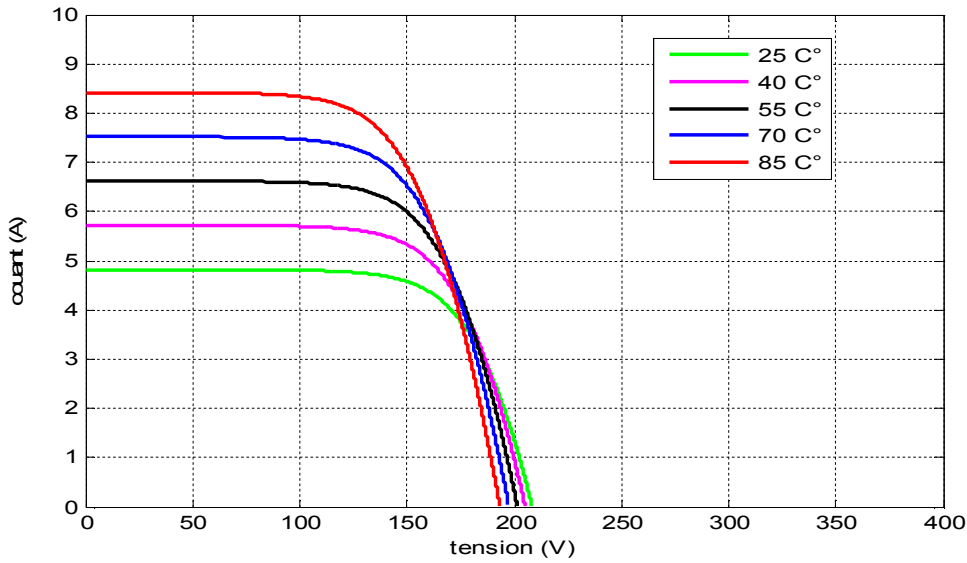
I-5-2 تأثير درجة الحرارة:

درجة الحرارة هي عامل مهم جدا في مبدأ تشغيل الخلايا الفوتوفولطية لأن الخصائص الكهربائية لشبه الموصل لها حساسية كبيرة لدرجة الحرارة.

في الخلية :

$$I(V) = I_{ph} - I = I_{ph} - I_s \left[\exp \left(\frac{V}{U_T} \right) - 1 \right] \quad (25 - I)$$

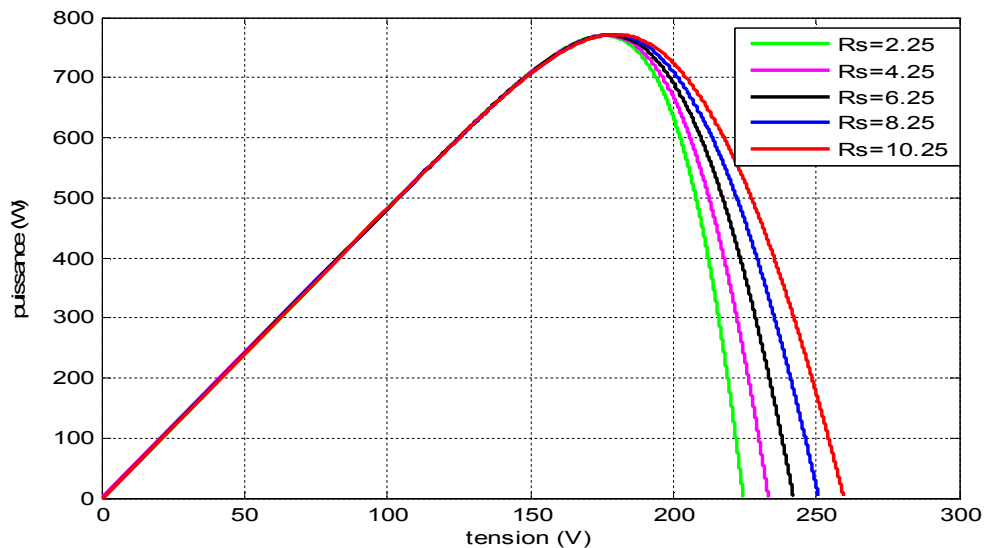
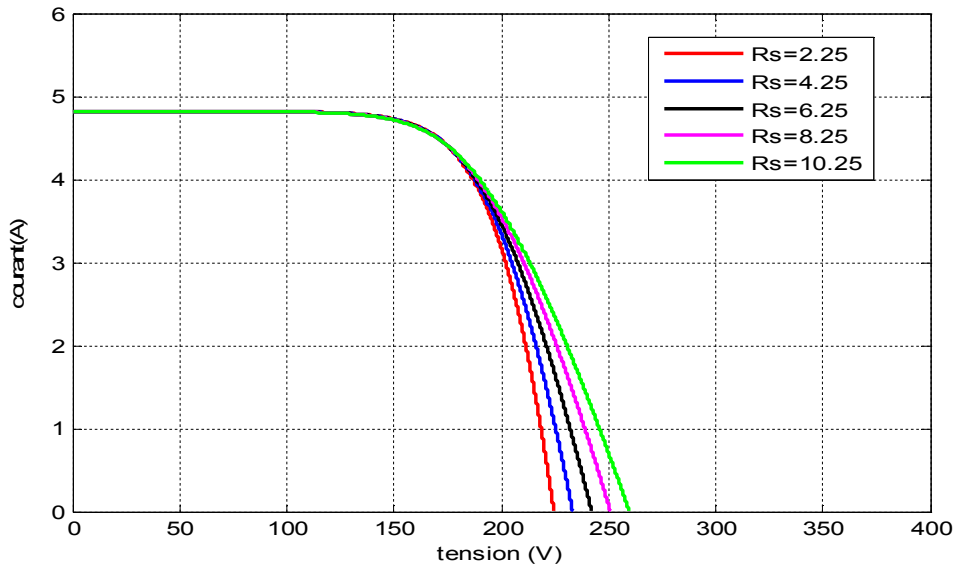
الشكل يمثل الخاصية تيار-جهد واستطاعة-جهد للوحدة (PV) الشمسية بدلالة درجة الحرارة, والاضاءة ثابتة نلاحظ ان زيادة درجة الحرارة ينتج عنه تناقص في جهد الدارة المفتوحة.



الشكل (11-I): تأثير درجة الحرارة على الخاصية $I(V)$ والخاصية $P(V)$.

I-5-3 تأثير المقاومة المربوطة على التسلسل :

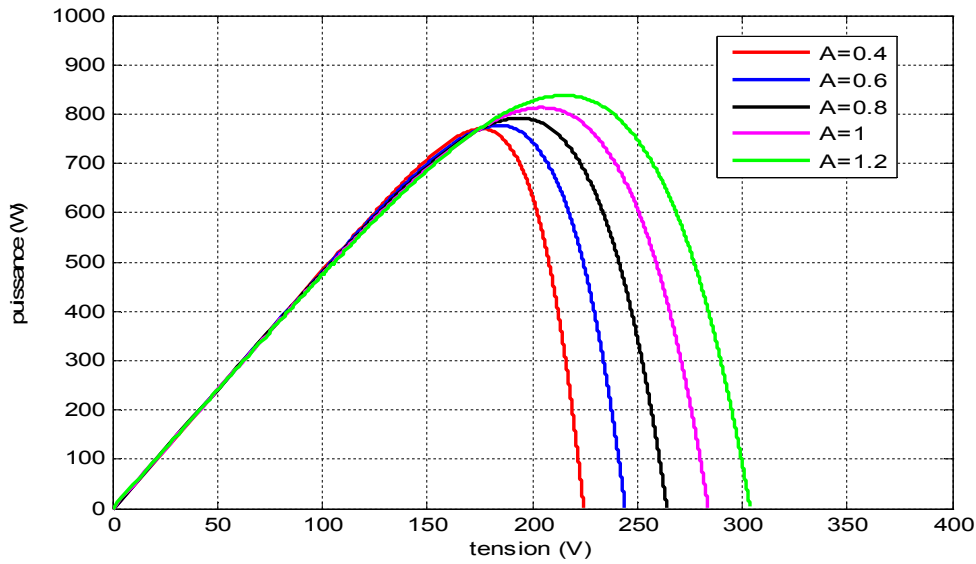
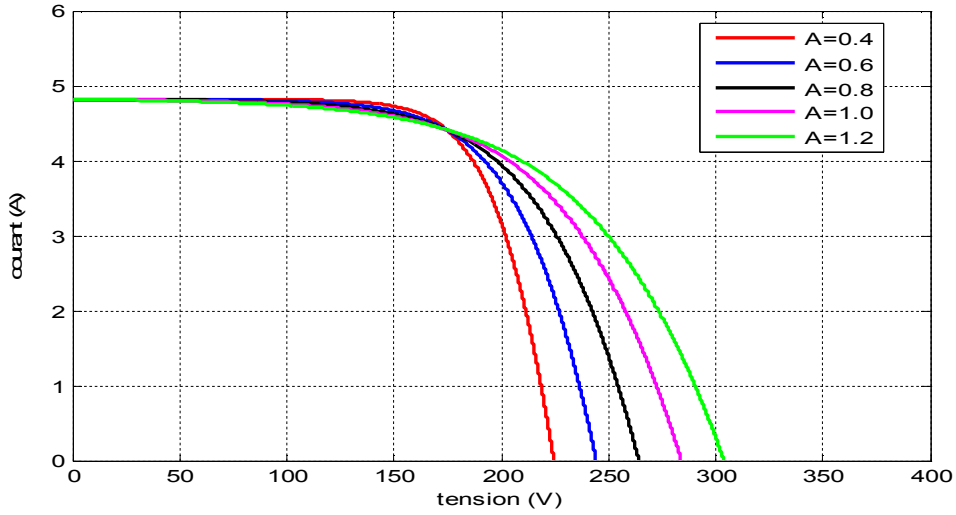
المقاومة المربوطة على التسلسل هي مقاومة داخلية للخلية، هي تتعلق خصوصا بمقاومة شبه الموصل المستعمل، وهي تحرض على ميل الخاصية في منطقة الفوتوديود تتصرف مثل مولد جهد، ولما ترتفع تتناقص قيمة تيار التقصير للدائرة.



الشكل (I-12): تأثير المقاومة المربوطة على التسلسل على الخاصية $I(V)$ والخاصية $P(V)$.

I-4-5 تأثير عامل الجودة :

ازدياد عامل الجودة للديود يؤثر عكسيا على نقطة الاستطاعة القصوى وهكذا تترجم بواسطة انخفاض الاستطاعة في مستوى منطقة التشغيل.



الشكل (I-13) : تأثير عامل الجودة على الخاصية $I(V)$ والخاصية $P(V)$.

6-I نقطة التشغيل الأعظمية:

المولد يعطى استطاعة $P = I \cdot V$ التي تتغير مع الشحنة المطعمة بواسطة النظام. هذه الاستطاعة تجتاز نقطة أعظمية من أجل قيمة وحيدة لمقاومة الشحن، النقطة الأعظمية تتغير مع التدفق ودرجة الحرارة، في هذه النقطة مشتق الاستطاعة معدوم:

$$\partial P = I \cdot \partial I + V \cdot \partial V \quad (26-I)$$

$$\partial P = 0 \Rightarrow \begin{cases} I \cdot \partial I = 0 \\ V \cdot \partial V = 0 \end{cases} \quad (27-I)$$

I-7 المردود الطاقوي الأعظمي:

المردود الطاقوي الأعظمي للمولد الفوتوفولطي هو نسبة الاستطاعة P_m الأعظمية المبددة في الشحنة والاستطاعة للإشعاع الشمسي الساقط.

$$\eta_{pv} = \frac{P_m}{G_{\phi} \cdot S} \quad (28 - I)$$

مع:

G_{ϕ} : التدفق الكلي $[W/m^2]$.

S : مساحة المولد $[m^2]$.

هذا المردود يتعلق بالكثير من العوامل:

- الانعكاس على المساحة.

- درجة حرارة الوصلة للخلايا.

- نوع المادة المستعملة وتقنية الصنع.

- المقاومة المربوطة على التسلسل وكذلك المقاومة المربوطة على التفرع مسؤولتان عن الضياع بفعل جول.

خاتمة

في هذا الفصل، تطرقنا إلى الدراسة النظرية للخلايا الشمسية ومختلف مناطق التشغيل لها وكذلك درسنا عدة نماذج رياضية لتمثيل الخاصيتين $I(V)$ و $P(V)$ وتأثير مختلف العوامل على هاتين الخاصيتين.

ومن تطبيقات الخلايا الشمسية الكواشف الضوئية فما هي هذه الكواشف وما هو مبدأ عملها؟

الفصل الثاني

دراسة مختلف أنواع الخلايا الشمسية

Cr   avec

 **nitro**^{PDF} professional

télécharger la version d'essai gratuite sur nitropdf.com/professional

الفصل الثاني

دراسة مختلف أنواع الكواشف الضوئية

مقدمة

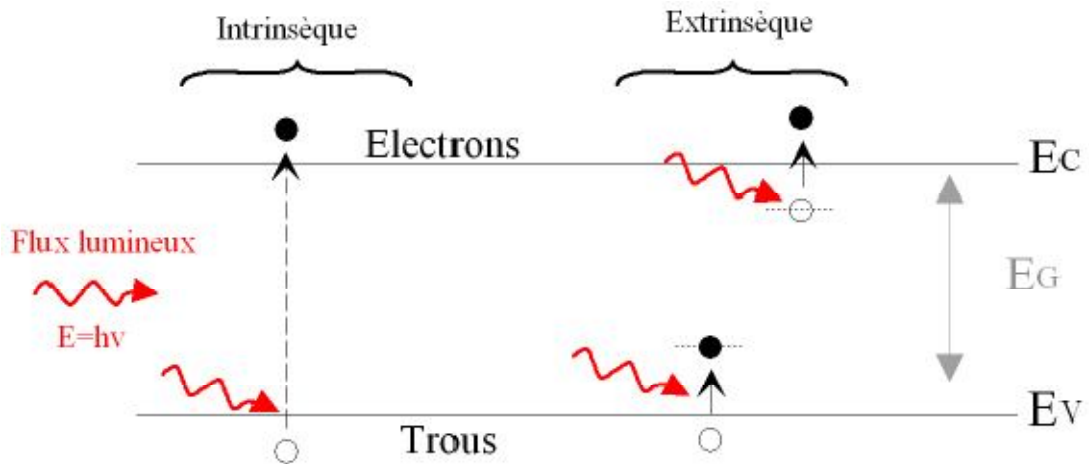
الكواشف الضوئية بأنواعها تعمل وفقا لآلية معينة, حيث سنعالج في هذا الفصل الكواشف الضوئية لأشباه الموصلات ومميزاتها وأنواعها وخصائصها لاختيار أفضل نوع .

II-1 الكواشف الضوئية لأشباه الموصلات وخصائصها :

II-1-1 المبدأ الأساسي للكواشف الضوئية :

المبدأ الأساسي للكاشف أشهره كما في الشكل الآتي, في هذه الحالة شبه الموصل قد يكون تلقائي أو غير تلقائي(معرض).

امتصاص فوتون أي امتلاك طاقة اقل أو تساوي طاقة الحزمة الممنوعة E_G التي تخص شبه الموصل, يسمح للإلكترون الحر بالانتقال من حزمة التكافؤ E_V الى حزمة النقل E_C . [17].



الشكل (II-1) : مبدأ امتصاص الضوء في حالة شبه الموصل تلقائي أو غير تلقائي.

من الممكن وجود مستويات طاقة وسطية في حالة شبه الموصل غير تلقائي حيث مستوي طاقة الأخذات قريب من حزمة التكافؤ من اجل شبه موصل مطعم ب P, ومستوي طاقة المانحات قريب من حزمة النقل من اجل شبه موصل مطعم ب N كما في الشكل السابق.

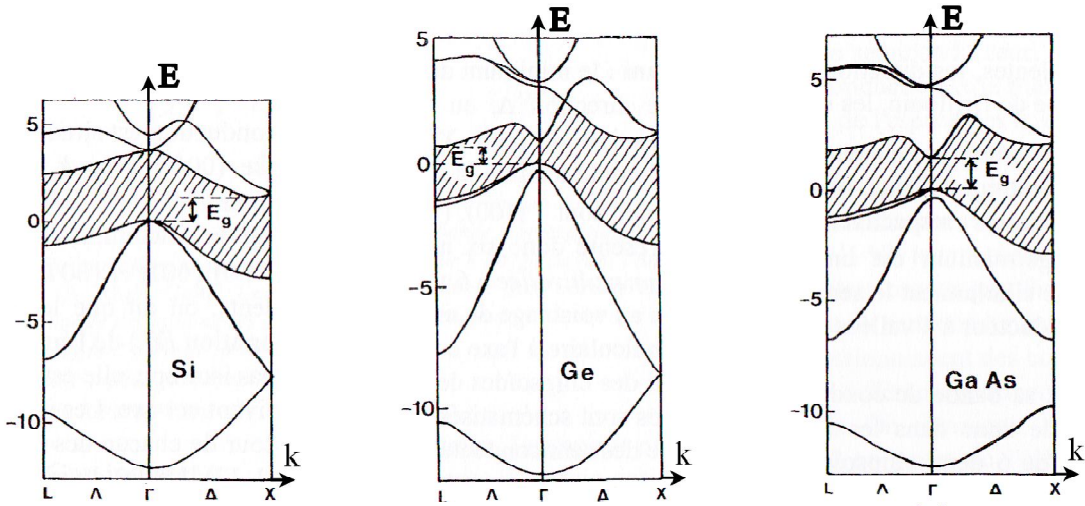
من اجل توليد زوج إلكترون-ثقب يجب فوتونات تحمل طاقة E_{ϕ} اكبر من E_G , لأجل هذا يوجد شرط لكل شبه موصل, طول موجي أعظمي حتى يحصل امتصاص نرمل له λ_c والذي يعطى بالعلاقة :

$$E_{\phi} = \frac{h.c}{\lambda} > E_G \quad (1-II)$$

$$\lambda(\mu m) < \lambda_c = \frac{h.c}{E_G} = \frac{1,24}{E_G(eV)} \quad (2-II)$$

في وسط شبه الموصل نحصي نوعين من الفاصل الطاقى(المسافة الطاقوية بين الحد الأدنى في حزمة النقل والحد الأعلى في حزمة التكافؤ) .

- ✓ إذا كانت ادني نقطة من حزمة النقل لا تتناسب مع نفس شعاع الموجة مع أعلى نقطة من حزمة التكافؤ نقول فاصل طاقى غير مباشر مثل: Ge, Si .
- ✓ وإذا كانت أدنى نقطة من حزمة النقل تتناسب مع نفس شعاع الموجة مع أعلى نقطة من حزمة التكافؤ نقول فاصل طاقى مباشر مثل : GaAs .



الشكل(2-II) : بنية حزم الطاقة ل: GaAs, Ge, Si.

بغياى كل الآليات الأخرى فإن مسلك الإلكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة النقل يحرض بامتصاص فوتون للانتقال عموديا في الفضاء المتماثل, عندما يكون شرط الطاقة محقق أي يحمل الفوتون المعتبر طاقة ($h\nu > E_G$) مباشر).

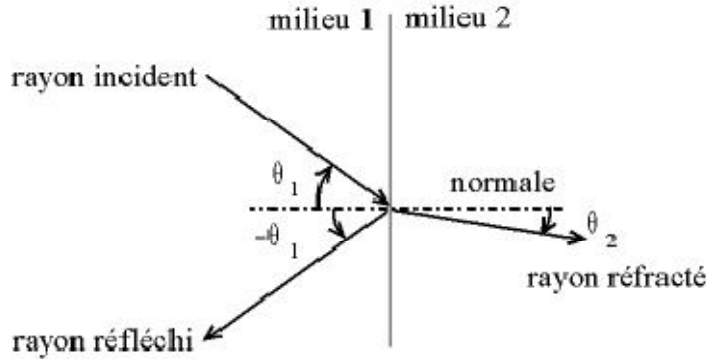
2-1-II الخصائص الضوئية لشبه الموصل :

في الفقرة السابقة مثلنا أولى خاصية وهي الطول الموجي الممتص λ_c , وفي هذه الحالة امتصاص الضوء يكون بدلالة تطور تدفق الفوتونات الداخلة لشبه الموصل. لأجل هذا يجب معرفة قرينة الانكسار ومعاملات الامتصاص والانعكاس للمادة. الشكل الآتي يذكر مبدأ الانعكاس والانكسار للحزمة الضوئية على الحد الفاصل بين وسطين عازلين كهربائيا ومختلفين. [17]

الحزمة الضوئية الساقطة بزواوية كيفية θ_1 على ناظم الفاصل والجزء المنعكس يكون بالزاوية $(-\theta_1)$ بالنسبة للناظم وتنتقل الى الوسط الثاني العازل كهربائيا مع زاوية انكسار تحسب بالعلاقة :

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (3-II)$$

حيث n_1, n_2 قرائن انكسار الوسطين 1 و 2 .



الشكل (3-II) : رسم تخطيطي لمبدأ الانعكاس والانكسار للحزمة الضوئية.

أ- قرينة الانكسار:

قرينة الانكسار للمادة عادة توجد على شكل عدد حقيقي غير انه يمكن أن توجد على شكل عدد مركب:

$$\bar{n} = n + j.k$$

حيث:

\bar{n} : قرينة الانكسار المركبة.

n : قرينة الانكسار الحقيقية.

K : معامل الإطفاء للمادة.

قرينة الانكسار تميز سرعة الانتشار للإشعاع أحادي الطول الموجي في المادة وتكون مرتبطة مباشرة بقيمة العزل الكهربائي وتعرف ب:

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\epsilon_r} \quad (4-II)$$

c : سرعة الضوء في الفراغ.

v : سرعة الموجة الضوئية في الوسط حيث ثابت العزل الكهربائي متعلق ب ϵ_r .

معامل الإطفاء للمادة يقاس من ميزة السعة للمادة. حين تمتص الموجة الكهرومغناطيسية بطول موجة خاص في هذه الحالة المواد تسمى عازلة كهربائيا شفافة مثل الزجاج.

في أغلب التطبيقات امتصاص الضوء المرئي يكون صغير جدا إذن معامل الإطفاء يعتبر معدوماً, وهو يرتبط بمعامل الامتصاص α وبدلالة طول الموجة λ بواسطة العلاقة :

$$k = \frac{\lambda}{4\pi} \alpha \quad (5-II)$$

والآن نعبر عن معاملات الانعكاس والانتقال للحد الفاصل بدلالة قرائن الانكسار للوسطين.

ب- معامل الانعكاس:

معامل الانعكاس للحد الفاصل يعرف بإسقاط الناظم كحصوله استطاعة الحزمة المنعكسة إلى استطاعة الحزمة الساقطة حيث:

$$R = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2 \quad (6-II)$$

وهو بدلالة طبيعة المادة ويتغير قليلا بدلالة طاقة الإشعاع, غير أنه سريع التأثير بزواوية السقوط وبالتالي تصبح المعادلة أكثر تعقيدا في كتابتها.

ت- معامل الانتقال:

معامل الانتقال يحسب بواسطة حفظ الاستطاعة ويعبر عنه إذن بنسبة الاستطاعة المنتقلة إلى تلك الحزمة الساقطة, ببساطة هو تكملة إلى الواحد للاستطاعة المنعكسة دوماً من أجل الموجة الساقطة.

$$T = 1 - R \quad (7-II)$$

بتعويض المعادلتين نجد:

$$T = \frac{4.n_1.n_2}{(n_2 + n_1)^2} \quad (8-II)$$

معامل الانكسار لأشباه الموصلات يتراوح بين 3 و 4.2 عند درجة حرارة 300 k° , نحصل إذن على معامل انعكاس يأخذ بين 0.25 و 0.38 ومعامل الانتقال من 62% إلى 75%.

InGaAs	InP	GaAs	Si	Ge	أشباه الموصلات
3.6	3.5	3.6	3.5	4.0	قرائن الانكسار

الجدول (1-II): قرائن الانكسار الابتدائية لأشباه الموصلات عند 300 k° من أجل طاقات الفوتون القريبة من الحزمة الممنوعة للمادة ($h\nu \approx E_G$).

ث- معامل الامتصاص:

بعد الحد الفاصل تدفق الفوتونات ينتشر في شبه الموصل ويتناقص وفق القانون الآسي بالنسبة إلى المسافة المجتازة x ويكتب:

$$\phi(x) = \phi_0 \cdot \exp(-\alpha(\lambda) \cdot x) \quad (\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (9-II)$$

ϕ_0 : هو تدفق الفوتونات احادية الطول الموجي الداخلة الى شبه الموصل.

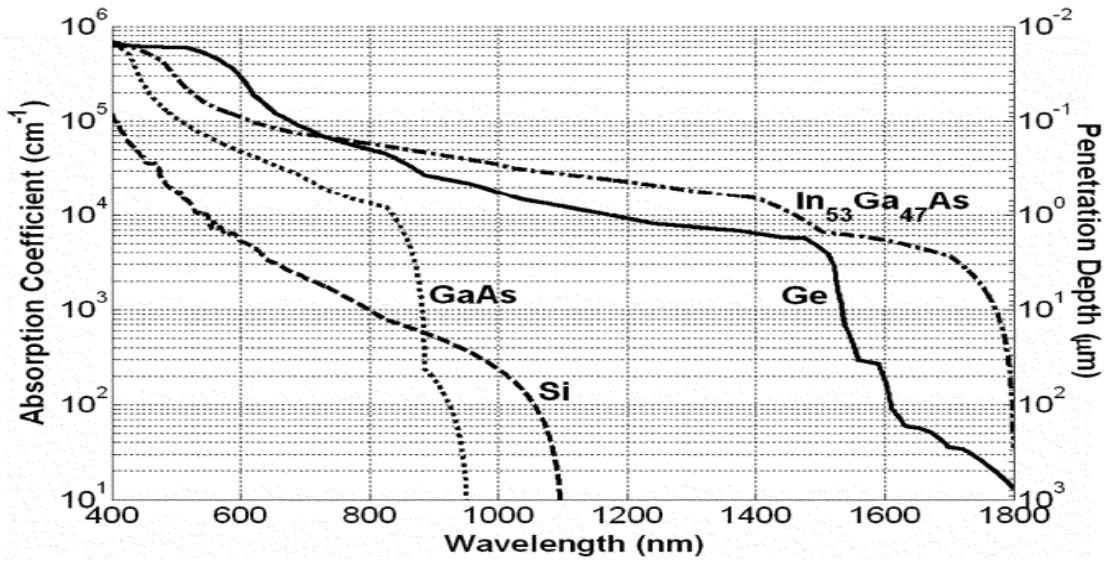
$\alpha(\lambda)$: معامل الامتصاص لشبه الموصل بدلالة طول الموجة.

هذا النقصان ناتج عن احتمال امتصاص الفوتون, أين معامل الامتصاص يتعلق مباشرة بطول الموجة للمادة.

$$\alpha(\lambda) = \frac{4\pi}{\lambda} \cdot k \quad (\text{cm}^{-1}) \quad (10-II)$$

الشكل يبين تطور معامل الامتصاص بدلالة طول الموجة لأجل أربعة أشباه موصلات: السيليسيوم Si, الجرمانيوم Ge, GaAs و $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$.

من هذا الشكل نستطيع استخراج بسهولة السطح المستعمل وأطوال الموجات المحددة للامتصاص لكل أشباه الموصلات وبقيّة الخواص مثل حركية الثقوب, التكنولوجيا المستعملة, سعر التكلفة....



الشكل (II-4) : معامل الامتصاص بدلالة طول الموجة لأشباه الموصلات.

ج- معدل التوالد:

تدفق الفوتونات القليلة لأجل إنتاج مكان لتوالد الأزواج (الكترونات-فجوات) يعبر عنه بمعدل التوالد لشبه الموصل وهو عبارة عن عدد الثقوب المولدة في وحدة الحجم ووحدة الزمن.

$$G(x) = -\frac{d\phi}{dx} = \phi_0 \cdot \alpha(\lambda) \exp(-\alpha(\lambda) \cdot x) \quad (\text{cm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (11-II)$$

إذا تدخلت استطاعة ضوئية لدخول شبه الموصل نعبر عن معدل التوالد:

$$G(x) = \frac{P_{\text{opt}}}{h\nu} \cdot (1 - R) \cdot \alpha(\lambda) \exp(-\alpha(\lambda) \cdot x) \quad (\text{cm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (12-II)$$

هذه العبارة تأخذ بعين الاعتبار تدفق الفوتونات الساقطة بدلالة الاستطاعة الضوئية والطاقة الضوئية والانعكاسات على الحد الفاصل للوسطين الذي يأخذ كمثال الحد الفاصل هواء / شبه الموصل.

ح- الحساسية:

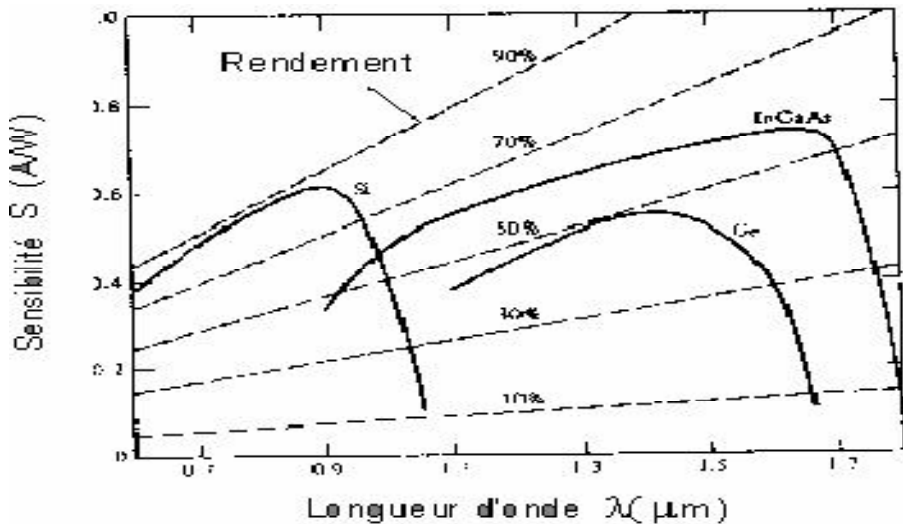
الحساسية (S) للفوتوديود يعبر عنها بالامبير على الواط وتعرف بنسبة الفوتوتيار I_{ph} الى التدفق الطاقى (الاستطاعة الضوئية P_{opt}) الصادرة [18]

هذه المقادير ترتبط بالعلاقات التالية, مع e يمثل الشحنة العنصرية للإلكترون, h ثابت بلانك, λ طول الموجة و c سرعة الضوء.

$$\eta = \frac{I_{\text{ph}}/e}{P_{\text{opt}}/h\nu} \quad (13-II)$$

$$S(\lambda) = \frac{I_{\text{ph}}}{P_{\text{opt}}} = \eta \cdot \frac{e\lambda}{h.c} \quad (14-II)$$

التيار الناشئ متناسب مع الاستطاعة الضوئية هذا الذي يدل على أن استطاعة الإشارة الكهربائية متناسبة مع مربع الاستطاعة الضوئية.



الشكل (5-II): منحنيات الحساسية والمردود بدلالة أطوال الموجة لأجل مواد مختلفة.

بالأخذ بعين الاعتبار الشكلين السابقين, نلاحظ أن الحساسية S تزداد مع λ وتتناقص مع التواتر المنقطع, ومن الواضح إذن أن لكل مادة طول موجة معين للحصول على حساسية أعظمية.

Créé avec

نلاحظ أن السيلسيوم هو بالأول يستخدم في المجال المرئي، وفي حالة بنية غير متجانسة من العمودين الثالث والخامس مثل GaInAs الذي يستعمل لنقل الحركة في الليف البصري في المجال تحت الحمراء.

II-2 الفوتوديود :

II-2-1 الوصلة PN:

(1) التحقيق الفيزيائي:

الوصلة PN فيزيائيا هي التوصيل بين منطقتين مختلفتين في التطعيم في نفس شبه الموصل، المنطقة الحدودية للمرور بين المنطقة P و N تسمى بالوصلة المعدنية.

نفترض فيما يلي أن التطعيم ثابت في المنطقتين للانتقال من المنطقة N إلى المنطقة P حاد لا يوجد انقطاع في الشبكة البلورية هذه الفرضية المبسطة تسمح بحسابات تحليلية غير معقدة، نجد في هذه البنية أربعة أنواع من الشحنات الفجوات، الإلكترونات، ذرات التطعيم المؤينة (المانحات والأخذات).

(2) التركيز وأنواع الحوامل في الوصلة :

نفترض أن التركيز ثابت على طرفي الوصلة.

N_D : هو تركيز الشوائب في المنطقة N .

N_A : هو تركيز الشوائب في المنطقة P .

في درجة الحرارة العادية كل الشوائب تكون مؤينة عند التوازن الحراري، في المنطقة N الإلكترونات

هي الحوامل الغالبة و بالتالي $n_n = N_D$ و $p_n = \frac{n_i^2}{N_D}$ إذن الشوائب هي مؤينة إيجابا N_D^+ .

الفجوات في المنطقة P هي الحوامل الغالبة و بالتالي $n_p = N_A$, $p_p = \frac{n_i^2}{N_A}$ الشوائب مؤينة سلبا.

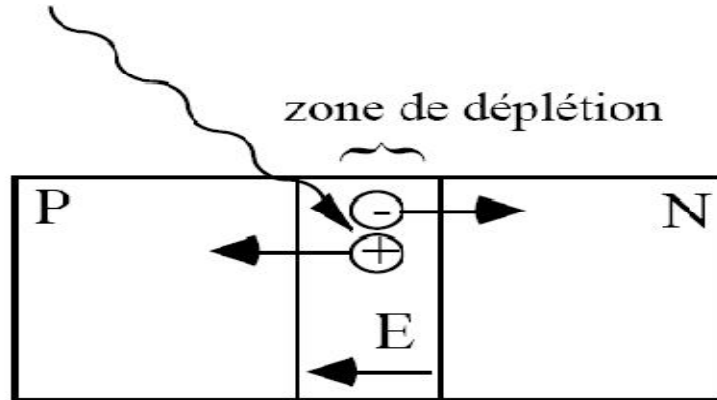
حيث : $n_i = n . p$ هو التركيز الذاتي .

(3) دراسة الوصلة PN عند التوازن الحراري :

عند نقطة الاتصال بين المنطقتين تحدث ظاهرة انتشار لاختلاف التركيز بين المنطقتين. انتقال الإلكترونات من N إلى P وانتقال الفجوات من P إلى N ينتج عنه تعديل للشحنات المحلية لان الأيونات الناتجة عن هذه الحوامل الثابتة في البلور عند درجة الحرارة العادية.

عند منطقة التماس الإلكترونات تترك وراءها أيونات ثابتة موجبة والفجوات تترك وراءها أيونات ثابتة سالبة هذه الشحنات الغير معوضة من الجهتين ينتج عنها منطقتين مشحونتين فضائيا ومجال كهربائي موجه من المنطقة N نحو P هذه المنطقة تسمى العبور أو النضوب أو منطقة الحقل الكهربائي .

المجال الكهربائي له توجه في التأثير على الحوامل بحيث يساعد على تسريع الإلكترونات من المنطقة P إلى N وتسريع الفجوات من المنطقة N إلى P وبسرعة يتوجه النظام إلى التوازن.



الشكل (II - 6) : رسم تخطيطي للوصلة PN.

(4) الوصلة المستقطبة عكسيا :

الجهد المطبق العكسي ضعيف V_{inv} :

للاستقطاب العكسي للوصلة يطبق جهد ضعيف عكسي V_{inv} سالب بالنسبة للأرض مطبق على شبه الموصل P والمنطقة N موصولة إلى الأرض، هذا الجهد الخارجي العكسي ينتج عنه الزيادة في:

- الحاجز الكموني الطاقوي بين المنطقتين N و P بحيث يصبح $q(V_{inv} + V_D)$
- اتساع عرض منطقة النضوب $W_0 \rightarrow W(inv)$

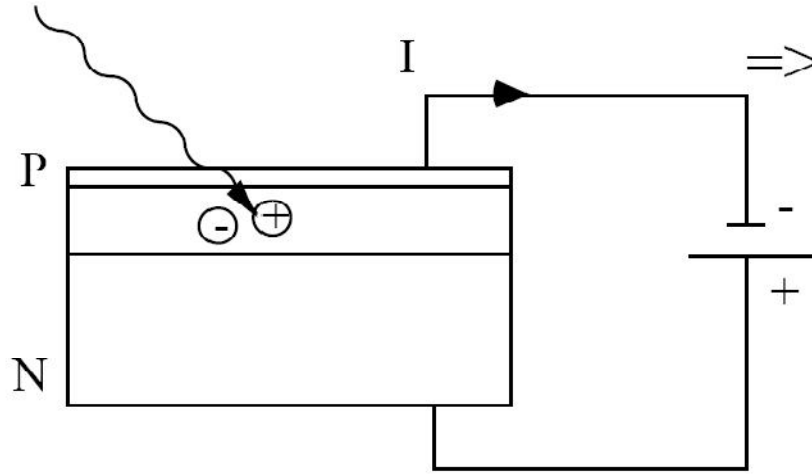
$$W(inv) = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0\varepsilon_r}{q} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right) (V_{inv} + V_D)} \quad (15-II)$$

$$W(inv) > W_0$$

حيث أن الحوامل الغالبة في المنطقة N (الإلكترونات) و P (الفجوات) ليس لهم الطاقة الكافية لاجتياز الحاجز الكموني وكذلك تيار الحوامل الغالبة تقريبا معدوم، لهذا فإن الوصلة يعبرها تيار ضعيف جدا وهو تيار التشبع I_s . وهذا ناتج عن ظاهرة التآين الحراري للمادة حيث أن:

$$I_s = A \cdot T^3 \exp\left(-\frac{E_G}{K_T}\right) \quad (16-II)$$

يمكن القول أن تيار التشبع يبقى كما هو تقريبا، حيث أن قيمته لا تتعلق بالحاجز الطاقوي.



الشكل(II-7) : رسم تخطيطي للوصلة المنحازة عكسيا.

مكثفة الانتقال للوصلة المنحازة عكسيا:

لقد أظهرنا أن الوصلة PN تتشكل من شحن ثابتة متعاكسة على طرفي الوصلة, الأيونات N_A^- في المنطقة P والايونات N_D^+ في المنطقة N .

هذه الشحنات تتصرف كمكثفات C_T تسمى مكثفة الانتقال في منطقة النضوب والعازل $\epsilon_0\epsilon_r$ والأقطاب هما المنطقتين P و N حيث :

$$C_T = \epsilon_0\epsilon_r \cdot \frac{S}{W(inv)} \quad (17-II)$$

S : يمثل مقطع الوصلة.

W(inv) : يمثل سمك منطقة النضوب ويمكن التعبير عليها ب :

$$C_T = \frac{C_{T0}}{\sqrt{1 - \frac{V_{inv}}{V_0}}} \quad (18-II)$$

$$V_{inv} = 0V \leftarrow C_{T0}$$

وهي كذلك تتناسب مع الحرارة لأن $(V_D \propto T)$ و C_T محصورة بين $[1 \rightarrow 200pF]$.

(5) ظاهرة زينر :

يحدث عند الوصلات عالية التشبع (اقل من 10^{-8}) يكون سمك الوصلة PN ضعيف وهذا ينتج عنه حقل كهربائي داخلي عالي حيث يمكن أن يحدث قطع مباشر للروابط التكافؤية ومرور الالكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة النقل .

الحقل يكون في حدود $(2 \cdot 10^7 V)$ في (cm^{-1}) اذن جهد الانهيار يكون في حدود $6 V$ وهذا بالنسبة للوصلات عالية التشبع, وعند هذا الجهد يزداد التيار العكسي فجأة بعد انهيار الوصلة تمثل مقاومة ديناميكية ضعيفة .

(6) الوصلة PN المنحازة أماميا :

الوصلة PN مستقطبة استقطاب مباشر (أمامي) في هذه الحالة يطبق جهد V_d موجب على شبه الموصل P وشبه الموصل N موصل إلى الأرض الجهد V_d ينتج عنه:

- انخفاض في الحاجز الكموني بين P و N والذي يصبح $q(V_D - V_d)$.
- انخفاض سمك منطقة النضوب حيث:

$$W(\text{direct}) = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0\varepsilon_r}{q} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right) (V_D - V_d)} \quad (19-II)$$

عدد كبير من الالكترونات في N والفجوات في P يمكنها اجتياز الحاجز الكموني.

مكثفة الانتشار:

ظاهرة الاتحاد المحلي من جهتي الوصلة غير أنية حيث أن الالكترونات المقذوفة في المنطقة P تتحد مع الفجوات الموجودة في المنطقة بعد زمن متوسط τ وهو زمن حياة الالكترتون ويقدر ببعض (ns) من الجهة الاخرى لمنطقة النضوب شحنة موجبة في القطب السالب وشحنة سالبة في القطب الموجب مكونة من حوامل غير معوضة وهذا يعادل مكثفة الانتشار C_d تتناسب مع التيار المباشر .

$$C_d = \frac{\tau}{V_T} \cdot I_d \quad (20-II)$$

2-2-II الفوتوديود PIN لإضاءة عمودية :

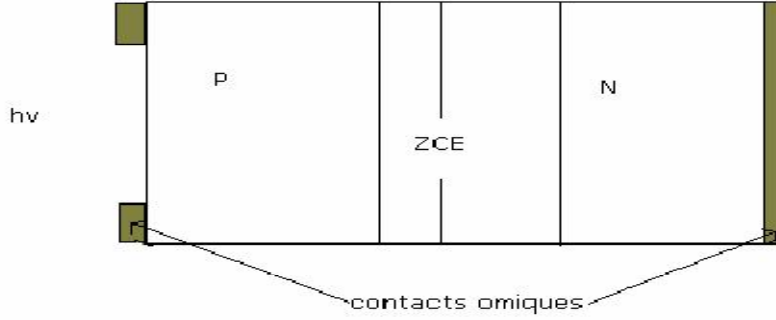
1. الفوتوديود PN الكلاسيكي :

الفوتوديود الكلاسيكي هو وصلة PN بسيطة مستقطبة عكسيا للحصول على منطقة الفضاء المشحون أو منطقة النضوب كبيرة.

الحوامل المولدة تصبح تحت تأثير الحقل الكهربائي لتتجه نحو المناطق حيث الأغلبية. الأزواج الكترونات-فجوات يمكن كذلك أن تولد في المناطق المطعمة. الحوامل الأقلية تنتشر نحو منطقة النضوب أين تعيق الحقل الكهربائي من اجل المساهمة في الفوتوتيار, يمكن من مساحتها تعويض إعادة الارتباط.

أول تطور للكواشف كان في بداية 60, والذي يدور على إثبات منطقة الامتصاص بمساعدة الطبقة العليا غير المطعمة أو ضعيفة التطعيم .

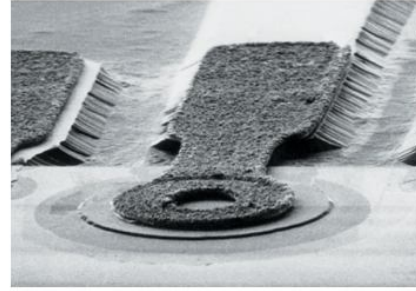
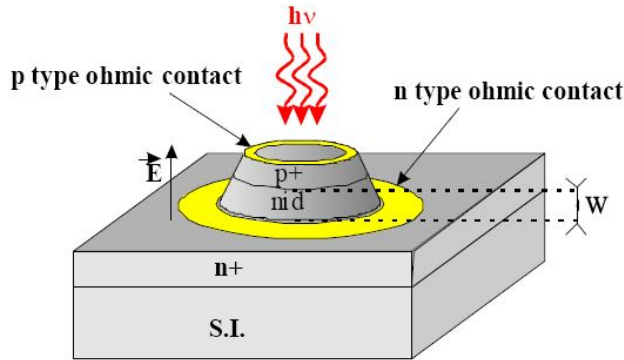
من معرفة الحساسية أعطى هذا التطور بنية الفوتوديود PIN. [17]



الشكل (8-II) : الفوتوديود PN.

2. الفوتوديود PIN :

هو يعتمد على وصلة PN بسيطة للوسط والذي هو مدرج حيث الطبقة النقية ممتدة لأطوال الموجة.



الشكل (9-II) : رسم بياني للفوتوديود PIN الكلاسيكي لإضاءة عمودية.

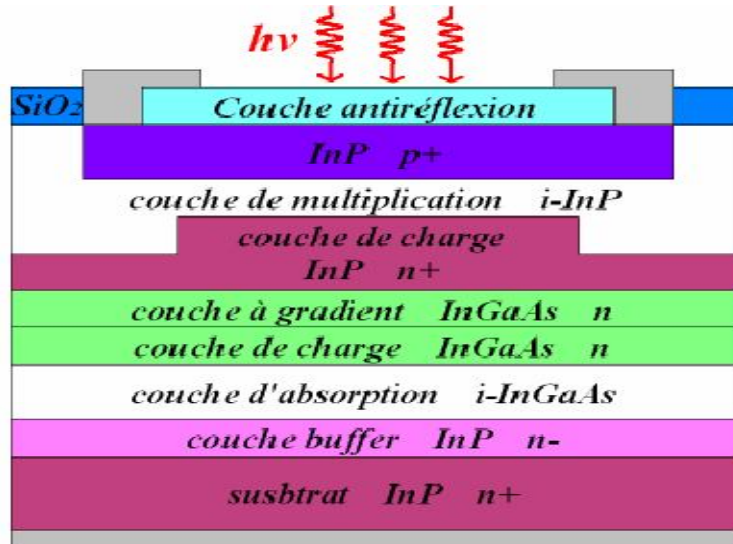
التصور الذهني لهذه البنية زاد بتصنيع منطقة النضوب وإن منطقة الامتصاص الأساسية للفوتوديود, أشهرها في الشكل تحت استقطاب عكسي كافي, كل منطقة نقية تخضع إلى قوة الحقل الكهربائي الشبه منتظم وهكذا الحوامل المولدة تصل سريعا إلى سرعة التشبع.

هذه بنية الفوتوديود وهي تستعمل مثل معدلة ضوء أحادي الموجة. [17]

3. الفوتوديود المتراكم (avalanche) PDA :

الفوتوديود المتراكم هو كل بنية PIN, حيث يطبق استقطاب عكسي قريب (لكن اصغر بالقيمة المطلقة) للجهد المنقسم, الفوتوحوامل تخلق في منطقة النضوب حينئذ تزداد بواسطة فعل التراكم.

الفوتوديود المتراكم هو مجموعة متراسة للاستفادة من كسب داخلي يسبب زيادة الحوامل المولدة بواسطة امتصاص الضوء الساقط. [18]



الشكل (10-II) : البنية المثالية الفوتوديود المتراكل: InGaAs.

بالفعل, عندما تعبر هذه الحوامل منطقة مرتفعة الحقل الكهربائي (10^5 V/cm) يمكن اقتناء طاقة كافية من اجل تايين الذرات في الشبكة البلورية وهكذا تنشأ أزواج جديدة إلكترون-ثقب التي تفصل مباشرة, كما يمكن أن تنشأ أزواج أخرى عن طريق التضخيم بالفوتوتيار الابتدائي.

4. فوتوديود schottky :

فوتوديود schottky هو مكون من طبقة سفلية من السيلسيوم من النوع N الذي هو يرسب طبقة معدنية رقيقة. نحقق هنا بطارية schottky عندما الإشعاع ينشأ الأزواج الكترونات - فجوات في منطقة النضوب لشبه الموصل, الديود يكون حاجز للفوتوتيار المتولد مماثل للفوتوديود ذو الوصلة PN.

مميزات فوتوديود schottky تمكن في فعل الطبقة المعدنية, بحيث يجب أن تكون رقيقة كافية (≈ 10 nm) من اجل مسار الضوء, وهي شفافة للإشعاع في مجال قريب من الفوق البنفسجي, هذا الذي لا يكون في حالة منطقة أمامية لأنواع أخرى للفوتوديود.

منطقة النضوب تكون قريبة لمستوي السقوط حيث الفوتونات ذات طاقة كبيرة وقصيرة الطول الموجي يمكن أن تمتص. وهكذا تنشأ الحوامل الحرة بسرعة بواسطة الحقل المرتفع. وهو يسمح بتركيب جهاز له حساسية كبيرة في اللون الأزرق والبنفسجي, وله سرعة كبيرة للاستجابة.

موانع استعمال هذه البنية في الاستجابة للأطوال الموجية الكبيرة في الأحمر وتحت الحمراء الذي له انعكاسية كبيرة في الطبقة لهذا الجزء من الطيف. [18]

II-3 الفوتوكاشف الناقل للشحنة (CCD) :

وهي أكثر الكواشف الضوئية انتشارا في الكاميرات الرقمية. وهي (CCD) Charged Coupled Devise أو العنصر مزدوج الشحنة. (بالرغم من أن بعض الكاميرات الرقمية تستخدم تقنية الكواشف الضوئية (CMOC) (Complementary Metal Oxide Semi Conductor), وتعني شبه موصل معدن الأكسيد المتمم بدلا من (CCD) وكلا التقنيتين CCD أو CMOC تقومان بتحويل الضوء إلى الكترونات عن طريق قراءة الشحنة لكل خلية تصطدم الفوتونات بالألواح الضوئية وتطلق الالكترونات. وتتكون الكواشف من شبكة مصفوفات ثنائية الأبعاد تحوي الملايين من الخلايا الشمسية الصغيرة.

الاختلافات الرئيسية بين تقنيتي CCD وCMOC:

تقوم تقنية CCD بنقل الشحنة عبر الرقاقة وقراءتها عند احد أركان المصفوفة, وبعدها يقوم المحول بتحويل كل قيمة بكسل لقيمة رقمية وذلك عن طريق قياس مقدار الشحنة في كل موضع ضوئي وتحويل ذلك القياس إلى صيغة ثنائية.

تستخدم تقنية CMOC العديد من الترانزستورات لكل بكسل لتضخيم ونقل الشحنة عبر أسلاك توصيل تقليدية.

تتمتع تقنية CCD بنقاء عالي وقلة تشويه (ناجم عن الضجيج) مقارنة بتقنية CMOC فهي أكثر تأثرا بالضجيج. لكل بكسل في تقنية CMOC عدة ترانزستورات, وحساسية الضوء ضعيفة في هذه الرقاقة وذلك لان الفوتونات الضوئية تصطدم بالترانزستورات بدلا عن الديودات الضوئية.

تستهلك رقاقات CMOC مقدارا ضئيلا من الطاقة وفي المقابل فان المعالجة التي تقوم بها رقاقة CCD تستهلك الكثير من الطاقة (أكثر 100 مرة) مقارنة برقاقة CMOC.

تصنع رقاقات CCD لتدوم طويلا وتعطي دقة عالية الوضوح للصور.

بالرغم من الاختلافات السابقة بين رقاقات CCD وCMOC فإنهما يلعبان نفس الدور في الكاميرات الرقمية وهو تحويل الضوء إلى شحنات كهربائية ومن الكواشف scanner CCD, الكاميرات.

II-4 الفوتوترانزستور:

II-4-1 فوتوترانزستور أحادي القطب :

فوتوترانزستور أحادي القطب بفاعل الحقل (FET) مصنع من المواد في العمودين الثالث والخامس, من خواص الترانزستورات أنها ذو حاجز مشبك وschottky محقق من أجل GaAs (MESFET, Metal semiconductor Field Effect Transistor). والترانزستور ذو حركية خاصة, وهو يعتمد على MESFET كما هو ظاهر, من اجل تحقيق الفوتومستقبل. لا يمكن التقريب في المجال الميكروموجي أو الأمواج الميليمترية. [18]

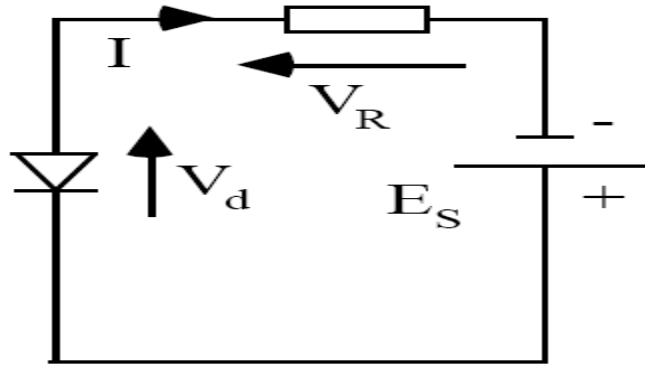
II-4-2 فوتوترانزستور ثنائي القطب :

فوتوترانزستور ثنائي القطب ذو وصلة غير متجانسة (HPT), وهو مكون من مخلاف لأجل استقبال الإشارات الضوئية, وحدات القياس بالميكروموجي حيث أنه يحقق في كل مرة دوال الكاشف لإشارة ضوئية ومضخمة وهكذا تعرض لفائدة الفوتوديود المتراكم.

يمكن إهمال الضجيج من أجل هذا النوع من الدوال, عند إضاءة الترانزستور HEMT أو FET يشاهد خلع لخصائص التردد, حينئذ HPT هو يتناول هذه الترددات المنفصلة. الكسب الضوئي يمكن أن يكون (60 GHz), وهذا هو سبب عدم الخطية الذاتية الفوتوترانزستور ثنائي القطب. [18]

II-5 صيغ التشغيل :**II-5-1 صيغة فوتوناقل (photoconducteur) :**

في هذه الصيغة التركيبية الأساسية مكونة من مصدر E_s هذا المصدر يستقطب الوصلة عكسيا ومقاومة R_m بين طرفيها تلتقط الإشارة .



الشكل (II-11) : رسم تخطيطي لصيغة فوتوناقل.

لتكن $V_d < 0$ وهو الجهد العكسي المطبق بين طرفي الوصلة نقول ان التيار العكسي I_r الذي يعبر الوصلة يأخذ العلاقة :

$$I_r = -I_s \cdot \exp\left(\frac{qV_d}{kT}\right) + I_s + I_p \quad (21-II)$$

I_p : هو التيار (الفوتوكهربائي) هو من أصل (ضوء-كهرباء) ناتج عن الحزمة الضوئية بعد مرورها بالمنطقة P بعرض x .

$$I_p = q\eta(1 - R) \frac{\lambda}{h.c} \phi_0 \exp(-\alpha x) \quad (22-II)$$

ل V_d قيمة عكسية كبيرة إذن الحد الآسي يهمل وبالتالي فإن:

$$I_r = I_s + I_p \quad (23-II)$$

عندما تكون الإضاءة عالية فإن: $I_r = I_p$

بتطبيق قانون كيرشوف نجد معادلة الدارة :

$$E_s = V_R - V_d \Rightarrow E_s = R_m \cdot I_r - V_d \quad (24-II)$$

هذه المعادلة تسمح لنا برسم مستقيم الحمل (Δ) وهي:

$$I_r = \frac{E_s}{R_m} + \frac{V_d}{R_m} \quad (25-II)$$

$$I_r = 0 \Rightarrow V_d = -E_s$$

$$V_d = 0 \Rightarrow I_r = \frac{E_s}{R_m}$$

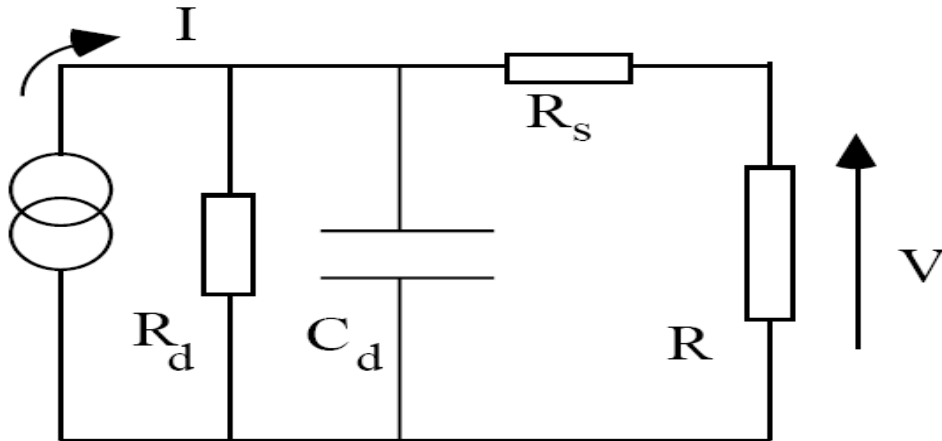
نقطة التشغيل Q للوصلة هي تقاطع مستقيم الحمل ومنحنى خصائص الديود المناسب لتدفق وارد معين .

هذا النوع من التشغيل خطي أي أن V_R تتناسب مع التدفق الضوئي ϕ وكذلك عندما تزداد ϕ يزداد I_r .
الوصلة يمكن أن تمثل بشكل مكافئ يتكون من:

مصدر تيار I_r :

$$I_r = I_s + I_p$$

مقاومة r_d على التوازي مع مصدر التيار وتتناسب مع المقاومة الديناميكية للوصلة في حالة فوتونات وبما أن الوصلة منحازة عكسيا فإن r_d تأخذ قيمة عالية في حدود ($10^{10}\Omega$).



الشكل(II-12) : رسم تخطيطي كهربائي مكافئ.

مقاومة R_s على التسلسل مع الحمل وهي المقاومة الاومية R_m لعناصر شبه الموصل بين اقطاب الاتصال للديود ومنطقة النضوب .

هذه المقاومة صغيرة جدا في حدود عشرات الأومات وعادة ما تهمل أمام R_m المكثفة C_d وهي على التوازي مع المقاومة r_d وتسمح بترجمة التلف الكهربائي للوصلة في النظام الانتقالي أو عند الدبدبات العالية جدا .

هذه المكثفة هي في حدود العشرات بيكو فراد (pF) في غياب جهد خارجي مطبق، وتتناقص تناقص ملحوظ في حالة الفوتونات تحت تأثير الجهد العكسي المطبق.

II-5-2 صيغة فوتوفولطي (photovoltaïque) :

في هذه الصيغة لا يوجد مصدر استقطاب خارجي مرفوق بالوصلة والذي يشتغل كمحول للطاقة فهي تكافئ مولد أين نقيس أما الجهد في دارة مفتوحة أو نقيس التيار في دارة مغلقة.

الجهد في دارة مفتوحة : V_{co}

الزيادة في التيار I_p الناتج عن الإضاءة الواردة يحدث تغير في ارتفاع الحاجز الكموني، هذا التغير يؤدي إلى الزيادة في الشحنات الغالبة محافظا بذلك على التساوي بين تيار الشحنات الغالبة والشحنات الأقلية بحيث يكون: $I_r = 0$

$$-I_s \cdot \exp\left(\frac{q\Delta V_d}{kT}\right) + I_s + I_p = 0$$

$$I_s + I_p = I_s \cdot \exp\left(\frac{q\Delta V_d}{kT}\right)$$

$$\frac{I_s + I_p}{I_s} = \exp\left(\frac{q\Delta V_d}{kT}\right)$$

$$\ln\left(\frac{I_s + I_p}{I_s}\right) = \left(\frac{q\Delta V_d}{kT}\right) \Rightarrow \Delta V_d = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{I_s + I_p}{I_s}\right) \quad (26-II)$$

تغير الجهد يمكن أن يقاس بين طرفي الديود في حالة دارة مفتوحة .

عند الإضاءة الضعيفة $I_p \ll I_s$ و بالتالي :

$$V_{co} = \frac{kT}{q} \left(\frac{I_p}{I_s}\right) \quad (27-II)$$

في هذه الحالة V_{co} يكون ضعيف جدا حيث ان :

$$\frac{kT}{q} = 26mV \quad T = 300K^\circ$$

ونلاحظ أن الجهد هو دالة خطية بالنسبة لتدفق الإضاءة الواردة إلى الوصلة.

عند الإضاءة العالية $I_p \gg I_s$ و بالتالي :

$$V_{co} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I_p}{I_s} \right) \quad (28-II)$$

في هذه الحالة V_{co} مهم يتغير من 0.1 الى 0.6V لكن هو علاقة لوغارتمية مع تدفق الضوء الوارد.

بالنسبة لهذه الصيغة تيار العتمة معدوم حيث انه بدون مصدر استقطاب خارجي لا يعبر أي تيار الوصلة في الظلام وهذا ما ينجم عن التقليل من ضجيج schottky وإمكانية قياس تدفق ضوئي ضعيف.

الشكل المكافئ للديود بالنسبة لفوتوفولطي هو نفسه الشكل المكافئ للديود فوتوناقل مع الاختلاف في قيمة المكثفة C_d في هذه الصيغة C_d اكبر ب 10 الى 15 مرة من قيمتها عند الصيغة فوتوناقل الجهد V_{co} عمليا يمكن ان يقاس عندما المقاومة R_m (مقاومة الحمل) لها قيمة اكبر بكثير من قيمة r_d .
في هذه الحالة مستقيم الحمل:

$$R_m \cdot I_r = V_d \Rightarrow I_r = \frac{V_d}{R_m} \quad (29-II)$$

تيار التقصير:

عندما نوصل بين طرفي الديود مقاومة R_m هذه المقاومة ضعيفة أمام r_d التيار الذي يعبرها يساوي تقريبا I_p نقول بانه تيار التقصير وهذا التيار يتناسب مع تدفق الإضاءة .

نقطة التشغيل تستنتج كما هو في صيغة الفوتوناقل وتكون قريبة من المحور I_r كلما كانت R_m صغيرة.

زمن الاستجابة:

ظهور تيار I_p يتبع لتطبيق اضاءة زمن التأخر (tdm) هو في حدود 10^{-12} s وسرعة زيادة التيار يقاس بزمن الصعود t_m (او زمن الهبوط او التناقص) المقاس عند انقطاع الاضاءة ويسمى كذلك بزمن السقوط.

وهذه الأزمنة تحدد باستعمال المكافئة الكهربائية للوصلة وهي عبارة عن مقاومة على التوازي مع C_p (مكثفة الضجيج) ناتجة على التوصيلات الكهربائية للمكثفة.

ثابت زمن الصعود هو :

$$\tau = C_{eq} \cdot R_{eq} = (C_d + C_p) \cdot \frac{r_d \cdot R_m}{r_d + R_m} \quad (30-II)$$

II-6 دراسة اختيار الكاشف الضوئي من أجل توجيه اللوح الشمسي :

لأجل اختيار أفضل كاشف ضوئي يجب المقارنة بين أنواع الكواشف الضوئية السابقة بذكر ايجابيات وسلبيات كل نوع .

الفوتوديود :

ايجابياته:

الخطية, زمن الاستجابة قصير, شريط المرور كبير.

سلبياته:

الحساسية لدرجة الحرارة.

المواد التي يصنع منها :

Ge, Si من اجل المجال المرئي و المجال القريب من الحمراء.

HgCdTe, InSb, InAs, GaAs من اجل المجال تحت الحمراء.

تطبيقاته:

يستعمل في آلات التحكم, المضوائية (قياس المقادير الضوئية) , قياس سرعة النبضات (أثار الليزر).

الفوتوترونزستور :

ايجابياته:

تيار القياس شديد, زمن الاستجابة قصير.

سلبياته:

غير خطي, الحساسية لدرجة الحرارة.

تطبيقاته:

يستعمل في آلات التحكم, المضوائية (قياس المقادير الضوئية) .

خاتمة

في هذا الفصل ركزنا على دراسة أنواع الكواشف الضوئية ومبادئ تشغيلها وطريقة تصنيعها, وفي الأخير ذكرنا ايجابيات وسلبيات كل نوع. فما هو دور الكواشف الضوئية في نظام التعقب الشمسي؟

الفصل الثالث

الإشعاع الشمسي

Créé avec

 **nitro**^{PDF} professional

télécharger la version d'essai gratuite sur nitropdf.com/professional

الفصل الثالث

الإشعاع الشمسي

مقدمة

إن استخدام الطاقة الشمسية بشكل فعال يتطلب معرفة تفصيلية للعلاقة بين الشمس ومنطقة موضع الاهتمام على سطح الكرة الأرضية، مما يسهل معرفة كمية الإشعاع الشمسي الذي تتلقاه نقطة معينة.

1-III تذكير:

1-1-III الشمس:

هي نجم كروي الشكل، مادته من البلازما مادة متأينة كلياً له ضغط يتناقص من المركز إلى السطح الخارجي، وتعتبر مفاعل نووي اندماجي بين الديتريوم (H_1^2) معطياً الهليوم (He)، وينتج عنه طاقة معظمها إشعاع كهرومغناطيسي، تتوزع وتنتشر في مجال كبير لطول الموجات

والطاقة المشعة حوالي $Q_{sun} = 3,8.10^{26} W$ ، وهي ثابتة على مدى عشرات السنين.

1-III 2 الأرض:

كوكب الأرض نعتبره كروي الشكل محاط بغلاف جوي، متأثر بضغط الهواء المتناقص مع الارتفاع عن سطح البحر. لها حركة معقدة فهي تدور حول نفسها خلال 24 ساعة، وتدور حول الشمس دورة واحدة خلال 365 يوم.

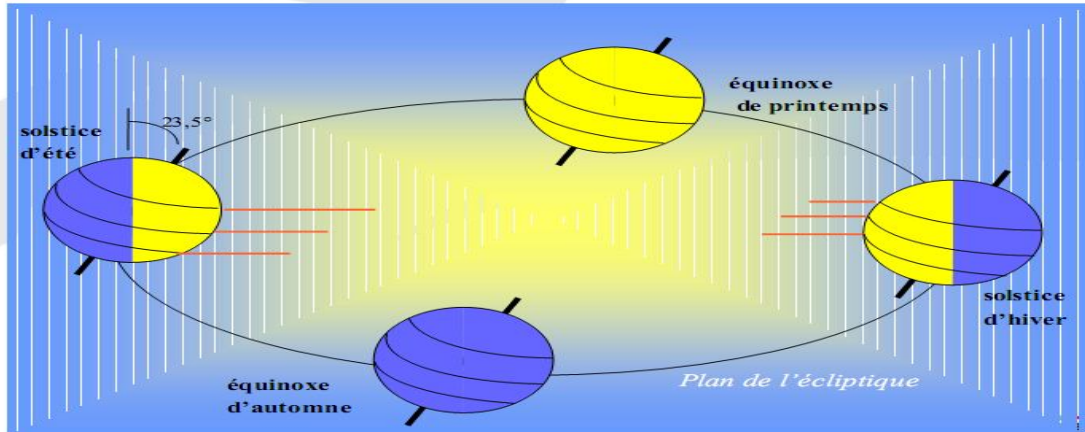
نصف قطر دوران المدار الإهليجي r الذي تصنعه حركة الأرض حول الشمس:

$$r = a \frac{1-e^2}{1+e.\cos\theta} \quad (1-III)$$

بحيث:

$a = 150.10^9 m$: المسافة المتوسطة.

$e = 0.017 m$: الانحراف عن مركز المدار.



الشكل (III-1) : حركة دوران الأرض.

III-1-3 المسافة أرض-شمس:

المسافة " أرض-شمس " تحسب يوميا بالعلاقة:

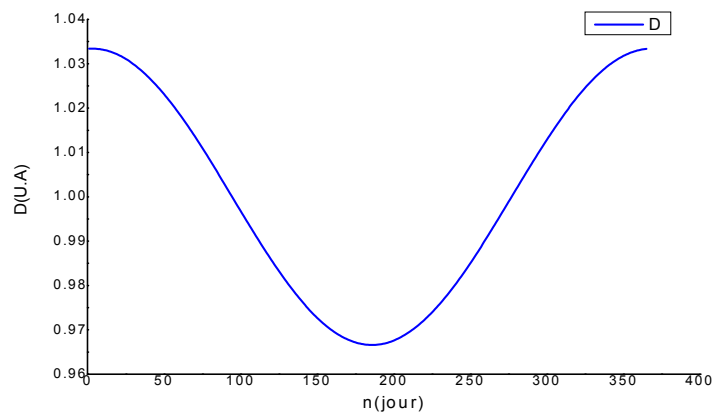
$$D_{T-S} = 1 + (0.0334 \cos(0.01721n - 0.0552)) \text{ en U.A.} \quad (2-III)$$

$$1 \text{ U.A} = 149597890 \text{ Km}$$

n : عدد أيام السنة انطلاقا من جانفي.

السنة المدنية. : n = 365

السنة الكبيسة. [1]. : n = 366



الشكل (III-2) : المسافة أرض-شمس.

III-1-4 الثابت الشمسي:

التدفق الشمسي المتوسط على المستوى العمودي لاتجاه الأشعة وموضعها خارج الجو الأرضي يسمى: الثابت الشمسي I . القيمة المتوسطة حاليا تعادل 1390 w/m^2 . تغير المسافة أرض-شمس خلال السنة تؤثر على قيمة الثابت الشمسي, والعلاقة الآتية تعطي القيمة المصححة للثابت الشمسي: [11]

$$I = 1367(1 + 0.034 \cos(0.01721n - 0.0552)) \quad \text{(3-III)}$$

n : عدد أيام السنة انطلاقا من جانفي.

III-2 الإحداثيات الفلكية:

يطلق اسم الإحداثيات الفلكية على مجموعة الأعداد التي تحدد موضع جرم سماوي في الفضاء، أو موضع نقطة من هذا الجرم. [7] ويوجد عدة أنظمة أهمها:

III-2-1 الإحداثيات الأفقية:

وهي تقوم بتحديد موقع الشمس بالنسبة لنقطة الدراسة.

▪ الارتفاع الشمسي h :

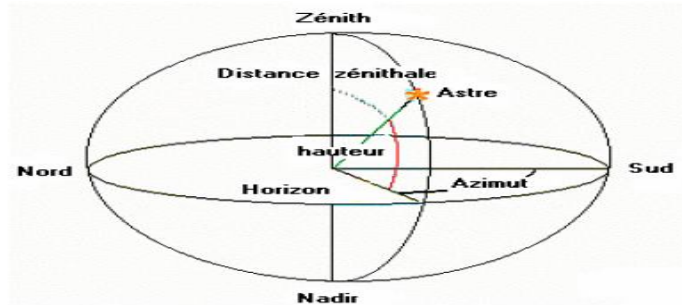
هو الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين الكوكب على سطح الأرض ومركز الشمس والمستوي الأفقي الذي يمر في النقطة المذكورة على سطح الأرض, وهو البعد الزاوي للجرم عن الأفق ويتغير بين 0° و 90° حيث:

- $h = 0^\circ$ عند الشروق و الغروب.

- $h = h_{\max} = 90^\circ - \phi + \delta$ عند الزوال.

▪ الزاوية السمتية a :

زاوية السمت الشمسي هي الزاوية المحصورة بين الخط المار في النقطة على سطح الأرض والمنتجه جنوبا وبين المسقط الأفقي للخط الواصل بين النقطة على سطح الأرض والشمس. وهي البعد الزاوي عن السمت وتتغير بين 0° و 180° .



الشكل (3-III): الإحداثيات الأفقية.

III-2- الإحداثيات الساعية:

وهي تقوم بتحديد موقع الشمس بالنسبة لمركز الأرض.

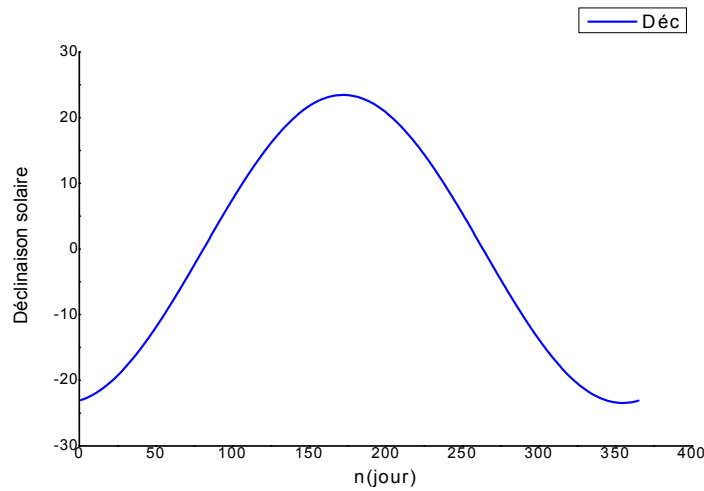
• الانحراف الشمسي δ :

هو الزاوية المحصورة بين مركزي الشمس والأرض ومسقط هذا الخط على المستوي المار في خط الاستواء، ويتراوح بين القيمتين ($23^{\circ}27'$ و $+23^{\circ}27'$) على طول أيام السنة. ويحسب بالعلاقة :

$$\delta = 23.45 \sin (360. (284 + n) / 365) \quad (4 - III)$$

n : عدد أيام السنة.

- $\delta = 0^{\circ}$: في الاعتدالين (الربيعي 21 مارس والخريفي 23 سبتمبر).
- $\delta = \pm 23,45^{\circ}$: في الانقلابين (الشتوي 22 ديسمبر والصيفي 22 جوان).



الشكل (4 - III) : تغير الانحراف الشمسي بدلالة عدد الأيام.

• الزاوية الساعية ω :

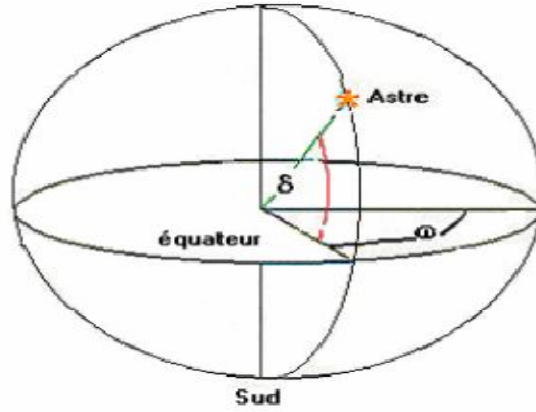
هي الزاوية الواقعة على المستوي المار بخط الاستواء والمحصورة بين مسقط الخط الواصل بين مركزي الأرض والشمس ومسقط الخط الواصل بين مركز الأرض والكوكب على سطح الأرض حيث:

$$\omega = (360/24)(TSV - 12) \quad (5 - III)$$

$\omega = 0^{\circ}$ عند الزوال، $\omega_L = \omega_{max}$ عند الشروق

$\omega_C = \omega_{max}$ عند الغروب.

TSV : الزمن الشمسي الحقيقي يعطى بالساعة.



الشكل (III-5) : الإحداثيات الساعية.

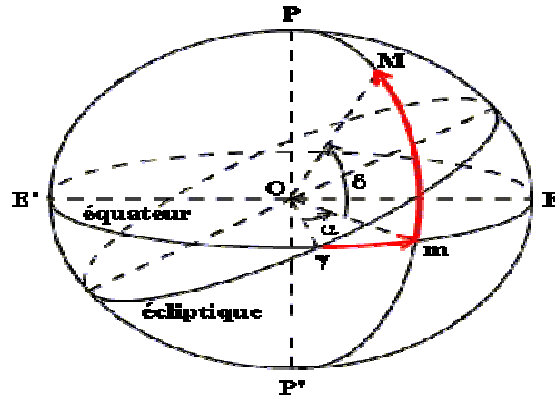
III-2-3 الإحداثيات الاستوائية:

- المطالع المستقيمة α :

وهي الزاوية بين الدائرة الساعية الإعتدالية والدائرة الساعية المارة بالجرم وتتغير بين 0° و 360° .

- الميل الاستوائي δ :

وهو البعد الزاوي للجرم عن دائرة الاستواء ويتغير بين 0° و $\pm 90^\circ$.



الشكل (III-6) : الإحداثيات الاستوائية.

III-2-4 الإحداثيات البروجية (الجغرافية) :

- خط العرض ϕ :

زاوية خط العرض هي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين النقطة على سطح الأرض ومركز الأرض ومسقط هذا الخط على المستوي المار بخط الاستواء وتساوي هذه الزاوية خط العرض عددياً، فبالنسبة لمنطقة الوادي مثلا تقع على دائرة عرض $33.36^\circ = \phi$ ، حيث أن:

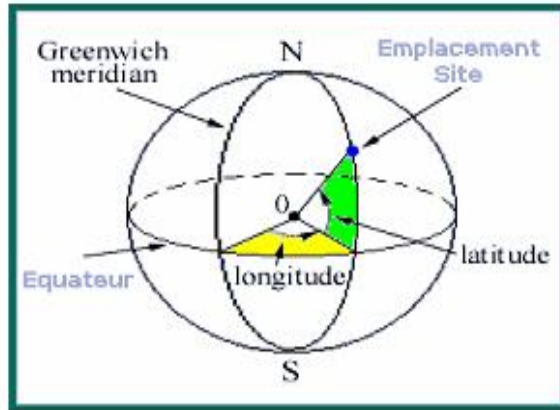
- $\phi = 0^\circ$: بالنسبة لخط الاستواء.

- $\phi = +90^\circ$: بالنسبة للقطب الشمالي.

- $\phi = -90^\circ$: بالنسبة للقطب الجنوبي.

• خط الطول λ :

يحدد به الوقت حيث التوقيت المعمول به في العالم هو توقيت اصطلاحي يقوم على اعتبار أن خط الطول المار في مدينة غرينتش في بريطانيا يساوي صفراً وبالنسبة لهذا الخط المرجع, فقد تم تقسيم العالم إلى مناطق زمنية مختلفة، وحسب هذا التقسيم فإن المسافة بين خطي طول تعادل 4 دقائق. وبالنسبة لمنطة الوادي تقع على خط طول $\lambda = 6.8833^\circ$ حيث $\lambda = 0^\circ = 360^\circ$ بالنسبة لخط غرينتش.



الشكل (III-7) : الإحداثيات الجغرافية.

3-III الأزمنة الفلكية المختلفة:

أ- الزمن الشمسي الحقيقي TSV:

وهو تبديل للزمن النظامي المحلي TSL بالزمن الشمسي الحقيقي TSV حيث [11]:

$$TSV = TSL + (12/\pi)(\Lambda_{ref} - \Lambda) + B_t(n) \quad (6-III)$$

مع:

Λ : خط الطول الجغرافي للموقع.

Λ_{ref} : خط الطول المرجعي ل TSL.

$B_t(n)$: هو عامل إضافي يأخذ بعين الاعتبار اضطرابات دوران الأرض ويعطى:

$$B_t(n) = 0.1645 \sin\left(\frac{2\pi}{364}(n - 81)\right) - 0.1255 \cos\left(\frac{2\pi}{364}(n - 81)\right) - 0.025 \sin\left(\frac{2\pi}{364}(n - 81)\right) \quad (7-III)$$

ب- الزمن الفلكي :

الزمن الفلكي لموضع يختلف عن الزمن الفلكي لخط غرينتش في نفس اللحظة, وهو يتناسب مع خط الطول للموضع.

ت- الزمن الشمسي المتوسط TSM:

هو الزمن الذي يناظر الدوران المنتظم للأرض حول الشمس وهو يختلف عن الزمن الشمسي الحقيقي (الفرق الأعظمي ET = 16minutes) إذن :

$$TSM = TSV + ET \quad (8-III)$$

ET : معادلة الزمن.

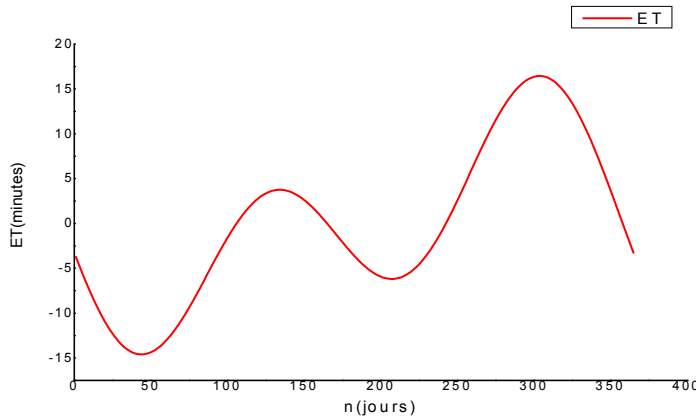
وهو يعتمد على شمس متوسطة, وينتقل على خط الاستواء بسرعة ثابتة, وطول اليوم الشمسي المتوسط 24 ساعة.

ث- معادلة الزمن

الفرق بين الزمن الشمسي المحلي TSL والزمن الشمسي الحقيقي TSV هو معادلة الزمن وتعطى بالعلاقة:

$$ET = 9.87 \sin(2B) - 7.53 \cos(B) - 1.5 \sin(B) \quad (9-III)$$

$$B = (360/364)(n - 81) \quad (\text{degré})$$



الشكل (8-III) : تغير معادلة الزمن بدلالة عدد الأيام.

4-III المسار الشمسي: Trajectoire solaire

لقد تطرقنا إلى دراسة المسار الشمسي لمنطقة الوادي خلال الأيام التالية:

- الاعتدالين الربيعي 21 مارس والخريفي 23 سبتمبر.

- الانقلابين الصيفي 22 جوان والشتوي 22 ديسمبر.

حيث الإحداثيات الجغرافية لمنطقة الوادي هي:

▪ خط العرض: $\Phi = 33.36^\circ$.

▪ خط الطول: $\lambda = 6.88^\circ$.

▪ L' albédo:

هو كسر الإشعاع الساقط المنتشر أو المنعكس بواسطة الحواجز. [2] وهو النسبة المئوية للطاقة المنعكسة إلى الطاقة الساقطة ويرتبط بدقة بميل الأشعة الشمسية. لدينا قيم عديدة له حسب مساحة الأرض:

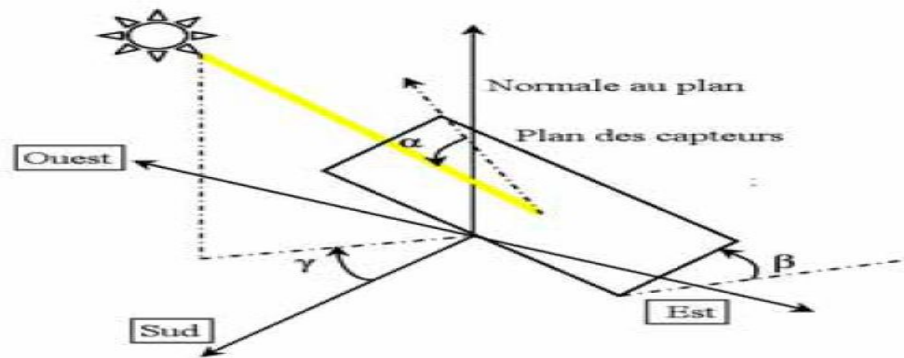
L'albédo	مساحة الأرض
0.1 إلى 0.03	مساحة ماء
0.2 إلى 0.05	غابة
0.14 إلى 0.07	أرض مزروعة
0.25 إلى 0.15	الحجارة والصخور
0.3 إلى 0.1	الحقول والمنتجعات
0.4 إلى 0.15	أرض عارية
0.7 إلى 0.5	ثلج غابر
0.95 إلى 0.8	ثلج بارد

الجدول (III-1) : قيم L' albédo لمساحات مختلفة.

وأما بالنسبة لمنطقة الوادي يقدر ب: $\rho = 0.35$.

▪ الارتفاع (altitude) : $z = 70m$.

III-4-1 اتجاه الكاشف:



الشكل (III-9) : رسم تخطيطي لتوجيه الكاشف.

Créé avec

يتم دائما توجيه الكاشف نحو الجنوب للحصول على اكبر شدة للإشعاع الشمسي. [5]

- α : الزاوية بين الناظم والإسقاط على مستوى الأفق.
- y : الزاوية بين إسقاط الناظم على مستوى الأفق واتجاه الجنوب.
- β : الزاوية بين الكاشف والإسقاط على مستوى الأفق.

$$\beta = y - 90^\circ \quad (10 - III)$$

III-4-2 إحدائيات الشمس :

الإحدائيات الكارتيزية [6] للشمس تعطى بالعبارات التالية :

$$X = D \cdot \cos(h) \cdot \cos(a) \quad (11 - III)$$

$$Y = D \cdot \cos(h) \cdot \sin(a) \quad (12 - III)$$

$$Z = D \cdot \sin(h) \quad (13 - III)$$

D: المسافة أرض-شمس.

h: ارتفاع الشمس، a: السمات الشمسي.

$$\sin(h) = \cos(\Phi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(w) + \sin(\Phi) \cdot \sin(\delta) \quad (14 - III)$$

$$\sin(a) = \cos(\delta) \cdot \sin(w) / \cos(h) \quad (15 - III)$$

III-4-3 حساب وقت الشروق والغروب:

وقت الشروق والغروب يعطيان بالمعادلتين: [1]

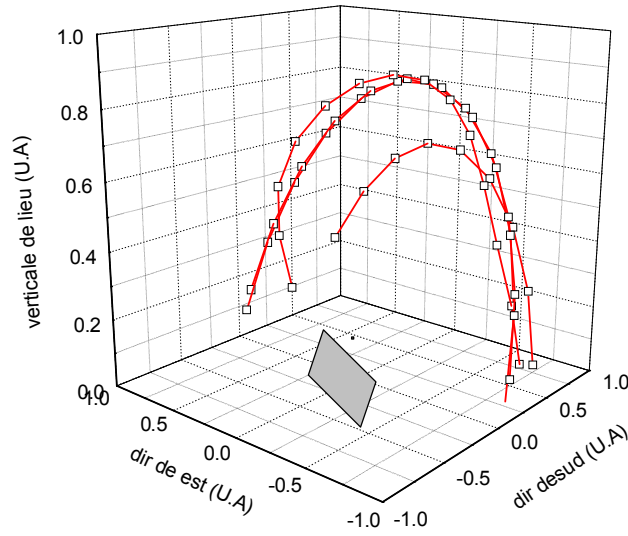
$$(TSV)_{\text{coucher}} = 12 + \frac{w_s}{15} \quad (16 - III)$$

$$(TSV)_{\text{lever}} = 12 - \frac{w_s}{15} \quad (17 - III)$$

الزاوية الشمسية للشروق هي $(-w_s)$ وأما للغروب هي (w_s) , وتعطى من المعادلة :

$$\sin(h) = 0$$

$$\cos(w_s) = -\text{tg}(\delta) \cdot \text{tg}(\Phi) \Rightarrow w_s = \text{acos}(-\text{tg}(\delta) \cdot \text{tg}(\Phi)) \quad (18 - III)$$



الشكل (III-10) : مسار الشمس للانقلابين والاعتدالين لمنطقة الوادي.

المسار الشمسي القصير هو للانقلاب الشتوي، والطويل يكون للانقلاب الصيفي، أما الأخران للاعتدالين الربيعي والخريفي.

5-III الإشعاع الشمسي: Rayonnement solaire

طاقة الشمس تنتج عن طريق تفاعلات نووية حرارية، انوية الهيدروجين (البروتونات) تندمج مع انوية الهيليوم (2 بروتونات +2 نيوترونات) مع تحرير الطاقة، هذه الطاقة ترسل في الفضاء خاصة على شكل أمواج كهرومغناطيسية. [2]

5-III-1 الطيف الشمسي:

الطيف الشمسي [2] هو التوزيع الطيفي بدلالة طول الموجة أو التوتر حيث طاقة كل بروتون ترتبط بهما بالعلاقة التالية:

$$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad (19 - III)$$

حيث:

h: ثابت بلانك.

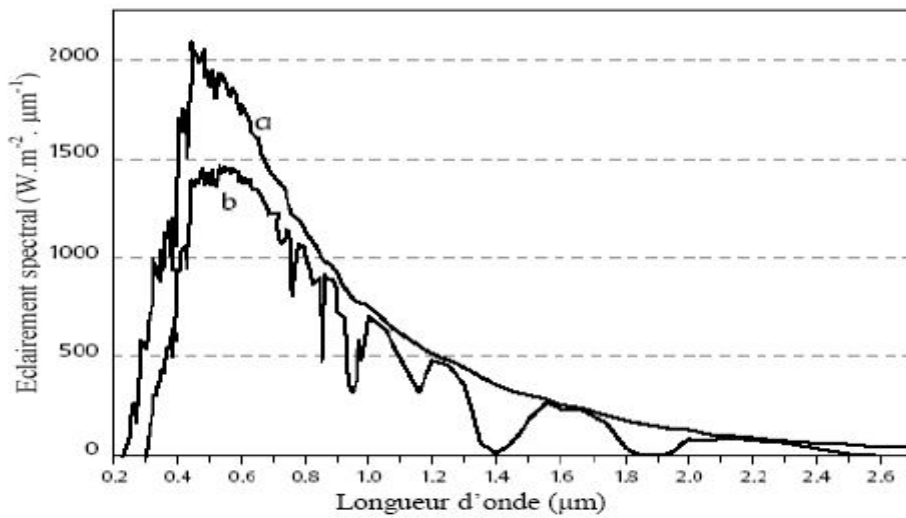
c: سرعة الانتشار.

أما التوزيع الطاقى يعطى:

6.4 %	$0.20 < \lambda < 0.38 \mu\text{m}$	فوق البنفسجي UV
48.0 %	$0.38 < \lambda < 0.78 \mu\text{m}$	المرئي
45.6 %	$0.78 < \lambda < 10 \mu\text{m}$	تحت الحمراء IR

الجدول (III-2) : التوزيع الطاقى.

إن الإشعاع الشمسي المباشر الذي يصل إلى الأرض يختلف من منطقة إلى أخرى، والشكل التالي يمثل الكثافة الطيفية للإنارة الطاقية للإشعاع الشمسي المباشر.



الشكل (III-11) : الكثافة الطيفية للإنارة الطاقية للإشعاع الشمسي المباشر.

a: الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي.

b: الإشعاع الشمسي المباشر إلى الأرض على ارتفاع 6° وتحت الجو النظامي. [11]

III-5-2 أنواع الأشعة الشمسية:

تزودنا الشمس بكمية هائلة من الطاقة تقدر 15.10^{17} kwh/a, حيث الاحتياج الكلي للأرض

(الاحتياج الكهربائي, الطاقة الحرارية, الاحتياج) يقدر ب: 30.10^{13} kwh/a .

إذن الشمس تزودنا كل عام 5000 مرة من الحاجات الطاقوية الكلية للأرض, بحيث الإشعاع الممتص مختلف الطول الموجي. فمثلا الأحمر أكثر امتصاصا من الأزرق والأصفر.

أ- الإشعاع الكلي G:

الإشعاع الشمسي الكلي الذي يصل الكاشف يشتمل على:

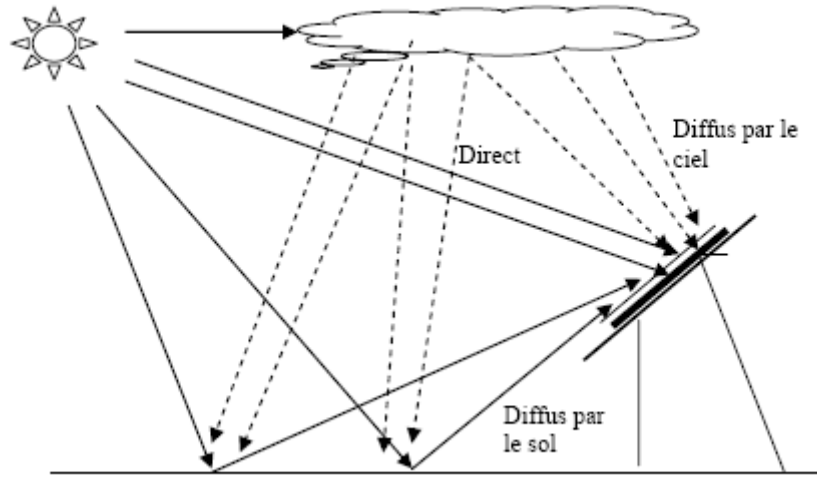
Créé avec

ب- الإشعاع المباشر:

هو ذلك الجزء من الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض ولا يتأثر بعوامل الامتصاص أو الانتشار.

ت- الإشعاع المنتشر:

هو ذلك الجزء من الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض بعد أن يتعرض لعوامل الانعكاس والانكسار.



الشكل (III-12) : تحويلات الإشعاع الشمسي.

III-6 نمذجة الإشعاع الشمسي لأجل جو صحو:

حساب الإشعاع الشمسي يعتمد على وضعية الكاشف (أفقي أو مائل) وكذلك طريقة الحساب.

III-6-1 الإشعاع الشمسي على مستوى الأفق:

لحساب الإشعاع الشمسي اليومي توجد عدة نماذج مختلفة درسنا أهمها:

1. نموذج Capderou :

الإشعاع الكلي يعطى : [4]

$$G = I + D \quad (20 - III)$$

$$I = I_0 \cdot C_{t-s} \cdot \exp \left[-T_L^* \left(0.9 + \frac{9.4}{0.89^z} \cdot \sin(h) \right)^{-1} \right] \cdot \sin(h) \quad (21 - III)$$

$$D = I_0 \cdot \exp(-1 + 1.06 \log(\sin(h))) + a - \sqrt{a^2 + b^2} \quad (22 - III)$$

$$T_L^* = T_0 + T_1 + T_2 \quad \text{معامل الاضطراب الجوي}$$

$$A_{he} = \sin\left(\left(\frac{360}{365}\right) \cdot (j - 121)\right) \quad (23 - III)$$

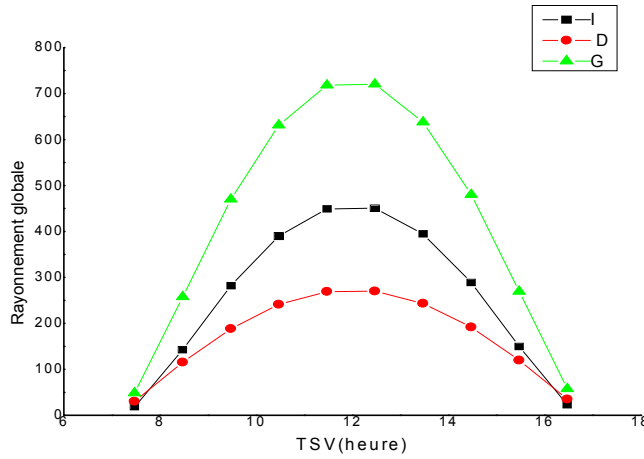
$$T_0 = 2.4 - 0.9 \sin(\Phi) + 0.1(2 + \sin(\Phi))A_{he} - 0.2z - (1.22 + 0.14A_{he})(1 - \sin(h))$$

$$T_1 = 0.89^z \quad (24 - III)$$

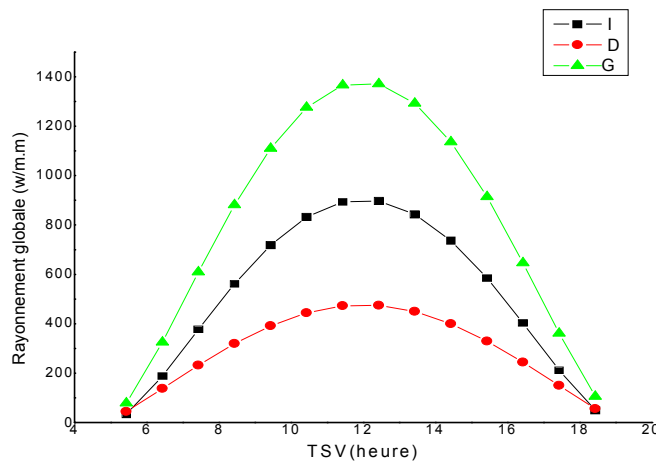
$$T_2 = (0.9 + 0.4A_{he})(0.63)^z \quad (25 - III)$$

$$a = 1.1$$

$$b = \log(T_L^* - T_0) - 2.8 + 1.02(1 - \sin(h))^2$$



الشكل (13-III) : الإشعاع الشمسي الكلي في (22 ديسمبر) لمنطقة الوادي.



الشكل (14-III) : الإشعاع الشمسي الكلي في (22 جوان) لمنطقة الوادي.

2. نموذج Perrin de Brichambaut :

الإشعاع الكلي يعطى : [11]

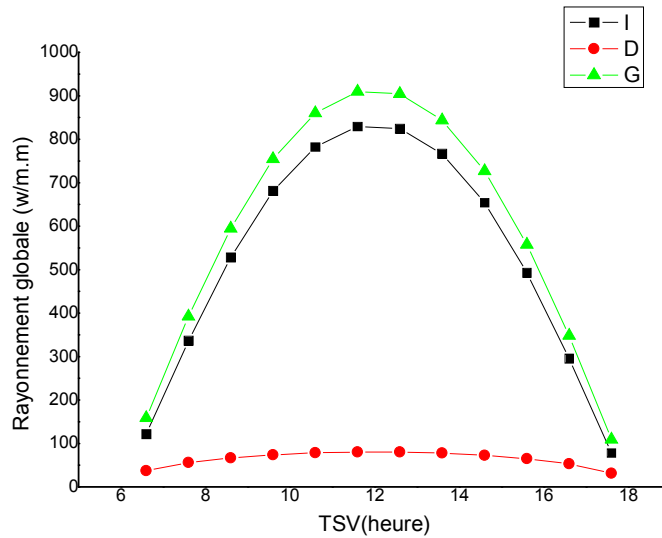
$$G_h = I_h \cdot \sin(h) + D_h \quad (26 - III)$$

$$I_h = A \cdot \exp \frac{-1}{B \sin(h+C)} \quad (27 - III)$$

A = 1210 B = 6 C = 1 pour un ciel tres clair

$$D_h = E \cdot (\sin(h))^{0.4} \quad (28 - III)$$

E = (3/4). 125 pour un ciel tres clair



الشكل (III-15) : الإشعاع الشمسي الكلي في (23 سبتمبر) لمنطقة الوادي.

3. نموذج Jordan :

الإشعاع الكلي يعطى : [3]

$$G = I + D$$

$$I = I_0 \cdot C_{t-s} \cdot \sin(h) \cdot \zeta_1 \quad (29 - III)$$

$$D = I_0 \cdot C_{t-s} \cdot \sin(h) \cdot \zeta_d \quad (30 - III)$$

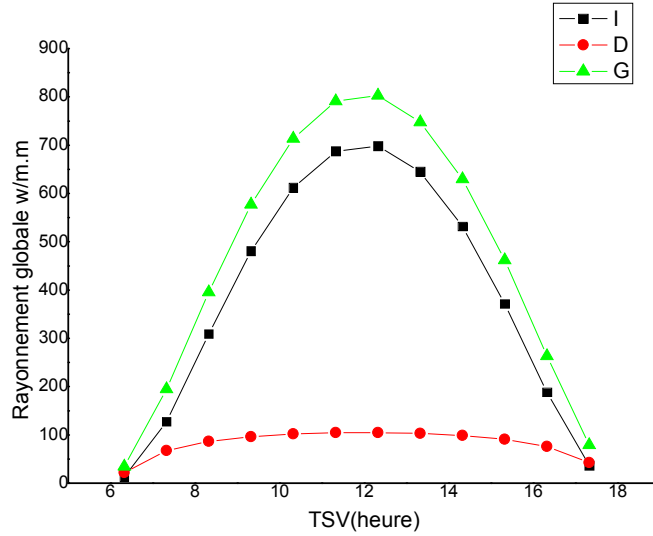
$$\zeta_1 = \left(a_0 + a_1 \cdot \exp \left(-\frac{k}{\sin(h)} \right) \right) \quad (31 - III)$$

$$\zeta_d = 0.2710 - 0.2939 \cdot \zeta_1 \quad (32 - III)$$

$$a_0 = 0.4237 - 0.0082 \cdot (6 \cdot z)^2$$

$$a_1 = 0.5055 + 0.00595 \cdot ((6.5) \cdot z)^2$$

$$k = 0.2711 + 0.01858 \cdot ((2.5) \cdot z)^2$$



الشكل (III-16) : الإشعاع الشمسي الكلي في (21 مارس) لمنطقة الوادي.

III-6-2 الإشعاع الشمسي على مستوى مائل (incliné):

سوف نبرمج الآن الإشعاع الشمسي على مستوى مائل باستعمال نفس النماذج السابقة.

1. نموذج Capderou :

الإشعاع الكلي : [3]

$$G = I + D$$

$$I = I_0 \cdot C_{t-s} \cdot \exp \left[-T_L^* \left(0.9 + \frac{9.4}{0.89z} \cdot \sin(h) \right)^{-1} \right] \cdot \cos(i) \quad (33 - III)$$

i:زاوية السقوط.

$$\cos(i) = \cos(h) \cdot \cos(a) \cdot \cos(\gamma) \cdot \cos(\alpha) + \cos(h) \cdot \sin(a) \cdot \cos(\gamma) \cdot \sin(\alpha) + \sin(h) \cdot \sin(\gamma) \quad (34 - III)$$

$$D = d_{ciel} + d_{sol} + \delta_i' \cdot \frac{1 + \sin(\gamma)}{2} \quad (35 - III)$$

$$d_{ciel} = \delta_d \cdot \cos(i) + \delta_i \cdot \frac{1 + \sin(\gamma)}{2} + \delta_h \cdot \cos(\gamma) \quad (36 - III)$$

$$b = \log(T_L^* - T_0) - 2.8 - 0.5 \log(\sin(h))$$

$$a = 3.1 - 0.4b$$

$$\delta_d = I_0 \cdot C_{t-s} \cdot \exp(-2.48 + \sin(h) + a - \sqrt{a^2 + 4b^2})$$

$$\delta_i = D - \delta_d \sin(h)$$

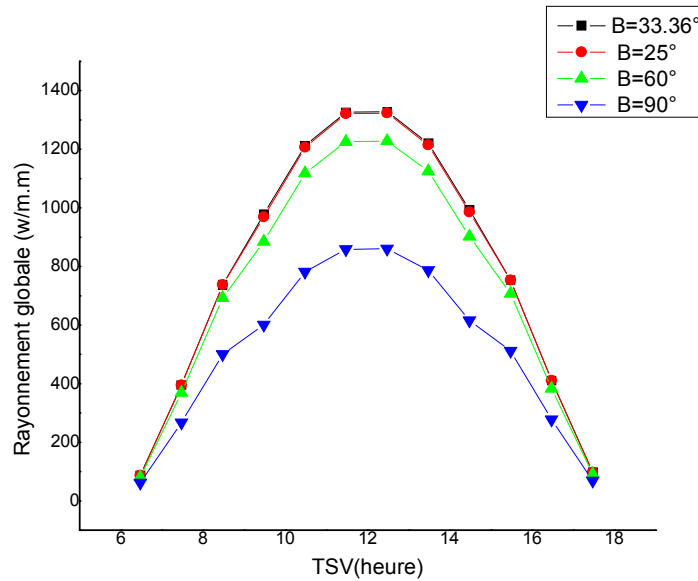
$$b' = \exp(0.2 - 1.75 \log(\sin(h)))$$

$$a' = \log(T_L^* - T_0) - 3.1 - \log(\sin(h))$$

$$\delta_h = I_0 \cdot \frac{-0.02}{a'^2 + a'b' + 1.8} \cdot \exp(\sin(h))$$

$$d_{sol} = \delta_a \cdot \frac{1 - \sin(\gamma)}{2}, \delta_a = \rho \cdot G \tag{37-III}$$

$$\delta'_i = 0.9(\rho - 0.2)G \cdot \exp\left(-\frac{4}{\sqrt{T_L^* - T_0}}\right)$$



الشكل (III-17) : الإشعاع الشمسي الكلي في (21 مارس) لمنطقة الوادي.

2. نموذج Perrin de Brichambaut :

الإشعاع الكلي : [19]

$$G = I + D$$

$$I = A \cdot \cos(i) \cdot \exp \frac{-1}{B \sin(h+C)}$$

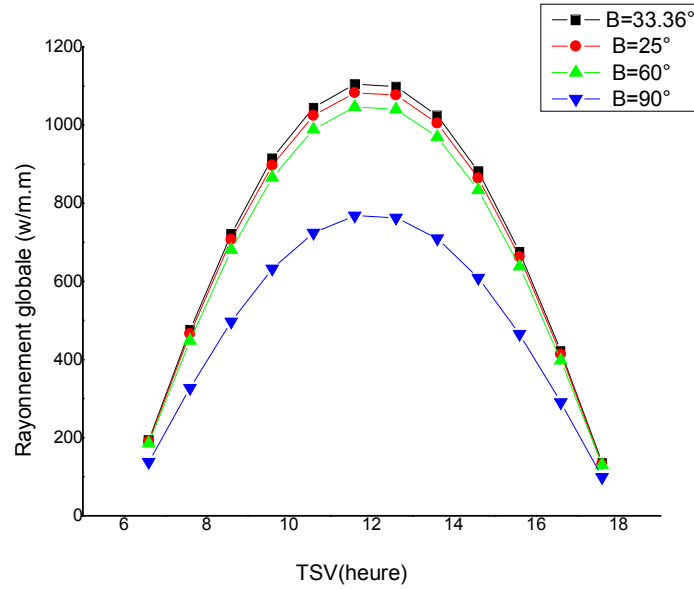
$$D = \left(\frac{1+\cos(\beta)}{2}\right) \cdot D_H + \left(\frac{1-\cos(\beta)}{2}\right) \cdot \rho \cdot G_H \quad (39 - III)$$

$$D_H = A' \cdot (\sin(h))^{0.4} \quad (40 - III)$$

$$G_H = A'' \cdot (\sin(h))^{B''} \quad (41 - III)$$

$$A = 1210 \quad B = 6 \quad C = 1 \quad A' = 87 \quad A'' = 1150$$

$$B'' = 1.15 \quad \text{pour un ciel tres clair}$$



الشكل (III-18) : الإشعاع الشمسي الكلي في (23 سبتمبر) لمنطقة الوادي.

3. نموذج Jordan:

الإشعاع الكلي : [11]

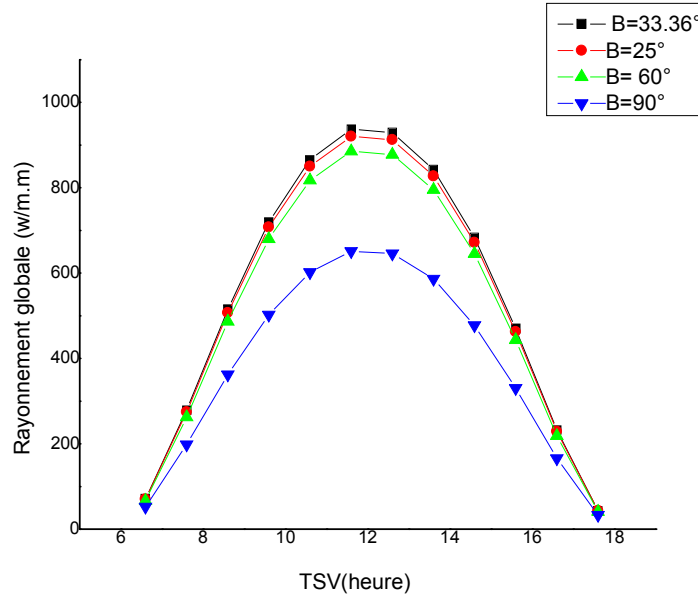
$$G_i = R_d(\beta) + D_c(\beta) + D_s(\beta) \quad (42 - III)$$

$$R_d(\beta) = I_h \cdot R_b \quad (43 - III)$$

$$R_b = \frac{\cos(\Phi-\beta) \cdot \cos \delta \cdot \cos w + \sin(\Phi-\beta) \cdot \sin \delta}{\cos \Phi \cdot \cos \delta \cdot \cos w + \sin \Phi \cdot \sin \delta} \quad (44 - III)$$

$$D_c(\beta) = D_h \cdot \left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right) \quad (45 - III)$$

$$D_s(\beta) = G_h \cdot \left(\frac{1-\cos\beta}{2}\right) \cdot \rho \quad (46 - III)$$



الشكل (III-19) : الإشعاع الشمسي الكلي في (23 سبتمبر) لمنطقة الوادي.

خاتمة

كل النتائج الرقمية التي تحصلنا عليها أعطتنا تطورات الإشعاع الشمسي الكلي على مستوى أفقي ومائل في جو صحو لأيام نموذجية، وللتحصل على أكبر شدة للإشعاع الشمسي الكلي يجب وضع الكاشف مائلا وبزاوية خط العرض.

إن شدة الإشعاع الشمسي تتعلق بتوجيه اللوح الشمسي، لذلك سندرس في الفصل التالي آليات دوران الخلايا الشمسية.

الفصل الرابع

نظام التعقب الشمسي

Créé avec

 **nitro**^{PDF} professional

télécharger la version d'essai gratuite sur nitropdf.com/professional

الفصل الرابع

نظام التعقب الشمسي

مقدمة

توجيه الكواشف هو مشكل مهم لأجل الحصول على اكبر إشعاع شمسي. حيث أن المواضع الظاهرية للشمس هي متغيرة باستمرار في السلم اليومي, إذن يلزمنا تعديل هذه المواضع باستمرار للكواشف وتتبع الشمس باستمرار بنظام التعقب الآلي.

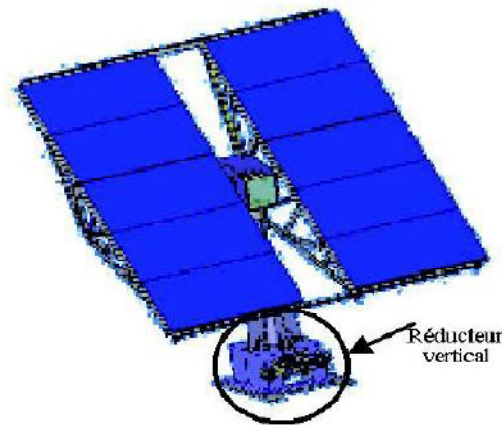
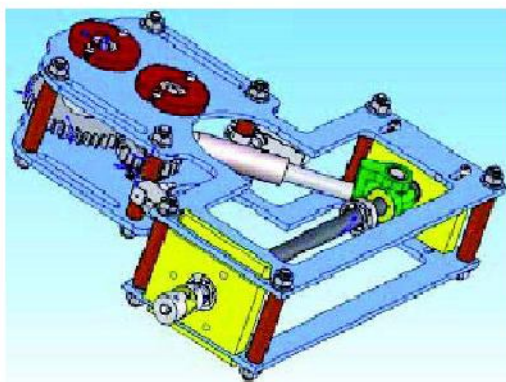
1-IV وصف ميكانيزم نظام التعقب الشمسي:

ابتداء من 1996, عملوا على وضع مكان للنموذج الأصلي لنظام التعقب الشمسي لمحورين, النظام يتكون من ثلاثة أجزاء أساسية هم البنية الحاملة للمواد الخفيفة, مقاومة تساند 10 وحدات شمسية ب 50Watts للنوعية PWX500 للفوتوات (طاقة كلية), حاجز زجاجي مضعف, الشحنة الكلية 150 Kg .

التوجيه الشمسي للنظام يجري بواسطة ميكانيزمين هما:

الميكانيزم الأول هو ميكانيزم خافض للجذب العمودي ومكون من طبقتين مشبكتين.

ويوضع أسفل النظام, هذا الميكانيزم يملك نسبة إنقاص $\frac{1}{400}$. [21].



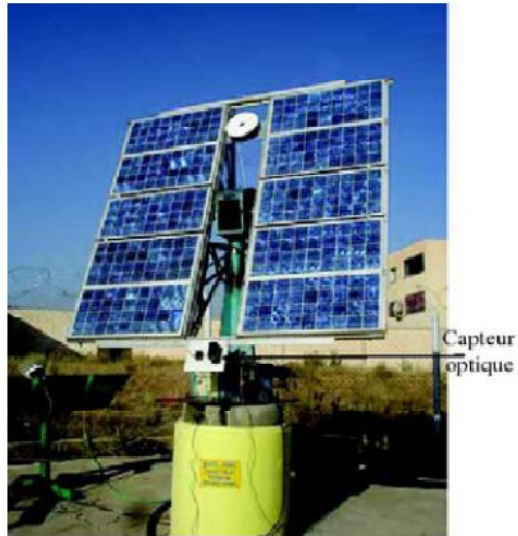
الشكل (1-IV) : البنية الحاملة مشاهدة من الأمام وتشغيل الخافض وميكانيزم الجذب للحركة العمودية.

الميكانيزم الثاني يستعمل لأجل جذب الارتفاع وهو ميكانيزم رافع لقاعدة قوة الصامولة, وكل سويعد يرتبط بمفاصل كروية بجانب الرافعة والصندوق المركزي. كما في الشكلين:



الشكل (2-IV): البنية الحاملة مشاهدة من الخلف وموضع الرافعة وميكانيزم الجذب للحركة الأفقية.

الجهاز مثبت على موقع تجريبي, في مكان طلق مليء بالشمس يسمح بإجراء التجربة, ومدة التشميس حتى 14 ساعة في اليوم.



الشكل (3-IV): مشاهدة جهاز التعقب في موقع مع موضع الكاشف الضوئي.

2-IV وصف التحكم الآلي لنظام التعقب الشمسي:

التحكم الآلي لنظام التعقب الشمسي [21] يتعلق بالأجزاء التالية:

- وحدة لمعالجة إشارات الكواشف.
- وحدة للضبط والحكم.
- الحد الفاصل للاقتباس (دارة الاستطاعة).
- جزء software.

Créé avec

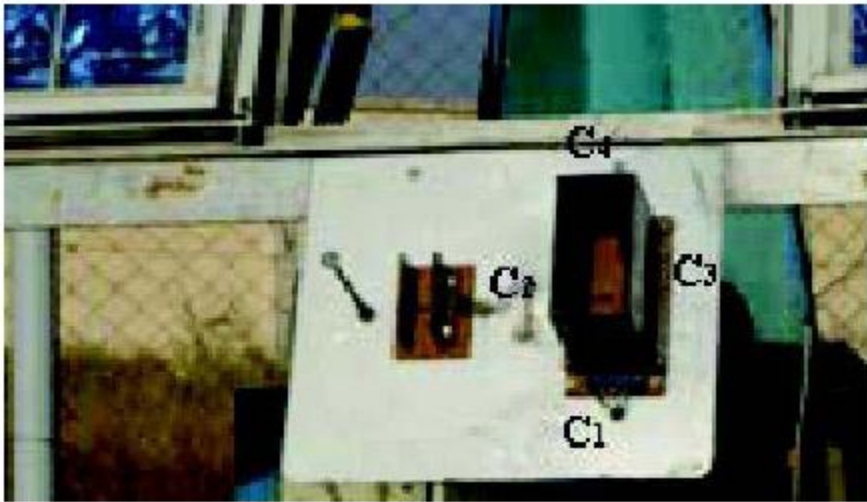
IV- 1-2 وحدة معالجة إشارات الكواشف:

وحدة المعالجة تتعلق بالكاشف الضوئي والدارة المجهزة.

الكاشف الضوئي:

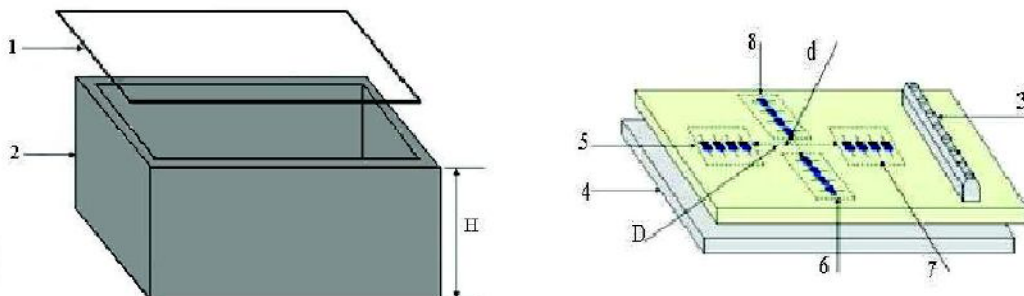
هذا الكاشف مركب من أربعة كتل, كل كتلة تتكون من أربع فوتوديودات (BPW34) موضوعة على التوازي C1, C2, C3, وC4 كما في الشكل اسفله.

الخلايا في صندوق متوازي السطوح, الذي جدرانه مطلية بطبقة سوداء غير لامعة, الجانب العلوي له يغطي بصفيحة رقيقة وشفافة من الزجاج.



الشكل(IV-4) : موضع الفوتوديودات نسبة إلى النظام.

الكاشف يثبت في الجزء السفلي للبنية الحاملة للنظام. أبعاد الصندوق هي d , D , و H تختار حسب شكل الكاشف وهو حساس لمواضع الشمس. المسافة d يجب أن تكون أكبر من D , كما أن فعل زاوية تتبع الحركة العمودية أكبر من فعل زاوية تتبع الحركة الأفقية.



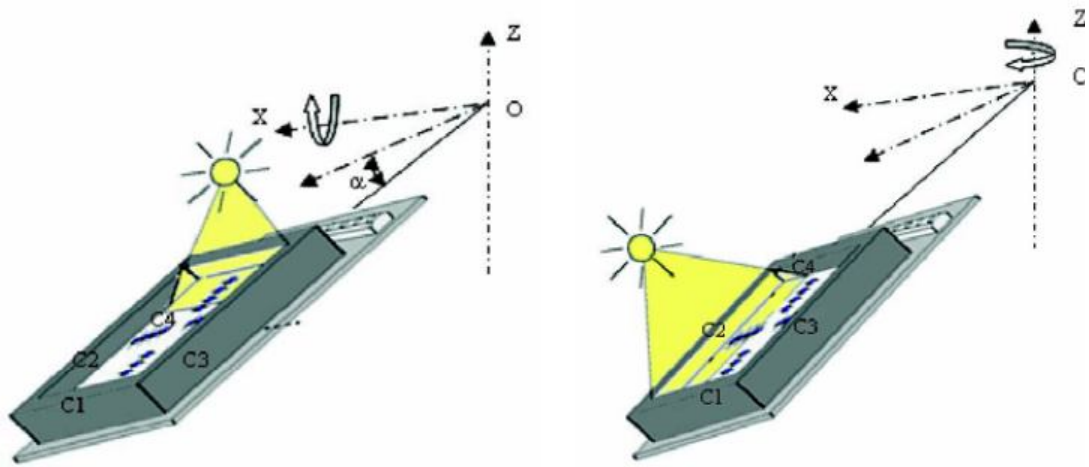
الشكل(IV-5) : فكرة الكاشف الضوئي.

الفوتوديودات هي صيغة فوتوفولطي (لا يوجد مصدر استقطاب خارجي). التيار الذي يعبر عمليا يساوي التيار الفوتوكهربائي، تيار الدارة المفتوحة للفوتوديودات هو متناسب مع التدفق الساقط.

في حالة الإضاءة كلية، الفوتوديودات تزودنا بنفس التيار لأجل كل كتلة، وإذا كانت الوحدة مضاءة جزئيا أو غير مضاءة بسبب ظل الصندوق فإن التيار الذي يزودنا يتناقص.

هذا المبدأ، يستطيع تحديد توجيه النظام، الذي يفعل بذاته بموجب زاوية السقوط لتدفق الحزمة الضوئية.

كمثال نأخذ الحالة أين ظل الصندوق حجب جزء الكتلة C4 هذا الأخير يزودنا بتيار ضعيف نسبة إلى التيار المزود من طرف الكتلة المقابلة C1 (مضاءة). النظام يجب أن يوجه نحو ارتفاع كفي لإنقاص زاوية الميل α للجهاز، هذا التوجيه مضمون من طرف ميكانيزم الجذب الأفقي.



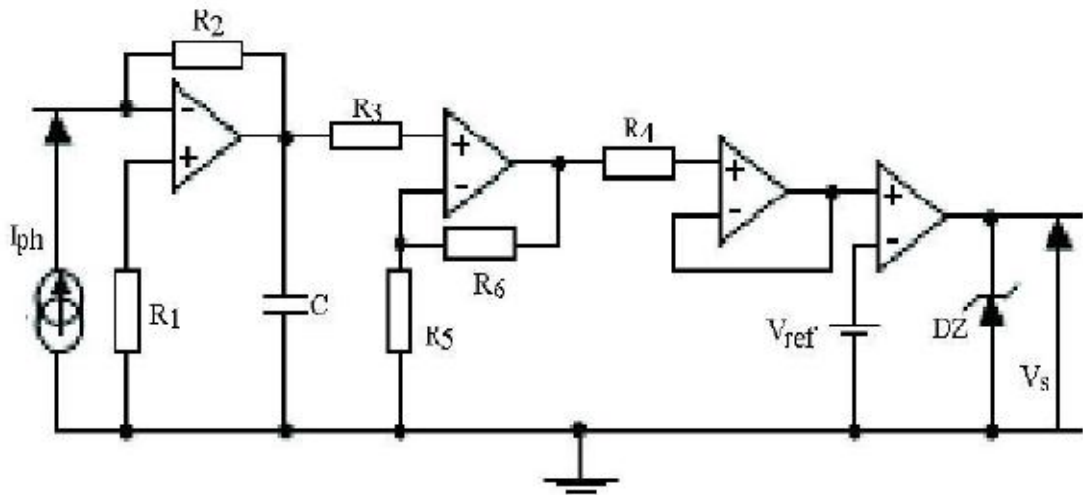
الشكل (6-IV) : مبدأ عمل الكاشف لأجل الحركة العمودية ومبدأ عمل الكاشف لأجل الحركة الأفقية.

في الحالة أين ظل الصندوق يحجب جزء الكتلة C2 هذا الأخير يزودنا بتيار ضعيف نسبة للتيار المزود من طرف الكتلة المقابلة C3 (مضاءة). ويتم التحكم فيه بواسطة الحركة العمودية حول المحور OZ، التي توجه الجهاز نحو اليسار

بالفعل، يقال أن هناك أربع احتمالات لتوجيه النظام من أجل تأمين السقوط العمودي للأشعة الشمسية على الكاشف.

خريطة التجهيز:

خريطة التجهيز تلعب دور الحد الفاصل بين الكاشف الشمسي والميكرومراقب، وهي تتركب من ثلاث طبقات: طبقة التحويل تيار/ جهد، طبقة التضخيم وطبقة مقارنة مع جهد العتبة. الشكل التالي يمثل رسم بياني كهربائي لتجهيز كتلة واحدة للفوتوديودات.



الشكل (IV-7) : دائرة التجهيز.

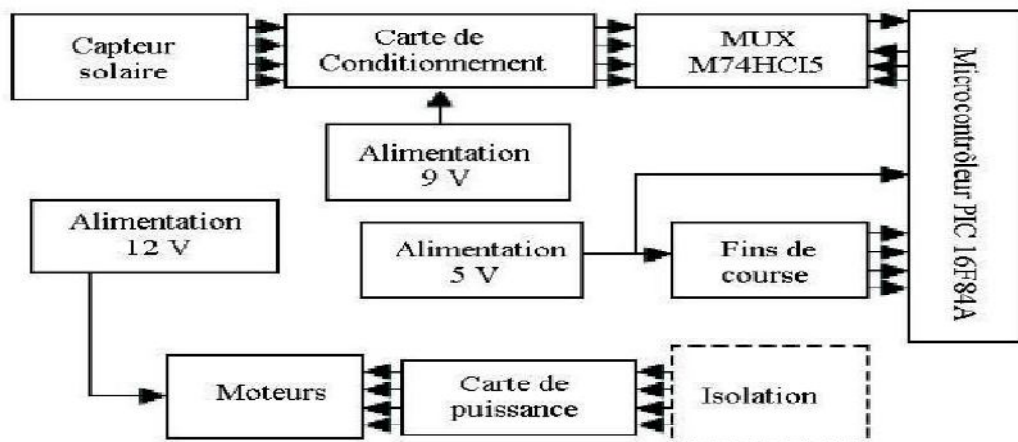
IV-2-2 وحدة المراقبة والحكم:

التحكم لنظام التعقب الشمسي يعتمد على الميكرو مراقب PIC16F84A, الذي يأخذ المعلومات الناتجة من خريطة التجهيز للكاشف عن طريق الضرب (multiplexeur) M74HC151. هذه المعلومات تعالج بواسطة الميكرو مراقب لأجل معرفة موضع الشمس.

الميكرو مراقب PIC هو مذكرة البرنامج في تسجيل المعلومات الذي يسمح بتطبيق مختلف الدوال المستخدمة لضبط وضع مبدأ التشغيل للتعقب الآلي للنظام حسب موضع الشمس.

IV-2-3 خريطة الاستطاعة:

خريطة الاستطاعة تتركب من دارتين, الأولى تشمل على أربعة ترانزستورات للاستطاعة مجهزة بجسر, ومنبع جهد ضروري 12V/CC. أما الثانية هي دائرة للفوتوموصل ويثبت عازل لدائرة التحكم لهذه الاستطاعة.



الشكل (IV-8) : رسم بياني إجمالي لخريطة التحكم.

Créé avec

IV- 2-4 خريطة software :

لوجيسيال التحكم يدبر الميكرومراقب ويكتب بلغة البرنامج التصنيفي.

IV- 3 المواضع الظاهرية للشمس :

IV- 1-3 زاوية سمت الرأس:

هي الزاوية بين المحور العمودي وإشعاع الشمس [7] وتعطى بالعلاقة:

$$\theta_z = \cos^{-1}(\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega) \quad (1-IV)$$

δ : الانحراف الشمسي.

ϕ : خط العرض للمكان.

ω : الزاوية الساعية.

IV- 2-3 زاوية السمت:

هي الزاوية بين اتجاه الجنوب والمسقط الأفقي للأشعة المباشرة من الشمس وتعطى بالعلاقة :

$$\gamma_s = \sigma_{e\omega} \sigma_{ns} \gamma_{so} + \left(\frac{1 - \gamma_{e\omega} \gamma_{ns}}{2} \right) \sigma_{\omega} 180^\circ \quad (2-IV)$$

$$\gamma_{so} = \sin^{-1} \left(\frac{\sin \omega \cos \delta}{\sin \theta_z} \right) \quad (3-IV)$$

$$\sigma_{e\omega} = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{si } |\omega| \leq \omega_{e\omega} \\ -1 & \text{autrement} \end{array} \right\}$$

$$\sigma_{ns} = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{si } \phi(\phi - \delta) \geq 0 \\ -1 & \text{autrement} \end{array} \right\}$$

$$\sigma_{\omega} = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{si } \omega \geq 0 \\ -1 & \text{autrement} \end{array} \right\}$$

$$\omega_{e\omega} = \cos^{-1}(\cot \phi \tan \delta) \quad (4-IV)$$

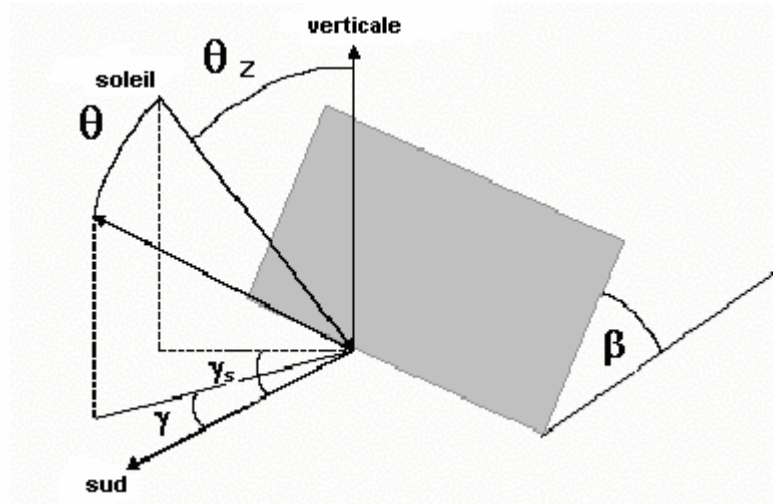
IV- 3-3 زاوية السمت الخارجية (γ):

هي الزاوية بين اتجاه الجنوب والمسقط الأفقي للناظم.

IV- 4-3 زاوية السقوط:

هي الزاوية بين أشعة الشمس المباشرة للناظم الخارجي للكاشف وتعطى بالعلاقة:

$$\theta = \cos^{-1}(\cos \theta_z + \sin \theta_z \sin \beta \cos(\gamma_s - \gamma)) \quad (5-IV)$$



الشكل (IV-9) : المواضع الظاهرية للشمس على سطح مائل.

IV-4 توجيه الكاشف :

IV-4-1 الدوران حول محور واحد :

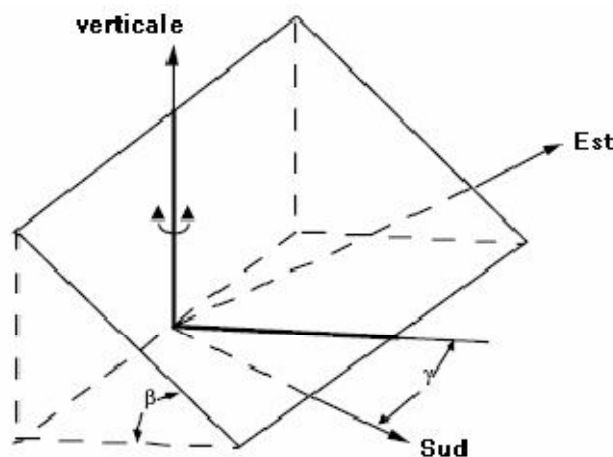
يوجد نوعان :

أ- محور عمودي وميل الكاشف ثابت :

هذا النوع يستعمل كاشف موجه مع ميل خارجي ثابت β وزاوية السمات الخارجية γ متغيرة, يدور حول المحور العمودي كما في الشكل الآتي.

في هذه الحالة الإشعاع الشمسي الأعظمي عندما:

$$\gamma = \gamma_s \quad (IV-6)$$



الشكل (IV-10) : توجيه الكاشف (محور عمودي).

ب- محور أفقي والكاشف مواز له :

الكاشف يدور حول محور بسيط، والذي يكون مواز له. في هذه الحالة، الميل الخارجي للكاشف يعطى :

$$\beta = \tan^{-1}(\tan\theta_z \cos(\gamma - \gamma_s)) \quad (7-IV)$$

زاوية السمت الخارجية هي :

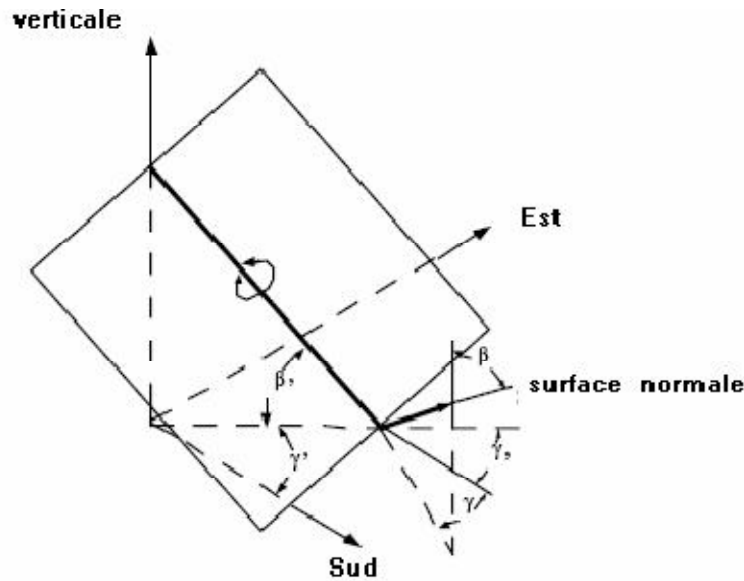
$$\gamma = \gamma' + 90^\circ \quad \text{si } \gamma_s - \gamma' \geq 0$$

$$\gamma = \gamma' - 90^\circ \quad \text{si } \gamma_s - \gamma' < 0$$

وإذا كان الكاشف يدور حول محور كفي فإن β و γ تتغيران مع الزمن :

$$\gamma = \gamma' + \tan^{-1} \left[\frac{\sin\theta_z \sin(\gamma - \gamma')}{\cos\theta' \sin\beta'} \right] \quad (8-IV)$$

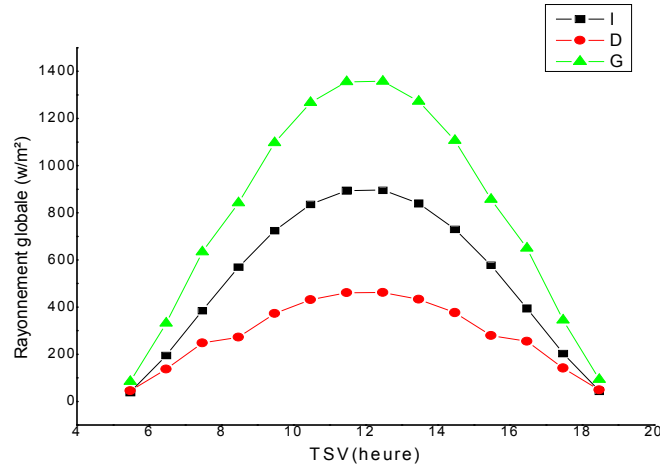
$$\beta = \tan^{-1} \left[\frac{\tan\beta'}{\cos(\gamma - \gamma_s)} \right] \quad (9-IV)$$



الشكل (11-IV) : توجيه الكاشف (محور أفقي).

ت- نمذجة الإشعاع الشمسي في حالة الدوران حول محور واحد:

نموذج Capderou :



الشكل (12-IV) : الإشعاع الشمسي الكلي في (22 جوان) لمنطقة الوادي.

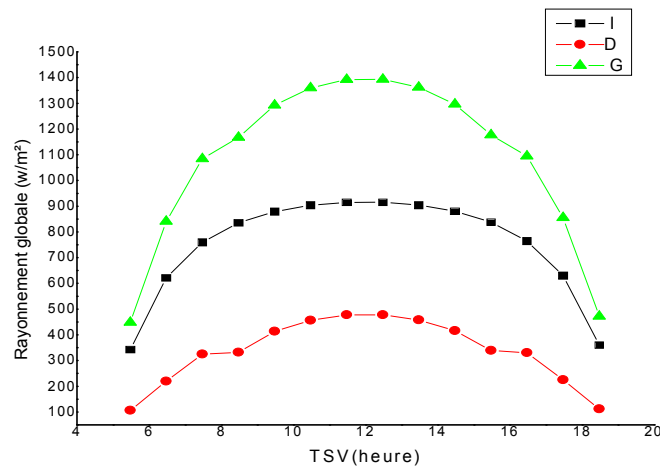
IV- 2-4 الدوران حول محورين :

في هذه الحالة الكاشف يدور حول محورين بحيث يكون إشعاع الشمس موازي للناظم, أي زاوية السقوط تساوي الصفر على طول اليوم ($\cos \theta = 1$) ويكون:

$$\gamma = \gamma_s \quad \text{و} \quad \beta = \theta_z \quad (10-IV)$$

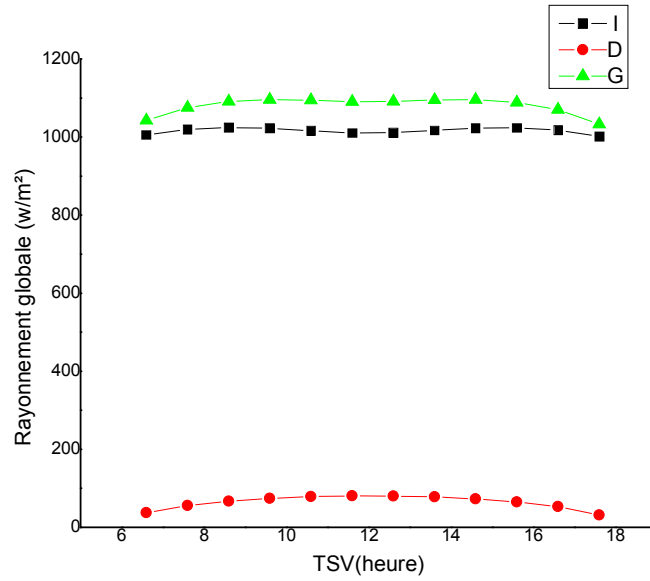
• نمذجة الإشعاع الشمسي في حالة الدوران حول محورين:

1. نموذج Capderou :



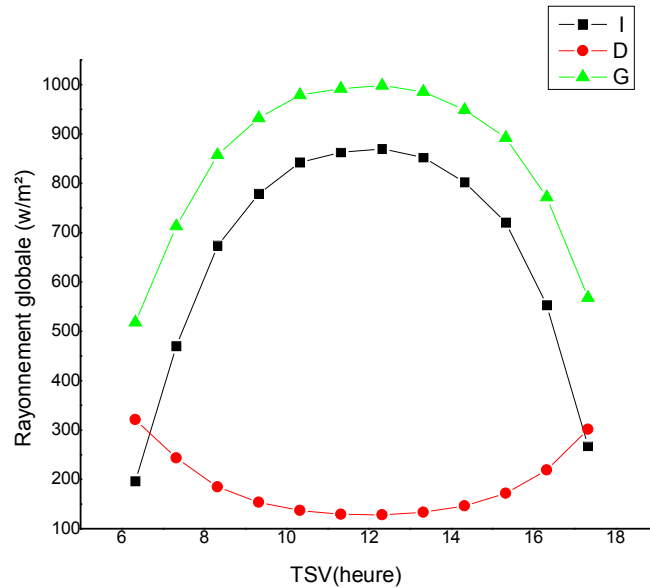
الشكل (13-IV) : الإشعاع الشمسي الكلي في (22 جوان) لمنطقة الوادي.

2. نموذج Perrin de Brichambaut :



الشكل (IV-14) : الإشعاع الشمسي الكلي في (23 سبتمبر) لمنطقة الوادي.

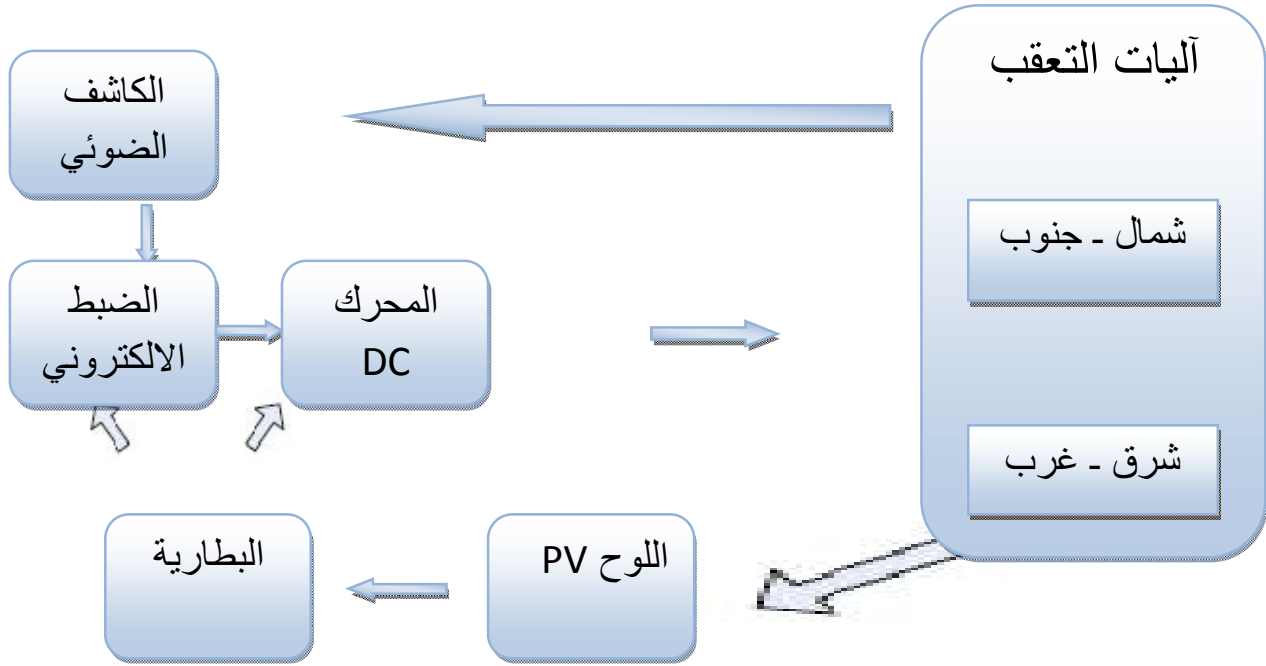
3. نموذج Jordan :



الشكل (IV-15) : الإشعاع الشمسي الكلي في (21 مارس) لمنطقة الوادي.

نظام التعقب لمحورين يتكون من بطارية للتخزين وخلية شمسية واحدة (لوح شمسي) وكاشف ضوئي, البنية الميكانيكية للتعقب مكونة من محرك DC وآلة الكترونية لضبط النظام. لتجهيز المحرك DC يجب قيادته ب 12 V.

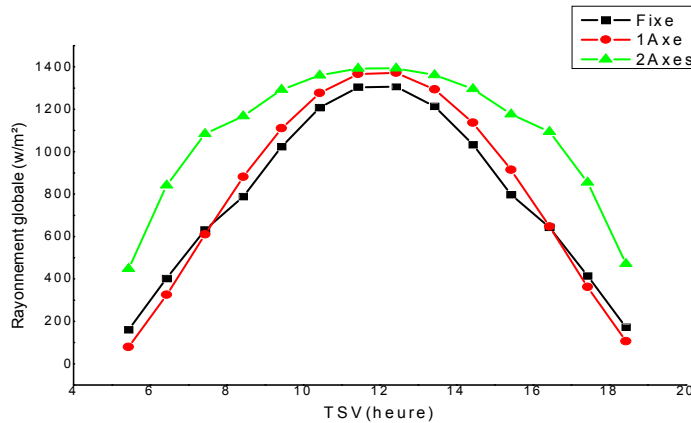
المخطط التالي يوضح آلية التعقب الشمسي. [9]



الشكل (IV-16) : نظام بناء وعمل عملية التعقب الشمسي.

5-IV مقارنة النتائج:

لقد قمنا بتمثيل الإشعاع الشمسي الكلي لمنطقة الوادي في ثلاث حالات والشكل التالي يوضح ذلك.



الشكل (IV-17) : الإشعاع الشمسي الكلي في (22 جوان) لمنطقة الوادي.

مناقشة:

نلاحظ أن الإشعاع الشمسي الكلي في حالة الدوران حول محورين له قيمة اكبر و عرض أوسع مقارنة مع بقية الحالات أي في الحالة اللوح الشمسي ثابت أو يدور حول محور واحد.

خاتمة

دور نظام التعقب يكون في مراقبة حركة الكواشف والتحكم في البرمجة. هذه الكواشف توجه لأجل التتبع الآلي للشمس بموجب المسار المحدد. المهم في هذا النظام هو التقاط الإشعاع القادم مباشرة (الإشعاع المباشر). إذن تحصلنا على تحسين واضح لمستوى الإضاءة الشمسية على طول اليوم باستعمال هذا النظام .

العلماء

العلماء

Créé avec

 **nitro**^{PDF} professional

télécharger la version d'essai gratuite sur nitropdf.com/professional

الخاتمة العامة :

إن النهضة التكنولوجية العالمية الحديثة، خلفت تطورات جمّى في مختلف الميادين، حيث أصبح العلم اشدد حاجة لهذه التكنولوجيات أكثر من الأمس، كحاجته إلى الطاقة الضوئية وتحويلها إلى طاقة كهربائية بأفضل طريقة واكل تكلفة للحصول على اكبر مردود طاقي.

فعمل الصناعيين على صنع خلايا شمسية لتحويل هذه الطاقة حيث قمنا في هذا البحث بدراسة وضعيات مختلفة للخلية الشمسية.

وفي الأخير تمكنا من تحقيق دراسة مبسطة وموضحة حول نمذجة الخلايا الشمسية المثبتة أو الدوران حول محور أو محورين، والمجال مازال واسعا لتحقيق أعمال أكثر دقة وتعمق، وهذا الذي دفع إلى مواصلة البحث والعمل على ما هو أجد وأحسن حيث أن العلم والتطور لن يتوقفا، وسبل تطوير الخلايا الشمسية محل دراسة وعمل لما لها من تطبيقات مهمة في الحياة الصناعية.

المراجع

Créé avec

 **nitro**^{PDF} professional

télécharger la version d'essai gratuite sur nitropdf.com/professional

المراجع:

- [1] : M. Rachid, «APPLICATION DE L'ENERGIE PHOTOVOLTAIQUE AU POMPAGE HYDRAULIQUE SUR LES SITES DE TLEMEN ET DE BOUZAREAH », Thèse de Magister, Université de Tlemcen, 2005.
- [2] : Z. Foudil, «ETUDE DE LA CONCENTRATION SOLAIRE SUR LES PERFORMANCES DES SYSTEMES PHOTOVOLTAIQUE», Thèse de Magister, Université de Mentouri Constantine, 2009.
- [3] : M. Gapderou, « Atlas Solaire de L'algerié », Tomel,2, OPU 1983.
- [4]: F. Yettou1*, A. Malek2, M. Haddadi3 et A. Gama1, «Etude comparative de deux modèles de calcul du rayonnement solaire par ciel clair en Algérie», Revue des Energies Renouvelables Vol. 12 N°2 (2009) 331 – 346.
- [5] : R. Rezoug et A. Zaatri1, «Optimisation du rendement d'un système photovoltaïque par poursuite du soleil», Revue des Energies Renouvelables Vol. 12 N°2 (2009) 299 – 306
- [6] : M. Koussa1*, A. Malek1 et M. Haddadi2, «Apport énergétique de la poursuite solaire sur deux axes par rapport aux systèmes fixes. Application aux capteurs plans», Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°4 (2007) 515 – 537.
- [7] : Z. ILHEM, «Etude et Réalisation d'un Concentrateur Solaire parabolique», Thèse de Magister, Université de Mentouri Constantine , 2005.
- [8] : Salah Abdallah a,* , Salem Nijmeh b, «Two axes sun tracking system with PLC control» , Energy Conversion and Management 45 (2004) 1931–1939.
- [9] : Yizhu Guo, Jianzhong Cha, Wei Liu, Yaobin Tian, «A System Modeling Method for Optimization of a Single Axis Solar Tracker», 2010 International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCASM 2010).
- [10] : M.R. Yaïche et S.M.A. Bekkouche, «Conception et validation d'un programme sous Excel pour

Algérie. Cas d'un ciel totalement l'estimation du rayonnement solaire incident en clair»,

[11] : H. Nadjette, «Modélisation du flux solaire incident et de la température de sortie dans un capteur solaire à eau avec effet de concentration du rayonnement solaire incident», Thèse de Magister, Université de Mohamed Khider-Biskra , 2005.

[12] : B. Zakaria, «CONTRIBUTION A LA MODELISATION D'UNE CELLULE SOLAIRE», Thèse de Magister ,Université de Bechar , 2009.

[13] : B. Mohammed, «Modélisation D'un Système De Captage Photovoltaïque Autonome», Thèse de Magister , Centre Universitaire De Bechar , 2007-2008.

[14] : M. Djarallah,«CONTRIBUTION A L'ETUDE DES SYSTEMES PHOTOVOLTAIQUES RESIDENTIELS COUPLES AU RESEAU ELECTRIQUE », Thèse de Doctarat ,Université de Batna , 2008.

[15] : T. Mourad,«Commande Optimale d'un Système de Génération Photovoltaïque Hybride», Thèse de Magister ,Université Mohamed Khider - Biskra , 10/10/2011.

[16] : Julian Hunt FRS ,«Fundamentals of Photovoltaic Modules and their Applications», University College London, London, UK

[17] : F. Moutier,«Modélisation et Evaluation des Performances des Phototransistors Bipolaires à Hétérojonction SiGe/Si pour les Applications Optique-microondes Distances», Thèse de Doctarat ,Université de Marne-La-Vahée , 13 Décembre 2006.

[18] : A. Samia,« MODELISATION D'UN PHOTODETECTEUR DANS UNE CHAINE DE TRANSMISSION PAR FIBRE OPTIQUE Application Aux Composants Optohyperfréquences», Thèse de Magistère ,UNIVERSITE de MENTOURI CONSTANTINE ,

[19] : M. BEKKOUCHE,« Modélisation du Comportement Thermique de Quelques Dispositifs Solaires», Thèse de Doctorat ,L'UNIVERSITE ABOU-BAKR BELKAÏD – TLEMCEM, 2008 ~ 2009.

- [20] : J.LAURAT,«DéTECTEURS Optiques et Introduction aux systèmes optroniques»,UNIVERSITE PIERRE & MARIE CURIE.
- [21]:T. Bendib^{1*}, B. Barkat², F. Djeflal¹, N. Hamia³ et A. Nidhal³«Commande automatique d'un système de poursuite solaire à deux axes à base d'un microcontrôleur PIC16F84A », Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°4 (2008) 523 – 532.
- [22]: Raghuram Ranganathan^{*}, Wasfy Mikhael, Nasser Kutkut, Issa Batarseh«Adaptive sun tracking algorithm for incident energy maximization and efficiency improvement of PV panels», University of Central Florida, Orlando, FL 32816, USA.

المعنى

Créé avec

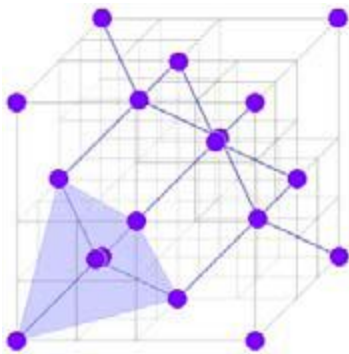
 **nitro**^{PDF} professional

télécharger la version d'essai gratuite sur nitropdf.com/professional

الملحق:

الملحق A:

أشباه الموصلات: [20]

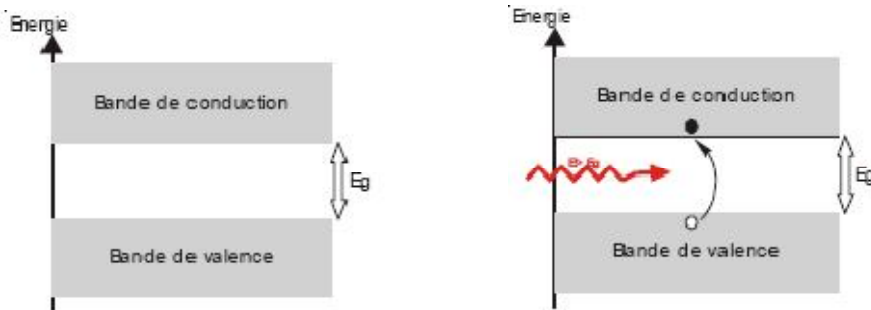


شبه الموصل الذاتي (سيلسيوم, جرمانيوم) هو جسم صلب متبلور مرتبط بروابط تكافئية, البنية مرتبة ودورية. درجة الحرارة ضعيفة جدا, الناقلية تزداد معها. هذا الاختلاف جوهري مع المواد التي هي نواقل من الصفر المطلق.

لأجل تحسين هذه الناقلية, يمكن إدخال شوائب إلى الشبكة البلورية. هذه العملية تسمى "التطعيم" وتعطى لأشباه الموصلات ويقال عنها غير نقية. إذا كان التطعيم من نوع N (الشوائب مانحات) تزداد كثافة الشحنات السالبة وأما إذا كان التطعيم من نوع P (الشوائب آخذات) تزداد كثافة الشحنات الموجبة.

البنية البلورية لشبه الموصل تشترك في مستويات الطاقة التي يمكن أن تشغلها الإلكترونات التي توزع في الحزم. الحزمة الممنوعة تكون بعرض E_g (طاقة الفاصل الطاقى) تفصل هكذا إلى حزمتين يقال عنهما النقل والتكافؤ. قيمة E_g تتعلق بطبيعة المادة.

الفوتون يسمح للإلكترون في حزمة التكافؤ بالعبور إلى حزمة النقل (تاركا مكانا شاغرا يسمى الثقب). هذا الانتقال يحدث إذا كانت طاقة الفوتون أكبر من طاقة الفاصل الطاقى, إذن طول الموجة هو أقل من قيمة القطع (طاقة الفوتون هي متناسبة عكسيا مع طول الموجة).



مستوي فيرمي: [16]

مستوي فيرمي هو مستوى الطاقة الظاهر بداخل الحزمة الممنوعة, الحوامل الأغلبية

(الإلكترونات من النوع n والثقوب من النوع p) تثار لتصبح حوامل شحنة. الاحتمالية لأجل الحوامل الأغلبية المثارة يتغير بالعلاقة $\exp[-e\phi/kT]$ حيث e هي شحنة الإلكترون والثقب و ϕ هو الكمون الكهربائي يختلف بين مستوي فيرمي وحزمة التكافؤ أو حزمة النقل, T هي درجة الحرارة (K°) و k هو ثابت بولتزمان, $1.38 \cdot 10^{23} J/K^\circ$

لأجل مادة من النوع n :

حيث E_F هو طاقة مستوي فيرمي, E_C طاقة حزمة النقل, N_0 هو تركيز المانحات, N_C هي الكثافة الفعالة للحالات في حزمة النقل وهي ثابتة بثبوت درجة الحرارة T .

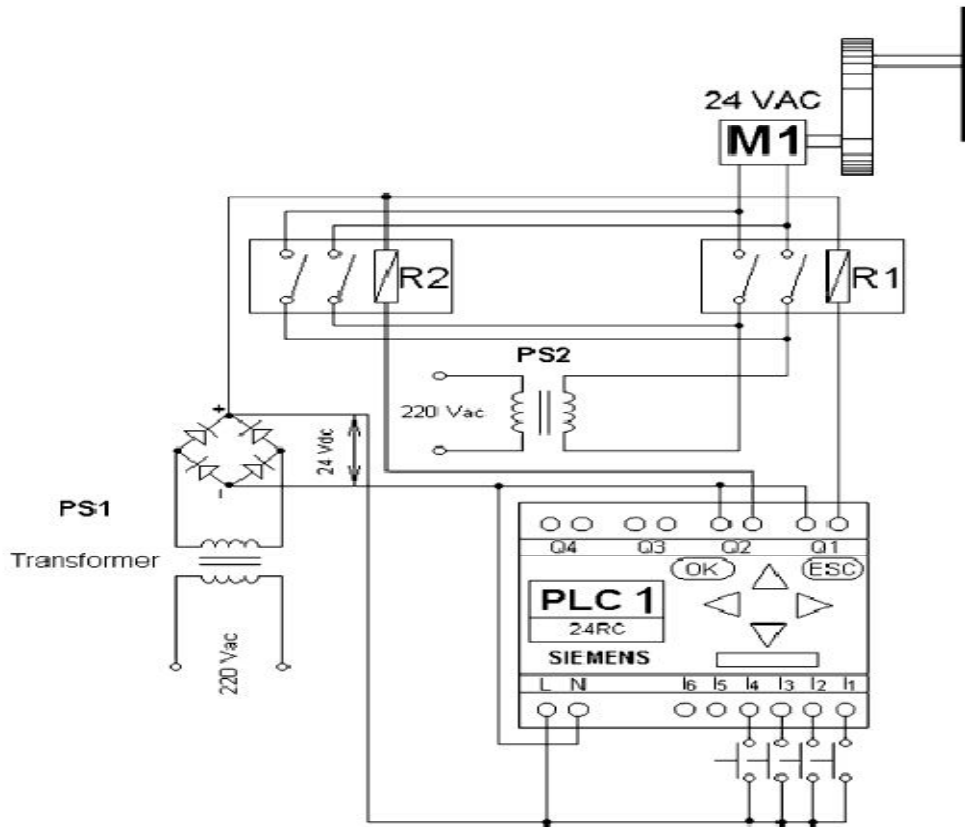
لأجل مادة من النوع p :

حيث E_V هي طاقة حزمة التكافؤ, N_A هو تركيز الايونات الآخذة, N_V هي الكثافة الفعالة للحالات في حزمة التكافؤ.

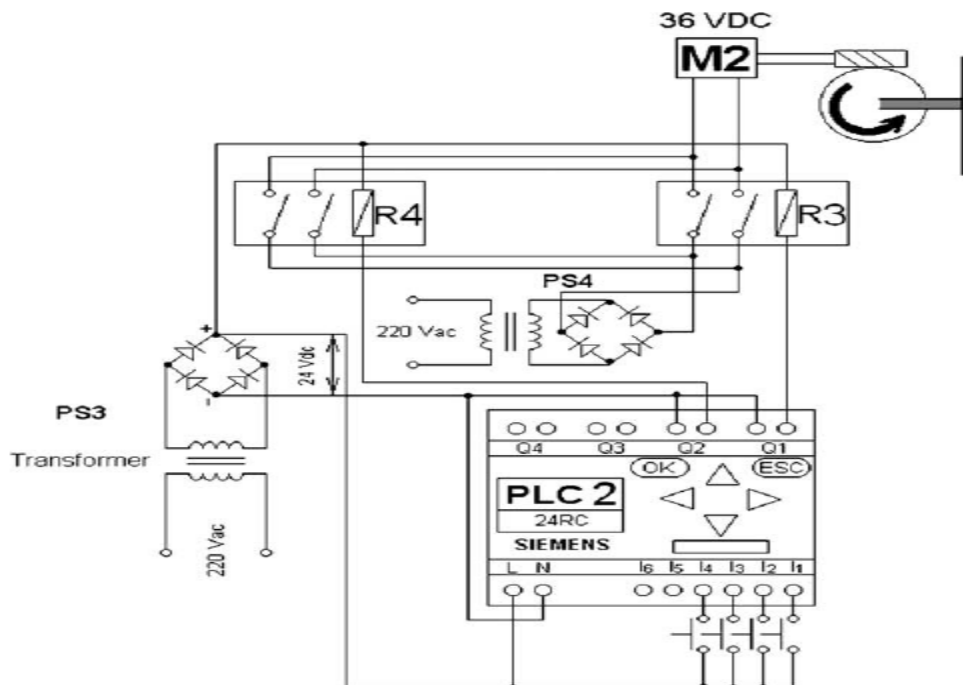
الملحق B: نظام PLC: [8]

وصف النظام الإلكتروني:

النظام الإلكتروني يتكون من ناقلين للحركة, الأولى لأجل ربط الدوران حول المحور العمودي كما في الشكل 1 والثانية لأجل ربط الدوران شرق - غرب كما في الشكل 2.



الشكل 1 : دائرة الالكتروآلي لأجل الضبط العمودي.



الشكل 2 : دائرة الالكتروآلي لأجل ضبط الميل.

حيث:

I_1 : زر ضغط البداية للتعقب الآلي.

I_2 : زر ضغط لوقف التعقب.

I_3 : عملية تعقب يدوية تحول إلى اتجاه الأمام وهي تستعمل لضبط النظام.

I_4 : عملية تعقب يدوية تحول إلى الاتجاه العكسي وتستعمل لضبط النظام.

نظام PLC يتكون أيضا من أربعة مخارج وهي:

Q_1 : تمثل الاتجاه إلى الأمام للحركة خلال المرحلة R_1 .

Q_2 : تمثل الاتجاه العكسي للحركة خلال المرحلة R_2 .

المخلص:

الطاقة الشمسية ذات طابع متعاقب بمعنى أنها تتوفر خلال أوقات محددة من النهار, ولا تتوفر بذات الطاقة أثناء فترة شروقها, وبالتالي الاستفادة منها صغيرة. لهذا عملوا على اكتشاف نظام التعقب الشمسي لاسترجاع هذه الطاقة الضائعة. وهذا النظام يتكون من خلايا شمسية لتحويل الضوء الساقط إلى طاقة كهربائية لأن استجابتها للإشعاع الشمسي فورية, حيث التيار الناشئ يتغير بدلالة عدة عوامل كنوع الخلية وشدة الإشعاع الشمسي الساقط. وكذلك يتكون من كاشف ضوئي الذي يعمل على إرسال إشارات للخلية الشمسية عن طريق المحرك لتحريك اللوح الشمسي لالتقاط أكبر طاقة ممكنة وفق آلية الدوران حول محورين العمودي والأفقي.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية, الخلية الشمسية, الكاشف الضوئي, الإشعاع الشمسي, التعقب الشمسي.

Résumé :

L'énergie solaire est une énergie renouvelable, d'autre sens elle est disponible à quelques moments de la journée et la même énergie n'est disponible pendant la période du lever du soleil, par conséquent son exploitation être petite. Pour cela les chercheurs ont découvert un système de poursuite du soleil pour récupérer de l'énergie perdue. Où ce système constitue de cellules solaires pour convertir la lumière à une énergie électrique à cause de sa réponse à la radiation solaire immédiate. Où le courant produit varié en fonction de plusieurs facteurs comme le type de la cellule et l'intensité de radiation solaire. Aussi, ce système consistant de détecteur optique qui envoie des signaux à la cellule solaire à travers le moteur pour déplacer le panneau solaire pour capturer la plus grande énergie possible selon un mécanisme de rotation sur deux axes vertical et horizontal.

Mots-clés: Energie solaire, cellule solaire, capteur optique, radiation solaire, poursuite du soleil.

Abstract :

The solar energy is a renewable energy, in other sense it the same energy is available at some moments of the day and is available during the period of the sunrise, consequently its exploitation to be small. For it the researchers discovered a system of tracking of the sun to get back some lost energy. Where this system constitutes of solar cells to convert the light to an electrical energy because its response to the solar radiation is immediate. Where the current produced varied according to several factors as the type of the cell and the intensity of solar radiation. So, this system constitutes of optical detector which sends signals to the solar cell through the engine to move the solar panel to capture the biggest possible energy according to a mechanism of rotation on two axes vertical and horizontal.

Key words: Solar energy, solar cell, optical detector, solar radiation, tracking of the sun.