

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

مذكرة تخرج لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

فرع: فيزياء

تخصص: طاقة وطاقات متجددة

من إعداد الطالبين

مصعب محجر و محمد جباري

الموضوع

تصميم و إنجاز متتبع شمسي ثنائي المحور واستعماله في تحسين أداء الألواح الشمسية الكهروضوئية بمنطقة سيدي خويلد

ولاية ورقلة

نوقشت و أجزت يوم: 2020/09/30

أمام اللجنة المكونة من السادة:

رئيسا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر	الأستاذ: عمر بن طويلة
مناقشا	جامعة ورقلة	أستاذ مساعد أ	الأستاذ: عبدالله الزين
مشرفا	جامعة ورقلة	أستاذ مساعد أ	الأستاذ: محمد ياسين راشدي
مشرفا مساعدا	جامعة ورقلة	أستاذ التعليم العالي	الأستاذ: جمال بشكي

السنة الجامعية: 2020/2019

## تشكرات

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين

نشكر الله تعالى على توفيقنا لإنجاز هذا العمل.

نتقدم بخالص الشكر والعرفان إلى المشرف الأستاذ

### محمد ياسين راشدي

على دعمه ورعايته لنا طوال مدة إنجاز هذه الرسالة .

وكذلك الشكر موصول للبروفسور

### جمال بشكي

عميد كلية الرياضيات وعلوم المادة الذي ورغم انشغالاته الكثيرة إلا أنه لم

يبخل علينا بالنصائح والتوجيهات.

نتقدم بجزيل الشكر إلى السادة الأستاذة أعضاء لجنة المناقشة الموقرين على

قبولهم عضوية اللجنة ومراجعة المذكرة.

كما نتقدم بالشكر لجميع أساتذة قسم الفيزياء وكل من ساهم في هذا العمل.

## إهداء

إلى من قال لا يكتمل إيمان المرء حتى أكون أحب إليه من نفسه وماله وولده

محمد صلى الله عليه وسلم

إلى من قال فيهما الله تعالى: "وَإِخْفِضْ لَهُمَا جَنَاحَ الذُّلِّ مِنَ الرَّحْمَةِ وَقُلْ رَبِّ

ارْحَمْهُمَا كَمَا رَبَّيَانِي صَغِيرًا"

إلى روح أمي الطاهرة، اسأل الله أن يتغمدها بواسع رحمته وأن يجعل قبرها

روضة من رياض الجنة.

إلى أبي الكريم أطال الله عمره ورزقنا بره

كما لا أنسى بالذكر زوجة الوالد أطال الله عمرها

إلى سندي في الحياة الإخوة الأعزاء كل باسمه، وإلى العائلة الكريمة

إلى الأقارب والاحباب وإلى كل عائلة "محجر"

إلى من كان عوناً لي في إتمام هذا العمل رفيق الدرب محمد

إلى جميع الأساتذة الكرام خلال المشوار الدراسي، وإلى كل طلبة قسم

الفيزياء

إلى جميع الاصدقاء الأعزاء من نسيهم القلم ولم ينسهم القلب

مصعب محجر





## إهداء

أهدي ثمرة هذا العمل لله عز وجل

إلى الوالدين الكريمين أطال الله عمرهما ورزقنا برهما

إلى أخي وأختي العزيزين

إلى أخوالي وخالاتي، أعمامي وعماتي

وإلى جميع الاصدقاء كل باسمه، والأقارب

إلى جميع أساتذة قسم الفيزياء وزميلي في العمل

إلى كل عمال الإقامة الجامعية "بن الشيخ التلي"

محمد جباري



## الفهرس

I.....	تشكرات
II.....	الإهداء
IV.....	الفهرس
VII.....	قائمة الأشكال
IX.....	قائمة الجداول
X.....	قائمة الرموز والإختصارات
أ.....	المقدمة العامة
2.....	الفصل I: الإشعاع الشمسي
2.....	1.I مقدمة:
2.....	2.I الحركة الدورية والفصول:
3.....	3.I المسارات الواضحة للشمس:
4.....	4.I الزوايا الشمسية:
5.....	5.I الزوايا الجغرافية:
5.....	1.5.I زوايا خط العرض $\varphi$ :
5.....	2.5.I زوايا خط الطول $L$ :
5.....	3.5.I زوايا الوقت:
6.....	4.5.I الزوايا العمودية:
7.....	6.I التوقيت الشمسي:
7.....	1.6.I التوقيت الشمسي الحقيقي (Tsv):
7.....	2.6.I التوقيت الشمسي المتوسط (Tsm):

8	7.I الثابت الشمسي:	8
8	8.I الكتلة الهوائية الضوئية AM:	8
8	9.I الاشعاع الشمسي:	8
9	1.9.I الإشعاع المباشر:	9
10	2.9.I الإشعاع الشمسي المنتشر :	10
10	3.9.I الإشعاع الكلي :	10
10	10.I تحويل الطاقة الشمسية:	10
11	11.I الخلايا الكهروضوئية:	11
11	1.11.I تعريف:	11
12	2.11.I أنواع الخلايا الكهروضوئية:	12
14	12.I الخاتمة:	14
15	الفصل II : عموميات حول المتتبع الشمسي.....	15
15	1.II مقدمة:	15
15	2.II تقنية المتتبع الشمسي:	15
16	3.II ما هو المتتبع الشمسي؟:	16
16	4.II تاريخ استعمال اول متتبع شمسي:	16
17	5.II أنواع المتتبعات الشمسية:	17
17	1.5.II حسب آلية التوجيه:	17
19	2.5.II حسب درجة حرية الحركة:	19
21	3.5.II حسب آلية التحكم:	21
22	6.II التطور التكنولوجي للمتتبعات الشمسية:	22
24	7.II الخاتمة:	24
28	الفصل III : تصميم ودراسة المتتبع الشمسي.....	28
29	1.III مقدمة	29

29	.....	2.III	الجزء الالكتروني:
29	.....	1.2.III	اللواقط الضوئية:
32	.....	2.2.III	الأردوينو:
33	.....	3.2.III	المرحلات الكهروميكانيكية:
35	.....	3.III	جزء المحاكاة:
36	.....	1.3.III	برنامج نظام المتتبع الشمسي:
37	.....	4.III	الجزء الميكانيكي:
37	.....	1.4.III	الحركة الميكانيكية:
38	.....	2.4.III	المحركات المستعملة:
39	.....	3.4.III	تصميم الهيكل المعدني:
40	.....	5.III	التغذية الكهربائية:
41	.....	6.III	الدراسة التكنو إقتصادية:
41	.....	7.III	الموقع الجغرافي لمكان التجربة:
42	.....	8.III	تحليل نتائج التجربة:
42	.....	1.8.III	مرحلة إجراء التجارب:
43	.....	2.8.III	الأجهزة المستعملة للقياس:
43	.....	3.8.III	تطبيق التجربة:
44	.....	4.8.III	مقارنة النتائج المحصل عليها خلال فترة الدراسة:
54	.....	9.III	خاتمة:
56	.....		الخاتمة العامة
58	.....		قائمة المراجع
62	.....		الملاحق

## قائمة الأشكال

- الشكل 1.I: التغير الموسمي في الإشعاع الشمسي ..... 3
- الشكل 2.I: مسارات الشمس ..... 3
- الشكل 3.I: إحداثيات نقطة على الأرض ..... 4
- الشكل 4.I: الزوايا الشمسية ..... 7
- الشكل 5.I: أبعاد و موضع الشمس و الأرض ..... 9
- الشكل 6.I: خلية كهروضوئية ..... 12
- الشكل 7.I: خلية كهروضوئية متعددة الوصلات ..... 12
- الشكل 8.I: خلية كهروضوئية أحادية البلورة ..... 13
- الشكل 9.I: خلية كهروضوئية متعددة البلورة ..... 13
- الشكل 10.I: الخلايا الضوئية من نوع النحاس - الإنديوم - السيلينيوم (CIS) ..... 14
- الشكل 11.I: خلية كهروضوئية غير متبلورة ..... 14
- الشكل 1.II: نموذج ل heliostat في أولى استخداماته ..... 17
- الشكل 2.II: متتبع شمسي بآلية التحكم الإيجابي (النشط) ..... 18
- الشكل 3.II: متتبع شمسي بآلية التحكم السلبي ..... 18
- الشكل 4.II: متتبع شمسي ذو محور أفقي ..... 19
- الشكل 5.II: متتبع شمسي ذو محور عمودي ..... 20
- الشكل 6.II: متتبع شمسي ثنائي محور الدوران ..... 20
- الشكل 7.II: تحكم ذو حلقة مفتوحة ..... 21
- الشكل 8.II: تحكم ذو حلقة مغلقة ..... 22
- الشكل 1.III: مقاومات فوتوضوئية LDR ..... 30
- الشكل 2.III: تكوين يسمح بمقارنة كمية الضوء ..... 30
- الشكل 3.III: عازل ضوئي ..... 31
- الشكل 4.III: طلاء العازل ..... 31
- الشكل 5.III: نموذج تركيب المقاومات الضوئية ..... 32
- الشكل 6.III: صورة المنتج ArduinoUNO ..... 33
- الشكل 7.III: الواجهة الرئيسية لمحرر اردوينو ..... 33
- الشكل 8.III: مرحل كهرومغناطيسي ..... 34
- الشكل 9.III: الوحدة المستخدمة مع 4 مرحلات كهرومغناطيسية ..... 34
- الشكل 10.III: التركيب النهائي لدارة التحكم ..... 35

35.....	الشكل 11.III: تركيب النظام على PROTEUS
37.....	الشكل 12.III: برنامج التحكم
38.....	الشكل 13.III: الحركة الميكانيكية للوح الشمسي
38.....	الشكل 14.III: المحركات المستعملة
39.....	الشكل 15.III: الأجزاء الأساسية للمتابع الشمسي
40.....	الشكل 16.III: الهيكل النهائي للمتابع الشمسي
40.....	الشكل 17.III: بطارية الرصاص الحمضية
41.....	الشكل 18.III: موقع التجربة
42.....	الشكل 19.III: تثبيت الألواح الشمسية
42.....	الشكل 20.III: الأجهزة المستعملة في تحديد اتجاه وزاوية ميل الألواح الشمسية
43.....	الشكل 21.III: أجهزة القياس
43.....	الشكل 22.III: وضعيات مختلفة للمتابع الشمسي
45.....	الشكل 23.III: تغير درجات الحرارة خلال ساعات النهار ليوم 2020/09/23
45.....	الشكل 24.III: تغير درجات الحرارة خلال ساعات النهار ليوم 2020/09/24
47.....	الشكل 25.III: تغير شدة الإشعاع الشمسي ليوم 2020/09/23
47.....	الشكل 26.III: تغير شدة الإشعاع الشمسي ليوم 2020/09/24
49.....	الشكل 27.III: تغير شدة تيار القصر ليوم 2020/09/23
49.....	الشكل 28.III: تغير شدة تيار القصر ليوم 2020/09/24
51.....	الشكل 29.III: تغير قيم الجهد ليوم 2020/09/23
51.....	الشكل 30.III: تغير قيم الجهد ليوم 2020/09/24
52.....	الشكل 31.III: الزيادة في شدة الإشعاع ليوم 2020/09/23
52.....	الشكل 32.III: الزيادة في شدة الإشعاع ليوم 2020/09/24
53.....	الشكل 33.III: الزيادة في شدة الإشعاع ليوم 2020/09/23
53.....	الشكل 34.III: الزيادة في شدة الإشعاع ليوم 2020/09/24

## قائمة الجداول

- جدول I-1 تقييم معامل الإضطراب و ارتفاع الماء المكثف ..... 10
- جدول III-1 التكاليف الإنشائية للجهاز ..... 41
- جدول III-2 درجة حرارة اللوحين خلال ساعات النهار ليوم 2020/09/23 ..... 44
- جدول III-3 درجة حرارة اللوحين خلال ساعات النهار ليوم 2020/09/24 ..... 44
- جدول III-4 شدة الإشعاع الشمسي خلال ساعات النهار ليوم 2020/09/23 ..... 46
- جدول III-5 شدة الإشعاع الشمسي خلال ساعات النهار ليوم 2020/09/24 ..... 46
- جدول III-6 شدة تيار القصر ليوم 2020/09/23 ..... 48
- جدول III-7 شدة تيار القصر ليوم 2020/09/24 ..... 48
- جدول III-8 قيم الجهد في الفراغ ليوم 2020/09/23 ..... 50
- جدول III-9 قيم الجهد في الفراغ ليوم 2020/09/24 ..... 50

## قائمة الرموز والإختصارات

الرمز	التعريف	الوحدة
$\Phi$	زاوية خط العرض	[°]
$L$	زاوية خط الطول	[°]
$\Delta$	زاوية الميل الشمسي	[°]
$\Omega$	زاوية الساعة الشمسية	[°]
$h$	زاوية الإرتفاع	[°]
	زاوية الذروة	[°]
$\gamma$	زاوية السميت	[°]
$I_b$	الإشعاع الشمسي المباشر	[W/m <sup>2</sup> ]
$I_d$	الإشعاع الشمسي المنتشر	[W/m <sup>2</sup> ]
$G$	الإشعاع الكلي	[W/m <sup>2</sup> ]
$AM$	الكتلة الهوائية الضوئية	
	معامل أنغيشتروم	
$i$	زاوية ورود الإشعاع الشمسي	[°]
$T_{sv}$	التوقيت الشمسي الحقيقي	[h]
$T_{sm}$	التوقيت الشمسي المتوسط	[h]
$TG$	التوقيت الكلي	[h]
$I$	الثابت الشمسي	[W/m <sup>2</sup> ]
$LDR$	مقاومة فوتوضوئية	
$n$	رقم اليوم في السنة	[يوما]

# المقدمة العامة

## المقدمة العامة

للتغلب على أزمة الطاقة العالمية الناتجة عن الوقود الأحفوري. يمكن استخدام طاقة الشمس كطاقة بديلة ونظيفة ، حيث تكون موجودة طوال الوقت وفي كل مكان. وتعود معظم مصادر الطاقة المتجددة وغير المتجددة المتوفرة على سطح الأرض إلى الإشعاع الشمسي فجميعها بما فيها البترول والغاز والفحم تكونت بسبب أشعة الشمس وما تلى ذلك من حرارة وضغط عبر الحقب الزمنية بالإضافة إلى مصادر الطاقة الثانوية مثل طاقة الرياح وطاقة الكتلة الحية [1].

ونظرا لانخفاض موارد الطاقة الأحفورية وزيادة انبعاثات الغازات المسببة للتلوث مما أدى إلى تغير المناخ، بسبب الاحتباس الحراري.

إذ أصبح من الضروري إيجاد حلول وبدائل من شأنها أن تضمن وفرة مستمرة للطاقة التي نحتاجها من جهة مع المحافظة على سلامة البيئة من جهة أخرى، ويمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وفق آلية التحويل الكهروضوئية ويقصد بالتحويل الكهروضوئي تحويل الإشعاع الشمسي أو الضوئي مباشرة إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية الكهروضوئية.

وقد أعطي النصيب الأوفر في البحوث والتطبيقات لمجال تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء ما يعرف باسم Photovoltaïque ، وهذا المصدر من الطاقة هو أمل الدول النامية في التطور حيث أصبح توفر الطاقة الكهربائية من أهم العوامل الرئيسية لإيجاد البنى الأساسية فيها ولا يتطلب إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية إلى مركزية التوليد بل تنتج الطاقة وتستخدم بنفس المنطقة أو المكان وهذا ما سوف يوفر كثيرا من تكلفة النقل والمواصلات، وتعتمد هذه الطريقة بصورة أساسية على تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية ، وتوجد في الطبيعة مواد كثيرة تستخدم في صناعة الخلايا الشمسية والتي تجمع بنظام كهربائي وهندسي محدد لتكوين ما يسمى باللوحة الشمسية الذي يعرض لأشعة الشمس بزوايا معينة لينتج أكبر قدر من الكهرباء نظرا لكفاءة الألواح الشمسية التي لا توفر القدر الكافي من الكهرباء [2].

فالتكنولوجيات القائمة على استخدام الطاقة الشمسية في الآونة الأخيرة تلقى المزيد من الاهتمام ، وتطويرها يهدف إلى الاستجابة للحاجة المتزايدة للطاقة المتجددة، ومع ذلك لا يتم تطبيق هذه التطورات دائما بشكل صحيح على تصميم أو تشغيل محطة كهروضوئية ، وبالتالي فإن التطوير الأمثل الذي تتطلبه محطات الطاقة الكهروضوئية لم يتحقق بعد [3]

لهذا تطرح إشكالية كيفية تحسين مردود اللوح الشمسي باستعمال وسائل أخرى أكثر نجاعة واقل

تكلفة وهذا واضح في حالة استخدام متتبع الطاقة الشمسية لزيادة قدرة محطات الطاقة الكهروضوئية على الاستفادة من الأشعة الشمسية بداية من الشروق إلى الغروب وكأن اللوح ملتصق بالشمس وذلك يجعل أشعتها الشمس عمودية على اللوح في كامل ساعات النهار.

من أجل الوصول إلى هذا الهدف ونظراً لعدم توفر متتبع شمسي جاهز، اضطررنا في بداية العمل إلى تصميم وإنجاز متتبع شمسي ذو محورين أفقي ليتتبع زاوية السمات الشمسية وعمودي ليتتبع زاوية ارتفاع الشمس خلال ساعات اليوم. ثم بعد ذلك قمنا لاستعماله في تحسين أداء الألواح الشمسية الكهروضوئية.

لأجل ذلك قمنا بتقسيم المذكرة إلى ثلاثة فصول :

حيث تطرقنا في الفصل الاول إلى مفهوم الطاقة الشمسية الكهروضوئية و الاشعاع الشمسي و مختلف الزوايا الشمسية وطرق التتبع.

في الفصل الثاني سنتعرف على انواع المتتبعات الشمسية و طرق استخداماتها.

وفي الفصل الثالث وهو الجزء التجريبي من المذكرة والذي سنتطرق في بدايته إلى مراحل إنجاز المتتبع الشمسي ذو المعلمين ثم نعرض نتائج تجربة مقارنة أداء اللوح الشمسي المحمول على المتتبع مع اللوح الثابت و تحليلها.

وفي الاخير نختم العمل بخلاصة عامة وتوصيات مستقبلية.

# الفصل I : الإشعاع

## الشمسي

### 1.I مقدمة:

أصبح للطاقة الشمسية مكانتها اللائقة بين المصادر الأخرى للطاقة في الوقت الحاضر واعتمدت ميزانيات كبيرة في اغلب الدول لاستغلال هذه الطاقة.

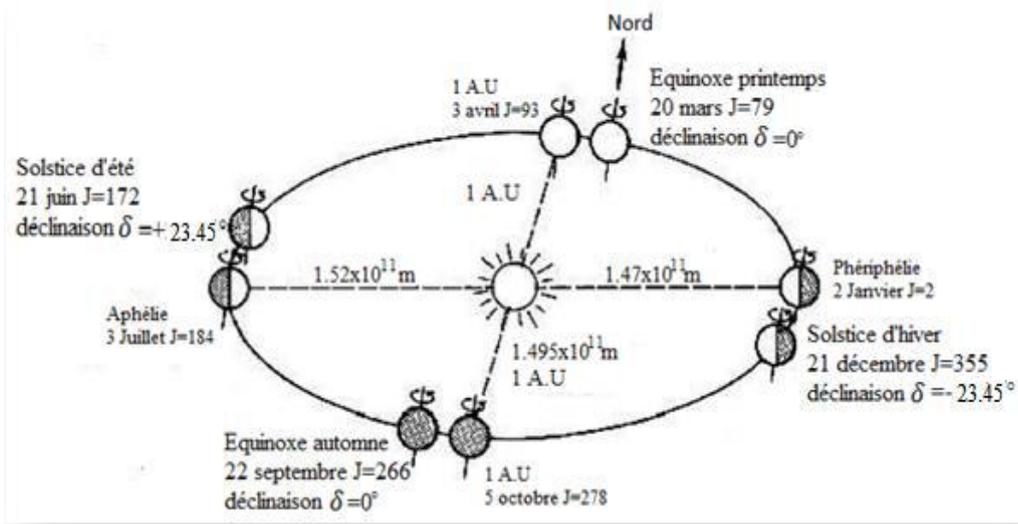
حيث يستقبل كل موضع من سطح الأرض الإشعاع الشمسي من شروق الشمس إلى غايه غروبها بزاوية ورود تتعلق بمختلف الزوايا الشمسية الناتجة عن حركة الشمس والأرض، كما تتغير شدة الإشعاع الشمسي المباشر مكانا حسب الموضع من سطح الأرض، وزمانا على مدار اليوم ( من الشروق إلى الغروب ) وعلى مدار السنة .

ولتقدير شدة الاشعاع الشمسي التي تصل سطح الأرض فإننا بحاجة إلى التعرف على مختلف الزوايا الشمسية، وكذا عبارات تقدير شدة الإشعاع الشمسي للإستفادة منها خلال التحويل الحراري أو الكهروضوئي لمختلف تطبيقات الطاقة الشمسية[4]، وهذا ما سنتطرق اليه خلال هذا الفصل حيث نذكر ببعض العلاقات والمعادلات المتعلقة بحساب شدة الإشعاع الشمسي خلال فصول السنة و العوامل المؤثرة عليه أثناء سقوطه على منطقة من سطح الأرض.

### 2.I الحركة الدورية والفصول:

يحدد دوران الأرض حول الشمس قطعاً بيضاوي مسطحاً قليلاً وفترة 365.25 يوماً. في هذه الجولة السنوية حول الشمس، تُصنع الأرض دورة كاملة على نفسها خلال 24 ساعة حول محور الأعمدة. هذا المحور الشمالي الجنوبي يصنع زاوية من خط  $\delta = 23^\circ 45'$  مع الاتجاه العمودي على مستوى مدار الأرض حول الشمس.

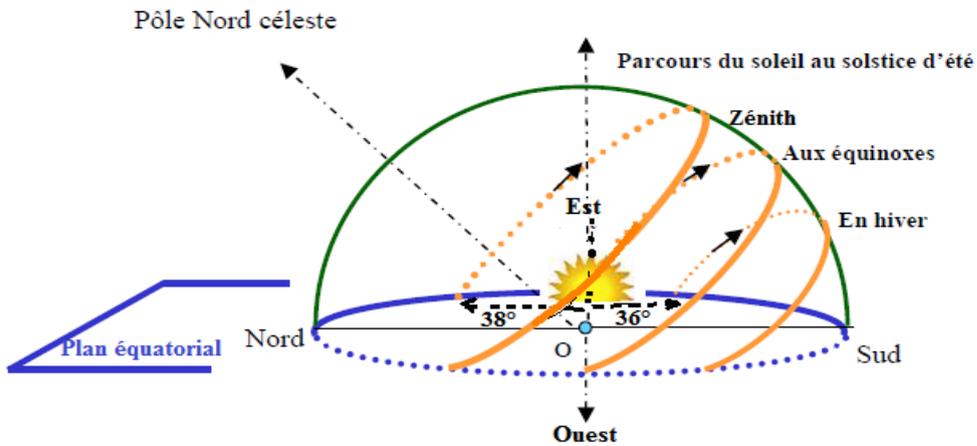
هذا الميل ثابت طوال الدوران حول الشمس وهو مسؤول عن التغيرات الموسمية خلال أشهر الشتاء، في نصف الكرة الأرضية الشمالي مدة الانحلال قصيرة نسبياً والشمس لا ترتفع في السماء جداً، في حين أن الصيف يسود على نصف الكرة الجنوبي. خلال أشهر الصيف، ينعكس الوضع، ويتحول نصف الكرة الأرضية الشمالي نحو الشمس، ثم تكون الأيام أطول من الليالي في نصف الكرة الأرضية الشمالي، ويقرب الإشعاع الساقط من الوضع الرأسي[5].



الشكل I.1 التغير الموسمي في الإشعاع الشمسي

### I.3 المسارات الواضحة للشمس:

يتم رسم المسارات وارتفاعات الشمس في نفس الوقت لجميع البلدان التي تقع في نفس خط العرض. تسمى الزاوية التي تمثل نقطة من الأفق مع اتجاه الجنوب السميت. فخط الاستواء السماوي هو عمليا الخط الذي تميز الشمس بالنسبة لنا في السماء، في الأيام الأولى من الربيع والخريف (ويسمى أيام تساوي الليل). ويعتبر مسار الشمس أطول مسار في الانقلاب الشمسي الصيفي. في الانقلاب الشمسي الشتوي، يكون مسار الشمس هو الأقصر، كما هو موضح في الشكل التالي [5]:



الشكل I.2: مسارات الشمس

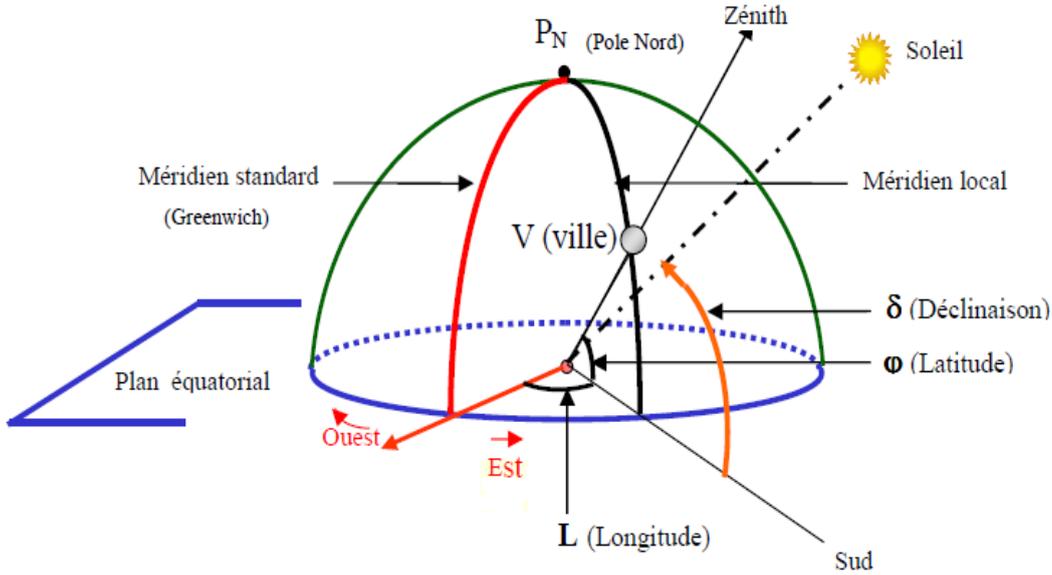
حيث تصل الشمس إلى أعلى نقطة في اليوم وتُعرف بـ "الزنت"، وتتفاوت هذه النقطة من فصل لآخر، حيث تصل أعلى نقطة من الشمس إلى فصل الصيف، وأقل مكان للوصول إلى الشمس في فصل الشتاء.

### 4.I الزوايا الشمسية:

يعتمد مفهوم التتبع الشمسي على تحديد المنطقة المحلية للشمس بالنسبة للأرض في أي وقت خلال النهار، ويشمل دوران الأرض حول نفسها تسلسل النهار والليل، بالإضافة إلى أن دورانها حول الشمس يسبب تغييراً في الطول ليلاً ونهاراً. يعتمد التوقيت الشمسي على حركة الزاوية الواضحة للشمس في السماء.

ولفهم تأثير الشمس واستخدامها في اختيار الموقع ومعالجتها، يجب أن يعرف المرء بالطبع في

كل الأوقات موضع الشمس في السماء. [5]



الشكل 3.I: إحداثيات نقطة على الأرض

## 5.I الزوايا الجغرافية:

### 1.5.I زوايا خط العرض $\varphi$ :

هذه هي الزاوية التي يشكلها سطح خط الاستواء مع الاتجاه الذي يصل مركز الأرض بالموضع المطلوب. وبالتالي فإن خط الاستواء على الأرض يتسم بخط عرض يساوي  $0^\circ$ ، والقطب الشمالي بخط العرض  $+90^\circ$ ، والقطب الجنوبي بخط العرض  $-90^\circ$ ،  $90^\circ \geq \varphi \geq -90^\circ$  [6].

### 2.5.I زوايا خط الطول $L$ :

هذه هي الزاوية التي يمثلها خط الطول المحلي الذي يمر عبر النقطة التي يتم النظر فيها مع خط الطول الأصلي الذي يمر عبر مدينة غرينتش (اصل  $0^\circ$ ). من خلال الاصطلاح، نقوم بتعيين علامة (+) لخط الطول الموجود شرق خط غرينتش، وعلامة (-) لخط الطول الموجود إلى الغرب.

$$180^\circ \geq L \geq -180^\circ [6]$$

### 3.5.I زوايا الوقت :

#### 1.3.5.I زاوية الميل الشمسي $\delta$ :

الميل  $\delta$  هو الزاوية التي تشكلها محور المركز الشمسي عندما تكون الشمس على خط الطول المحلي مع المستوى الاستوائي (الشمال الموجب). تعطى بالعلاقة [5]:

$$(1-I) \quad \delta = 23,45^\circ \sin [0.986(n + 284)]$$

#### 2.3.5.I زاوية الساعة الشمسية $\omega$ :

زاوية الساعة الشمسية  $\omega$  هي زاوية تتشكل بين مركز الشمس والأرض وخط الطول المحلي أو هي إزاحة للشمس باتجاه الشرق أو الغرب من خط الطول المحلي بسبب دوران الأرض حول محورها في  $15^\circ$  في الساعة.

$$(2-I) \quad \omega = 15(TSV - 12)$$

### 4.5.I الزوايا العمودية:

#### 1.4.5.I زاوية الارتفاع $h$ ( $\alpha$ ):

زاوية الارتفاع  $h$  هي الزاوية التي يصنعها الشعاع الشمسي الوارد إلى النقطة من سطح الأرض مع المستوى الأفقي المار بالنقطة حيث تكون  $h=0$  عند الشروق والغروب، تعطى بالعلاقة [6]:

$$(3-I) \quad h = \sin^{-1}(\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \omega \cos \phi)$$

#### 2.4.5.I زاوية الذروة $\theta_z$ :

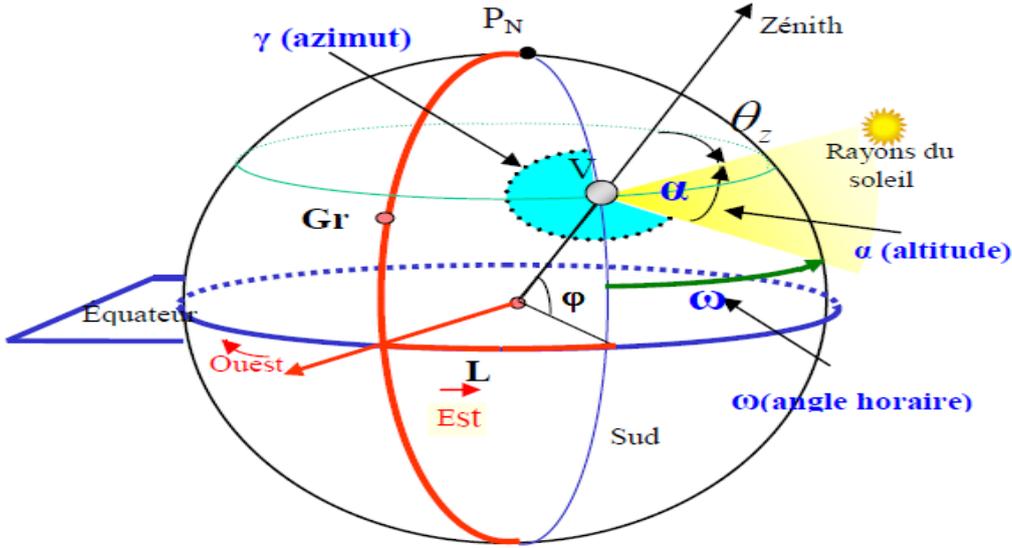
وتعرف بأنها الزاوية بين العمودي للمكان واتجاه الشمس، تعطى زاوية الذروة الشمسية  $\theta_z$  بالمعادلة التالية [6]:

$$(4-I) \quad \theta_z = 90^\circ - h$$

#### 3.4.5.I زاوية السم: $\gamma_s$

زاوية السم الشمسية  $\gamma_s$  هي الزاوية المقاسة من المحور الشمالي في اتجاه عقارب الساعة على المستوى الأفقي مع إسقاط الإشعاع المركزي للشمس. [6]

$$(5-I) \quad \gamma_s = \text{Sin}^{-1}((\cos \delta \cdot \sin \omega) / (h))$$



الشكل 4.I: الزوايا الشمسية

## 6.I التوقيت الشمسي:

عند الزوال، تعبر الشمس خط الطول بالنسبة للمراقب، في حين يتم تحديد التوقيت المحلي وفقاً للمناطق الزمنية وتقديرات أخرى، والفرق بين التوقيت الشمسي المتوسط Tsm و Tsv التوقيت الشمسي الحقيقي، تسمى (المعادلة الزمنية) [4].E

### 1.6.I التوقيت الشمسي الحقيقي (Tsv):

نسمي التوقيت الشمسي الحقيقي في مكان معين وفوري، زاوية الساعة الشمسية في هذا المكان وفي هذه اللحظة، يعطى بالعلاقة [4]:

$$T_{sv} = 12 + (\omega/15) \quad (6-I)$$

### 2.6.I التوقيت الشمسي المتوسط (Tsm):

هو التوقيت الذي يتوافق مع دوران موحد للأرض حول الشمس. وهو يختلف قليلاً عن TSV (الحد الأقصى للفرق 16 دقيقة).

$$T_{SM} = T_G + \lambda \quad (7-I)$$

### 7.I الثابت الشمسي:

هو معدّل الطاقة الشمسية على وحدة المساحة الواردة على سطح موضوع بشكل عمودي على مسار الأشعة الشمسية خارج الغلاف الجوّي للأرض وكانت أول قيمة مقاسة لهذا الثابت هي  $1353W/m^2$ ، لكن وباستخدام المركبات الفضائية تمّ قياس هذا الثابت من قبل باحثين آخرين ووجدوا أنّ قيمته هي  $1373W/m^2$ ، و  $1368W/m^2$  أما المركز العالمي للإشعاع فقد تبّنى قيمة  $1367W/m^2$ ، وهي ما زالت معتمدة حتّى الآن [4].

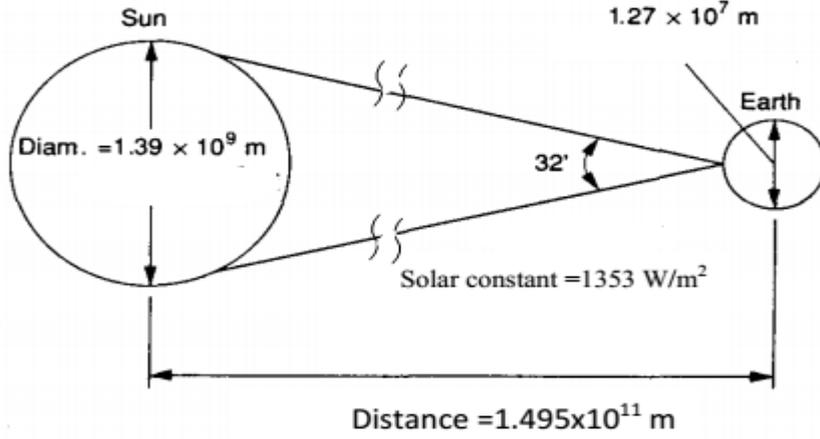
### 8.I الكتلة الهوائية الضوئية AM:

هي نسبة المسافة التي يخترقها الشعاع الشمسي في الغلاف الجوي حتى يصل سطح الأرض إلى المسافة التي يخترقها الشعاع الشمسي عندما تكون الشمس عمودية فوق الموقع، مع اعتبار الموقع في مستوى سطح البحر. وتكون الكتلة الهوائية الضوئية مساوية للواحد عندما تكون الشمس عمودية على الموقع، وتعطى بالعلاقة:

$$AM = \frac{1}{\sin h} \quad (8-I)$$

### 9.I الإشعاع الشمسي:

تستقبل الأرض كمية كبيرة جداً من الطاقة على شكل اشعاع شمسي بمعدل  $W \cdot 10^{16} \cdot 8$  وهذه الكمية تزيد 10000 ضعف عن حاجة العالم الحالية من الطاقة. من هنا تأتي أهمية دراسة وحساب كمية الإشعاع الشمسي الساعي المباشر وغير المباشر كونه يدخل في عملية تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية أو استخدامها في الخلايا الفوتوفولتية، لا يمكن التحكم بكمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض فهي متغيرة بصورة مستمرة.



الشكل 5.I: أبعاد و موضع الشمس و الأرض

### 1.9.I الإشعاع المباشر:

تعطى عبارة الإشعاع الشمسي المباشر الوارد من الشمس إلى سطح الأرض ناظميا بعد اختراقه للغلاف الجوي بالعلاقة [4]:

$$(9-I) \quad I_b = [a_0 + a_1 e^{-K \cdot AM}]$$

حيث  $a_0$  و  $a_1$  و  $K$  ثوابت تجريبية تعطى من طرف Duffie و Beckman بالعلاقات التالية:

$$a_0 = 0.94 [0.4237 - 0.00821(6 - Z)^2] \quad (10-I)$$

$$(11-I) \quad a_1 = 0.98 [0.5055 - 0.00595(6.5 - Z)^2]$$

$$(12-I) \quad K = 1.02 [0.2711 - 0.01858(2.5 - Z)^2]$$

حيث  $Z$ : ارتفاع المنطقة فوق سطح البحر معبرا عنها بالكيلومتر (Km)، و  $AM$  الكتلة الهوائية الضوئية و  $I$  الثابت الشمسي، أما في حالة الإشعاع الشمسي المباشر الذي يرد بزاوية  $i$  على سطح مائل تعطى عبارته بالعلاقة:

$$(13-I) \quad I_{bt} = I_b \cos i$$

### 2.9.I الإشعاع الشمسي المنتشر :

وهو الناتج عن تشتت الإشعاع الشمسي بفعل مكونات الغلاف الجوي وتعطى عبارته في حالة سطح أفقي بالعلاقة [4] :

$$(14-I) \quad I_d = I_s \sinh [0.2710 - 0.2939 (a_0 + a_1 e^{-K \cdot AM})]$$

### 3.9.I الإشعاع الكلي :

هو مجموع الإشعاع المباشر و المنتشر و يحسب في حالة الإشعاع ناظمي  $i=0$  بالعلاقة [4]:

$$(15-I) \quad G = (1270 - 56T_L) (\sinh)^{\frac{T_L+36}{33}}$$

حيث  $T_L$  معامل الإضطراب للغلاف الجوي وتعطى صيغته:

$$(16-I) \quad T_L = 2.5 + 16\beta_A + 0.5 \ln w$$

حيث  $\beta_A$  معامل أنغيشتروم و  $w$  إرتفاع الماء المكثف و قيمهما تتغير حسب الحالة الجوية كما هو

موضح بالجدول:

جدول I-1: قيم معامل الإضطراب و إرتفاع الماء المكثف

سماة صافية	سماة متوسطة	سماة مضطربة	
0.05	0.1	0.2	$\beta_A$
1cm	2cm	5cm	$w$

### 10.I تحويل الطاقة الشمسية:

الطاقة الشمسية هي الطاقة التي تشعها الشمس. هذه الطاقة هي أصل العديد من الظواهر الفيزيائية مثل الرياح أو دورة المياه. إنه ناتج عن اندماج نووي يحدث في قلب الشمس ، حيث تدور الطاقة الشمسية في الفضاء على شكل إشعاع كهرومغناطيسي. يتكون هذا الإشعاع من فوتونات ، جزيئات صغيرة من الطاقة الأولية. عرفت هذه الطاقة بعض تقنيات التحويل حسب الحاجة.

## 11.I الخلايا الكهروضوئية:

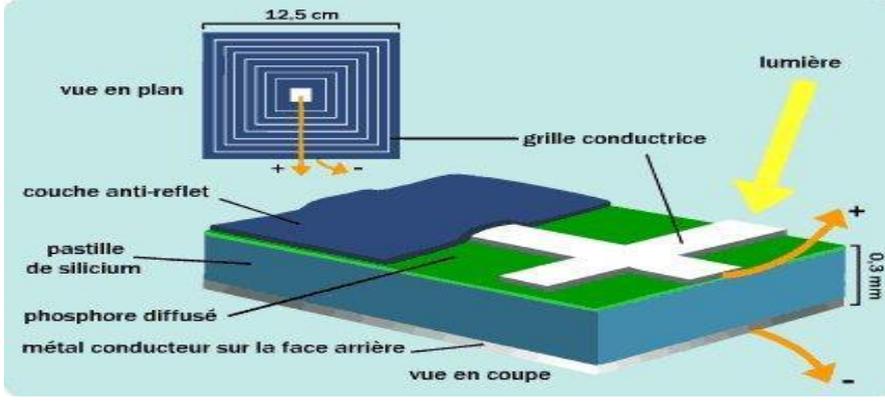
### 1.11.I تعريف:

الخلية الكهروضوئية هي المكون الإلكتروني في قاعدة المنشآت التي تنتج الطاقة الكهربائية من الإشعاع الشمسي. وهو يعمل على مبدأ التأثير الكهروضوئي. ترتبط عدة خلايا معًا لتشكيل ما يسمى الوحدة الشمسية الكهروضوئية ، وبعد ذلك ، يتم تجميع العديد من الوحدات معًا لتشكيل تركيب أو حتى محطة للطاقة الشمسية الضوئية.

يتم التحويل المباشر للطاقة الشمسية إلى كهرباء عبر مادة أشباه الموصلات - عمومًا السيليكون الموجود بكثرة على الأرض (المستخرج من السيليكا الموجودة في الرمال). عندما يتم امتصاص الفوتونات بواسطة مادة أشباه الموصلات ، فإنها تتخلّى عن كل طاقاتها للذرات التي تنتمي إلى تقاطع PN ، وهذا يؤدي إلى عدة أزواج من الإلكترونات / الفجوات. يعتمد عدد أزواج  $e / t$  المتكونة على طاقة فوتونات الحوادث والمواد المستخدمة [7].

تكون الخلايا الشمسية بشكل عام مربعة أو مستديرة بعض الشيء ، رقيقة جدًا ، زرقاء اللون ومحاذاة مسطحة على الوحدات. إن التيار الذي تصنعه الخلايا مستمر ، أي أن تيارًا ثابتًا من الإلكترونات يعبر الدائرة الكهربائية. تنتج كل من هذه الخلايا جهدًا محددًا (تحت ظروف  $STC: 0.55V$  للخلايا أحادية البلورة و  $0.8 V$  للخلايا غير المتبلورة). لذلك من الضروري وضع عدد معين من الخلايا في سلسلة من أجل الحصول على الجهد العالي الناتج. تمثل الخلايا المطلوبة بهذه الطريقة الأعمدة المرئية في الوحدات النمطية.

الظروف المثالية لتشغيل الخلية هي الحد الأقصى للضوء في درجة الحرارة المناسبة. بطبيعة الحال ، يصعب تحقيق هذه الشروط لأن الوحدات في ضوء النهار يمكن أن تصل بسهولة إلى 50 درجة وأكثر.



الشكل I.6: خلية كهروضوئية

## I.2.11.1 أنواع الخلايا الكهروضوئية:

### I.2.11.1.1 خلايا متعددة الوصلات:

تتكون الخلايا متعددة الوصلات من طبقات مختلفة تقوم بتحويل أجزاء مختلفة من الطيف الشمسي وبالتالي الحصول على أفضل عوائد التحويل [8].



الشكل I.7: خلية كهروضوئية متعددة الوصلات

### I.2.2.11.1 خلايا من السيليكون أحادية البلورة:

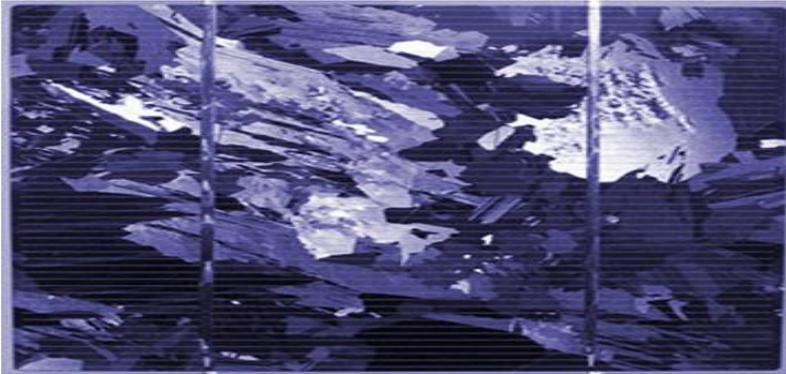
أثناء التبريد، يصلب السيليكون المصهور، ويشكل بلورة كبيرة واحدة. ثم يتم قطع الكريستال إلى شرائح رقيقة والتي ستشكل الخلايا. هذه الخلايا عادة ما تكون زرقاء موحدة [8].



الشكل 8.I: خلية كهروضوئية أحادية البلورة

### 3.2.11.I خلايا من السيليكون متعددة البلورات:

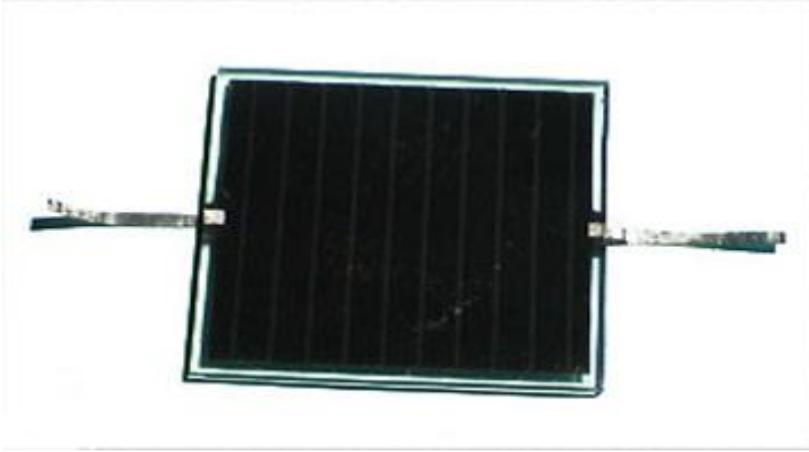
أثناء تبريد السيليكون، يتم تشكيل العديد من البلورات. هذا النوع من الخلايا أزرق أيضاً، ولكنه غير منتظم، وهناك أنماط تم إنشاؤها بواسطة بلورات مختلفة. كفاءة التحويل جيدة، ولكن أقل قليلاً جيدة من أحادي البلورية [8].



الشكل 9.I: خلية كهروضوئية متعددة البلورة

### 4.2.11.I خلية خالية من السيليكون في طبقة رقيقة (CIS):

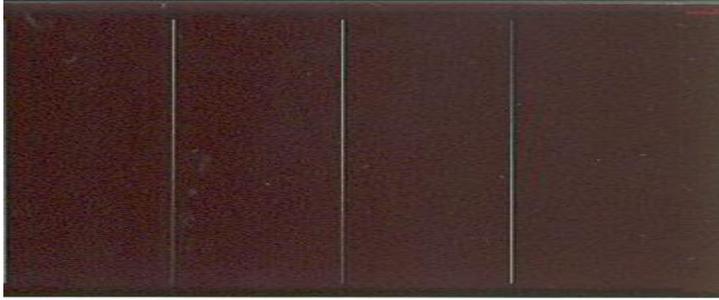
تمثل هذه الخلايا (CIS) الجيل الجديد من الخلايا الشمسية في شكل أغشية رقيقة، من نوع السيلينيوم النحاسي. المواد الخام اللازمة لتصنيعها أسهل في الحصول عليها من السيليكون المستخدم في الخلايا الضوئية التقليدية. بالإضافة إلى ذلك، تعتبر كفاءة تحويل الطاقة هي الأعلى حتى الآن بالنسبة للخلايا الكهروضوئية ذات الأغشية الرقيقة [8].



الشكل 10.I: الخلايا الضوئية من نوع النحاس - الإنديوم - السيلينيوم (CIS)

### 5.2.11.I خلايا من السيليكون غير المتبلور:

ينتج السيليكون أثناء تحوله غازًا حيث يتم إسقاطه على لوح زجاجي، وتكون خلية السيليكون رمادية اللون بلون غامق أو بني. هذا النوع من الخلايا هو الأكثر استخدامًا ولكنه أيضًا الأكثر تكلفة، إنه خلية الآلات الحاسبة وما يسمى بالساعات "الشمسية" [8].



الشكل 11.I: خلية كهروضوئية غير متبلورة

## 12.I الخاتمة:

في هذا الفصل تم التطرق الى مفهوم الاشعاع الشمسي، الزوايا الشمسية والطاقة الشمسية التي نعتمد عليها في تتبع مسارات الشمس، حيث يسمح لنا معرفة التتبع الاحسن للشمس الذي سنعتمد عليه في الدراسة كما سنتطرق في الفصل التالي الى عموميات حول المتتبع الشمسي وانواعه.

**الفصل II : عموميّات**

**حول المتّبع الشمسي**

## 1.II مقدمة:

مع المعدل المزعج لاستنفاد موارد الطاقة الرئيسية في جميع أنحاء العالم، فقد أصبحت ضرورة ملحة للبحث عن موارد الطاقة المتجددة التي ستقود المستقبل. وفقاً لاقتصاد السوق العالمي، فإن الطلب المتزايد على الطاقة قد أجبر على وضع أسعار باهظة على مصادر الطاقة الطبيعية القابلة للاحتراق. تواجه الدول في الوقت الحالي العديد من المشاكل والتحديات المتعلقة بالطاقة تتلخص في ثلاث جوانب رئيسية [8]:

1-الطلب على الطاقة بشكل متزايد

2- المخاوف المتزايدة من ارتفاع أسعار الوقود ونفاذه

3- اجراءات التكيف مع متطلبات المناخ

ولمواجهة هذه التحديات تحتاج الدول إلى تركيز و تكثيف الجهود ووضع سياسات تعمل على ترشيد استهلاك الطاقة، و رفع كفاءة أنظمة إنتاجها و تنويع مصادرها بما يضمن مشاركة المصادر المتجددة لتقليل الاعتماد على البترول والغاز الطبيعي وبالتالي الحد من انبعاث الغازات الدفيئة (ثاني أكسيد الكربون، الميثان، أكسيد النيتروز، الهيدرو فلورو كربون، بير فلورو كربون و سادس فلوريد الكبريت )

ونظراً لأن إنتاج الطاقة من المصادر المتجددة يعد أحد بدائل الحل الذي يمكن الاعتماد عليه خاصة وأن معظم هذه الدول تقع في نطاق الحزام الشمسي ولديها ارض منبسطة غير مستغلة، فإن مؤشرات توليد الطاقة الكهربائية باستعمال المتتبعات الشمسية يمكن أن تكون أحد هذه البدائل.

## 2.II تقنية المتتبع الشمسي:

على الرغم من الطاقة الشمسية غير المحدودة، فإن الاستفادة منها يعد تحدياً رئيسياً بسبب ضعف كفاءة الألواح. توضح الأعمال الحديثة أنه تم اقتراح أنواع مختلفة من المنهجية لتحسين كفاءة الألواح الشمسية. معظم تركيبات الألواح التي تتم في بلدنا كلها مصفوفات ثابتة. مع مرور اليوم، تتحرك الشمس بعيداً عن الموضع المواجه للوحة، وبالتالي تنخفض كفاءة الطاقة للوحة. أسهل طريقة للتغلب على هذه

المشكلة هي تكييف لوحة شمسية متحركة باستخدام آلية تتبّع أشعة الشمس. لقد اعتمد هذا النظام لتحسين كفاءة تطبيقات الخلايا الضوئية في العديد من البلدان المتقدمة، يتم بالفعل استخدام أجهزة تتبّع الطاقة الشمسية تجارياً.

### 3.II ما هو المتتبع الشمسي؟:

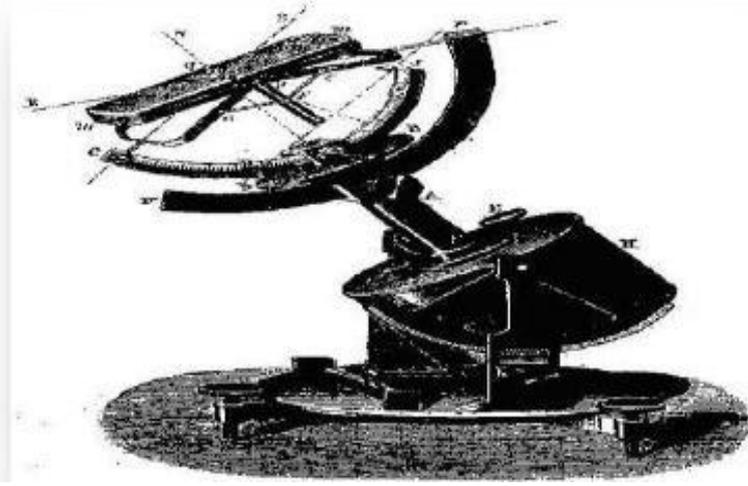
المتتبع، أو نظام تتبّع الطاقة الشمسية، هو جهاز يسمح لتتبع الشمس وفقاً لمبدأ heliostat. هذا الجهاز الداعم بمحركات يوجه الألواح الشمسية لزيادة إنتاجيتها لأنه مثالي لإنتاج أقصى قدر من الطاقة، يجب أن يكون للوحة الكهروضوئية سطح اللاقط عمودياً على الأشعة الشمسية [9].

يهدف النظام إلى توجيه أجهزة الاستشعار في الوقت الحقيقي نحو الشمس، لوضع اللوحة في وضع مثالي فيما يتعلق بحدوث الإشعاع الشمسي (عمودياً على الإشعاع إن أمكن)، لأنه على مدار اليوم والوقت في العام (حسب الموسم) يختلف وضع الشمس باستمرار وبطريقة مختلفة حسب خط العرض. هذا التكيف في الوقت الحقيقي له تأثير في زيادة كبيرة في التقاط وإنتاج الطاقة.

يمكن أن يتم ذلك على محورين: في السمّ (من الشرق إلى الغرب، مع تقدم اليوم) وفي الارتفاع (اعتماداً على الموسم، ومرة أخرى تقدم اليوم). المثالي هو استخدام متتبع ذو محورين، ولكنه موجود أيضاً مع محور واحد فقط (عادةً ما يكون متابعاً فقط في السمّ والزاوية بالنسبة للأرض يتم تثبيتها وفقاً للأفضل المحلي، الذي يعتمد على خط العرض).

### 4.II تاريخ استعمال اول متتبع شمسي:

ترجع التطبيقات الأولى من متتبعات الطاقة الشمسية إلى خمسينيات القرن الثامن عشر عندما كان المبدأ يعتمد على استخدام heliostat. يتم ضمان دوران مرآة من خلال آلية تعمل على مدار الساعة وتوجد أقدم إشارة لهذا النظام في المنشورات التي يرجع تاريخها إلى عام 1742 من عالم الفيزياء الهولندي Willem Jacob's Gravesande [10].



الشكل II.1: نموذج ل heliostat في أولى إستخداماته.

يحدد حقل heliostats حركة الشمس عن طريق دمج أشعة الضوء في اتجاه نفس النقطة، وبالتالي تركيز الضوء الحادث باستخدام مرايا الانعكاس طوال اليوم. تم العثور على هذا الأخير في المنشآت المختلفة باستخدام الطاقة الشمسية ، ولا سيما محطات الطاقة الشمسية المركزة والتي تسمى حقول heliostats.

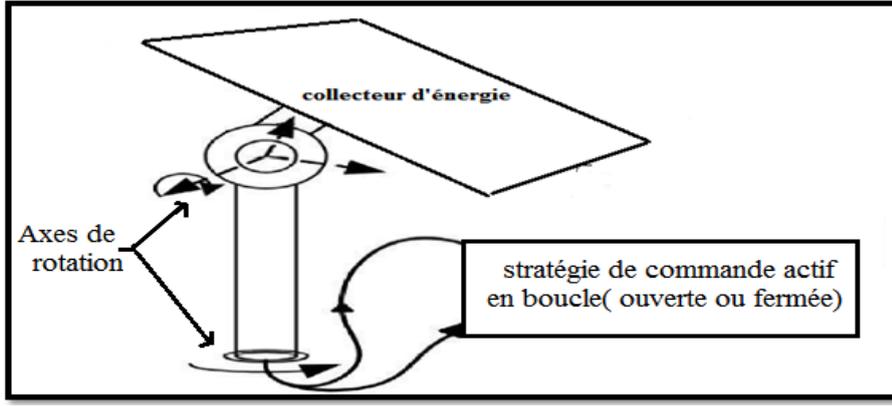
## 5.II أنواع المتتبعات الشمسية:

هناك عدة آليات لتصنيف المتتبعات الشمسية نذكر منها:

### 1.5.II حسب آلية التوجيه:

#### 1.1.5.II متتبع شمسي نشط:

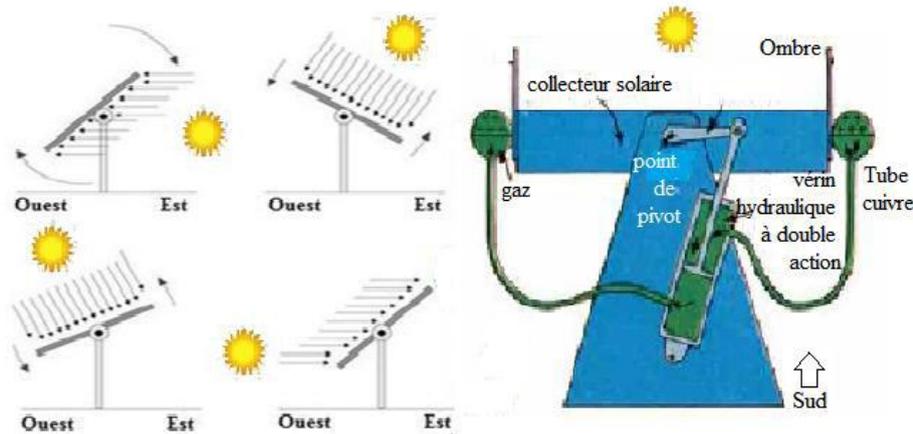
تستخدم متتبعات الطاقة الشمسية النشطة مبدأ الكشف عن الضوء ، باتتبع المسار الشمسي ، ويتم السعي إلى تحسين زاوية ورود الإشعاع الشمسي على سطحها إلى أقصى حد ممكن. هناك نوعان من هذه المتتبعات: أجهزة تتبع المحور الواحد والمحور المزدوج. ميزة هذه مقارنة بالمتتبع السلبي هو أنها تمثل دقة تتبع أفضل ولا تتطلب أي تدخل يدوي لضبطها. [12]



الشكل II.2: متتبع شمسي بألية التحكم الإيجابي (النشط)

### II.2.1.5 متتبع شمسي غير نشط (سلبي):

يتكون النوع الأول من أجهزة التتبع السلبي في بنيته من أنابيب نحاسية مثبتة على الجانبين الشرقي والغربي للوحة الكهروضوئية. الأنبوب النحاسي مليء بالسوائل الكيميائية القادرة على التبخر في درجات حرارة منخفضة. عندما يزيد التعرض للإشعاع الشمسي من درجة الحرارة على جانب واحد من اللوحة ، يتبخر المركب الموجود في الأنبوب النحاسي. يحتل الجزء الغازي من المركب حجمًا داخليًا أكبر ، ويتم تحريك الجزء السائل نحو الجانب المظلل. تقوم عملية النقل الجماعي هذه بضبط توازن اللوحة الكهروضوئية عن طريق تدويرها باتجاه مصدر أشعة الشمس. هذا النوع لا يستهلك أي طاقة لإعادة وضع اللوحة [11].



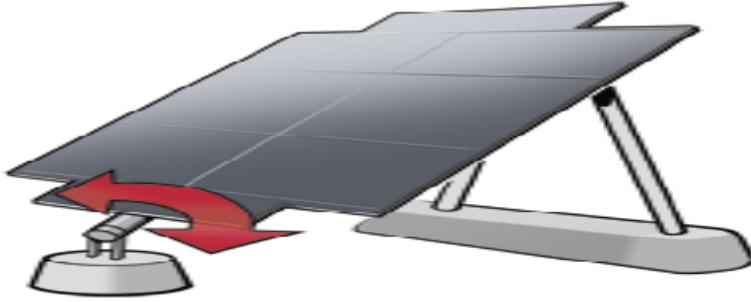
الشكل II.3: متتبع شمسي بألية التحكم السلبي

## 2.5.II حسب درجة حرية الحركة:

### 1.2.5.II متتبع شمسي ذو محور أفقي:

في هذا النوع من نظام التعقب، يتم دعم أنبوب أفقي طويل على المحمل المركب على الأنبوب وسيتم تدوير الأنبوب على المحور لتتبع الحركة الواضحة للشمس خلال اليوم. نظرًا لأنها لا تميل نحو خط الاستواء ، فهي بالتالي ليست فعالة إلى حد كبير خلال فصل الشتاء في منتصف النهار (ما لم تكن موجودة بالقرب من خط الاستواء) ، ولكن نظام التتبع هذا يكون مثيرًا للغاية خلال فصل الربيع والصيف عندما يكون المسار الشمسي مرتفعًا في السماء.

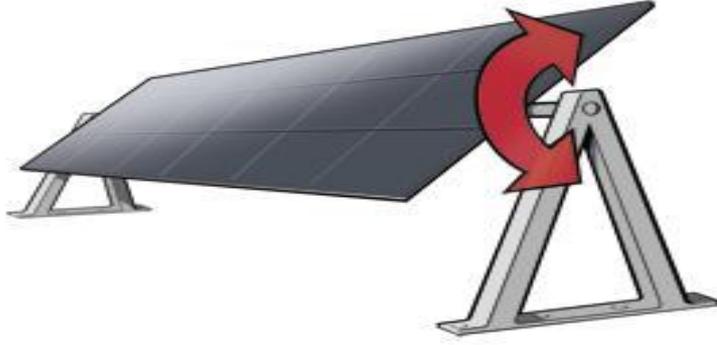
يتمتع متتبع الطاقة الشمسية ذو المحور الأفقي، حتى لو كانت كفاءته ضعيفة، بميزة كونه متينًا للغاية من حيث هيكله، وهو هيكلي له آلية بسيطة. [12]



الشكل 4.II متتبع شمسي ذو محور أفقي

### 2.2.5.II متتبع شمسي ذو محور عمودي:

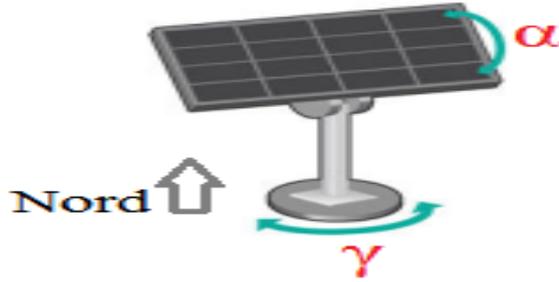
في هذا النوع من نظام التتبع، تُركب اللوحات على محور عمودي بزاوية ارتفاع ثابتة أو قابلة للتعديل أو متتبع. إن أجهزة التتبع هذه ذات الزوايا الثابتة أو القابلة للتعديل بشكل موسمي مناسبة للارتفاعات العالية. هذا لأن المسار الشمسي الظاهر في خطوط العرض العليا ليس مرتفعًا بشكل خاص ولكنه يؤدي إلى أيام طويلة في الصيف ، حيث تنتقل الشمس عبر قوس طويل [12].



الشكل 5.II: متتبع شمسي ذو محور عمودي

### 3.2.5.II: متتبع شمسي ثنائي المحور (ارتفاع/سمت):

تكمن الفكرة في تدوير المحور حول الذروة بزواوية الدوران إلى زاوية السمات  $\gamma$ . بينما يكون المحور الآخر موازٍ لسطح الأرض ويدور بزواوية دوران مساوية لزاوية الارتفاع  $\alpha$ . [11]



الشكل 6.II: متتبع شمسي ثنائي محور الدوران

تستخدم المتتبعات ( الارتفاع / السمات ) بيانات أو خوارزميات فلكية للشمس لتحديد موضع الشمس خلال أي وقت ومكان معينين. يتم إدخال مكان وتاريخ ووقت تعقب بواسطة متحكم لإصلاح موقف الشمس. أو يحتاج جهاز استشعار لأشعة الشمس للتحكم في المحركات التي توجه الألواح نحو الشمس [11]. هذا النوع هو الذي سيتم إنجازه في مذكرتنا.

### 4.2.5.II: متتبع شمسي ثنائي المحور:

في المتتبع الشمسي ثنائي المحور ، يكون المحور الأول هو عمود المحور الرأسي أو حامل الحلقة الأفقي الذي يسمح للجهاز بالتحويل إلى نقطة البوصلة. المحور الثاني هو محور ارتفاع أفقي مركب على منصة السمات. باستخدام هذا المزيج من المحورين ، يمكن الإشارة إلى أي مكان في نصف الكرة

العلوي.

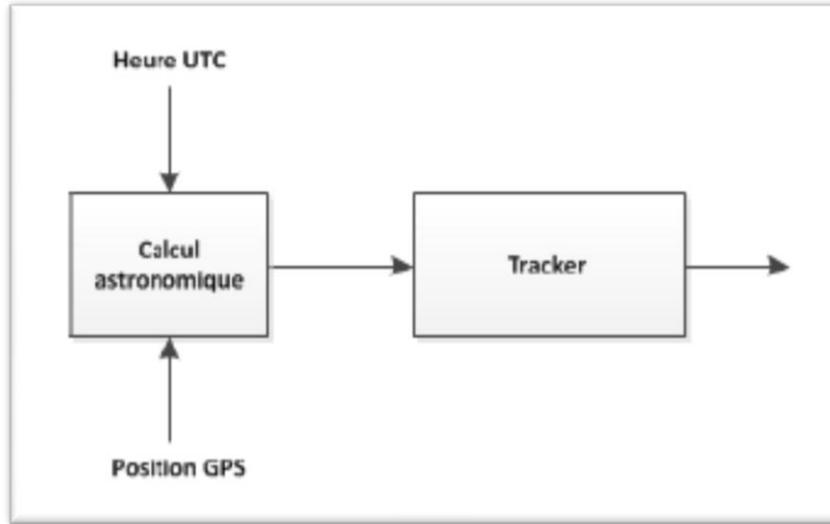
### II.5.2.5 متتبع شمسي زمني:

جهاز تعقب الطاقة الشمسية الزمني هو نظام يعتمد على جهاز توقيت يتحرك وفقاً لدوران الأرض بالنسبة إلى الشمس حول محور بنفس سرعة الأرض. للقيام بذلك، تم تصميم آلية دوران بسيطة للسماح للنظام بالتناوب طوال اليوم بغض النظر عن وجود أو عدم وجود الشمس. يدور هذا النظام بسرعة ثابتة تبلغ دورة واحدة يومياً أو 15 درجة في الساعة [11].

### II.3.5 حسب آلية التحكم:

#### II.1.3.5 التحكم ذو الحلقة المفتوحة:

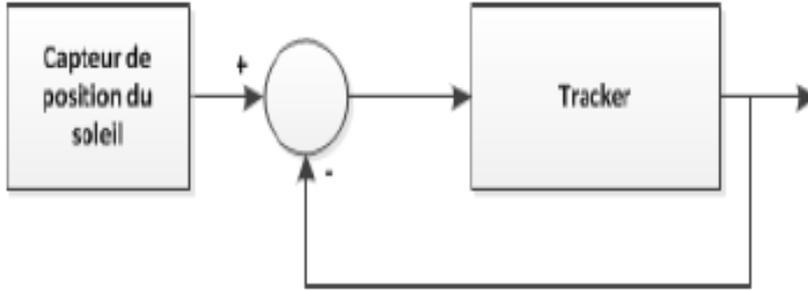
ما يسمى بأمر الحلقة المفتوحة هو أمر تتبّع نشط يعتمد فقط على الحسابات الفلكية لموقف الشمس (حساب التقويم الفلكي) ، دون قياس موضع الشمس. في الواقع ، فإنه ينشئ نقاط ضبط لمسار التتبع (في هذه الحالة زاوية السميت والارتفاع) من وقت وإحداثيات GPS لمحطة مركزية. مثل أي أمر مفتوح الحلقة ، فهو حساس للغاية للاضطرابات (عدم وجود ردود فعل) وأخطاء النمذجة [12].



الشكل II.7 تحكم ذو حلقة مفتوحة

### II.3.5.2 التحكم ذو الحلقة المغلقة:

التحكم في الحلقة المغلقة هو عنصر تحكم نشط يستند إلى قياس لخطأ التتبع الفعلي للتحكم في مشغلات التعقب. يتم توفير مقياس الخطأ هذا عمومًا بواسطة أداة تجميع الطاقة الشمسية، والتي تسمى أيضًا أداة العثور على الطاقة الشمسية. في بعض الحالات، لا يمثل الإرجاع خطأ في التتبع ولكنه قوة تنتجها الوحدة. في الواقع، تتمثل هذه الاستراتيجية في توجيه المتتبعين وفقًا لموقف المتتبع الأفضل، بدءًا من أي موضع (موضع عشوائي) [12].



الشكل II.8. التحكم ذو حلقة مغلقة

### II.3.5.3 التحكم الهجين:

التحكم الهجين أو المختلط هو أمر تتبّع يجمع بين حساب موضع المرجع المقترح من قبل "الحلقة المفتوحة"، وبيانات الإرجاع المقترحة بواسطة أمر الحلقة المغلقة [12]

## II.6 التطور التكنولوجي للمتتبعات الشمسية:

تم إجراء العديد من الأبحاث لتحسين وزيادة إنتاج الطاقة الكهربائية من خلال تحويل الطاقة الشمسية. من بين هذه الدراسات :

[2007] Robert H.Dold et F.R.Rubio ، وصف متتبع شمسي ذو محورين قادر على تحمل الظروف الجوية القاسية ويتبع حركة الارتفاع وحركة السمّ. يشمل المتتبع الشمسي لوحًا شمسيًا وإطارًا وقاعدة وإطارًا محوريًا ومحركًا أولًا وثانيًا. يتم تثبيت الألواح الشمسية على الإطار ويلتقط ضوء الشمس. يتحكم المحرك الأول في حركة ارتفاع اللوح الشمسي ويتحكم المحرك الثاني في حركة السمّ

للوح الشمسي [13].

J. Rizk [2008] ، ينص على فوائد النظام المحتملة لتتبع النظام الشمسي البسيط باستخدام محرك الخطوي ومستشعر الضوء. وبحسب ما ورد تم تصميم نظام التتبع الشمسي ، وتم اختباره على سبيل التجربة. وتمت مناقشة تفاصيل التصميم والنتائج التجريبية. تم تصميم جهاز تعقب الطاقة الشمسية بتوظيف خلايا شمسية صغيرة لتعمل كأنظمة استشعار ذاتية الضبط، مما يوفر مؤشراً متغيراً لزاويتها النسبية للشمس عن طريق الكشف عن ناتج الجهد. باستخدام هذا الأسلوب، تم العثور على تعقب الطاقة الشمسية لتكون ناجحة في الحفاظ على الألواح الشمسية في زاوية عمودية بما فيه الكفاية للشمس. زيادة القوة المكتسبة على مجموعة أفقية ثابتة كانت 30% [13].

Nader Barsoum [2010] ، ينص على أن الأبحاث أثبتت أن نظام التتبع الشمسي مع حرية أحادية المحور يمكن أن يزيد إنتاج الطاقة بنسبة 20% تقريباً، في حين أن نظام التتبع ثنائي المحور المزدوج يمكن أن يزيد من الإنتاج بأكثر من 40%. لذلك كان هذا العمل هو تطوير وتنفيذ نظام تتبع للطاقة الشمسية مع كل درجة من الحرية والتي تكشف عن أشعة الشمس باستخدام أجهزة الاستشعار. كانت وحدة التحكم الطرفية هذه بمثابة العقل المدبر لنظام التتبع بالكامل ، وتم برمجتها للكشف عن ضوء الشمس من خلال أجهزة الاستشعار و ثم قام بتشغيل المحرك لوضع حيث يمكن لأشعة الشمس القصوى أن تضيء سطح اللوحة الشمسية. هذا مبرمج للكشف عن أشعة الشمس باستخدام الخلايا الضوئية ومن ثم تشغيل المحرك لوضع الألواح الشمسية حيث يمكن أن تتلقى أشعة الشمس القصوى [13].

L. Kancevica [2012] ، أشار إلى أن أحد أسباب جهاز تتبع أشعة الشمس ، أنه كان الإشعاع الشمسي يضرب بشكل مستمر عمودياً على مجمع الصفائح المسطحة ، والتي أنتجت في نهاية الأمر طاقة حرارية بمعدل 1.4 مرة مقارنة مع المجمع الثابت من نفس الحجم [13].

Mostefa Ghassoul [2013] ، يصف في تصميمه إنشاء واختبار نظام ذكي لتتبع أشعة الشمس من حيث التكلفة لاستخراج الطاقة الشمسية القصوى. تم تصميمه ليتم تشغيله بواسطة جهاز تحكم دقيق PIC 18F452 صغير الحجم. يعتمد النظام على آليتين. الأولى هو آلية البحث (PILOT) التي تحدد موقع الشمس. الآلية الثانية (الألواح الذكية) تتماشى مع PILOT فقط إذا كان من الممكن استخراج أقصى طاقة ممكنة [13].

## 7.II الخاتمة:

في هذا الفصل، تم التطرق إلى المتتبع الشمسي الذي أخذ حيزا واسعا من الدراسة باعتباره الموضوع الرئيسي للمذكرة، حيث تم التعرف على المتتبع الشمسي وأولى بدايات إستخداماته، بعدها تم التطرق إلى مختلف أنواع المتتبعات الشمسية من حيث آلية التحكم و درجة الحرية. في الاخير تحدثنا على التطور التكنولوجي للمتتبعات الشمسية والأبحاث التي لتحسين و زيادة كفاءة الطاقة الكهربائية .

الفصل III : تصميم

ودراسة المتتبع

الشمسي

### 1.III مقدمة

في الفصل السابق تعرفنا على أهم المتتبعات الشمسية ومدى التطور الواقع في مسألة الطاقة البديلة حاولنا تجسيد أحد المتتبعات لنقوم بدراسة مدي التحسين في أداء الالواح الشمسية.

في دراستنا القادمة سنركز على المتتبع الشمسي بمحورين معتمدين على المقاومات الضوئية، نتطرق في هذا الفصل الى الجانب التجريبي و طريقة انشاء هذا المتتبع الشمسي المتكون من جزئين أساسيين الأول ميكانيكي والثاني الكتروني سنتطرق اليهما بالتفصيل بالتعرف على الأجزاء المادية للجهاز وطريقة تجميعها لتكوين المتتبع الشمسي في الأخير. إذ يتم تجميع الاجزاء الاربعة لتجسيد المتتبع الشمسي الخاص بنا ، بعدها نقوم بعرض نتائج التجربة على شكل رسومات بيانية لمقارنة نسبة تحسين الاشعاع و التعليق عليها.

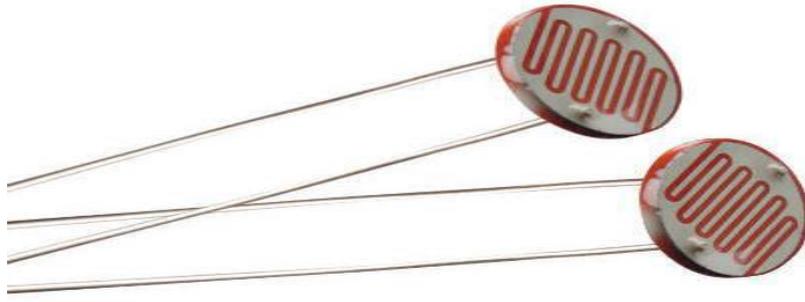
### 2.III الجزء الالكتروني:

يتكون هذا الجزء بشكل أساسي من مكونات ودوائر كهربائية ، يسمح بالتحكم في المناورات والحركات المختلفة التي يمكن أن يقوم بها النظام أثناء عملية التتبع الشمسي (سواء في حالة محور واحد ، أو مع ضعف محاور).

### 1.2.III اللواقط الضوئية:

#### 1.1.2.III التعريف باللواقط واختيار النوع

من بين اللواقط الضوئية نستعمل المقاومات الضوئية التي يرمز لها اختصارا LDR، (المقاومة المعتمدة على الضوء) هي مقاومة متغيرة، وتناسب مقاومة LDR عكسيا مع شدة الضوء، وتظهر مقاومة قصوى في غياب الضوء والحد الأدنى من المقاومة في وجود الضوء، بعض الميزات المهمة لـ LDR هي أنه منخفض التكلفة ، سهل الاتصال ، لديه وقت استجابة معتدلة عند تعرضه للضوء ، فهو ثنائي الاتجاه ويدوم طويلاً في البيئة [14]

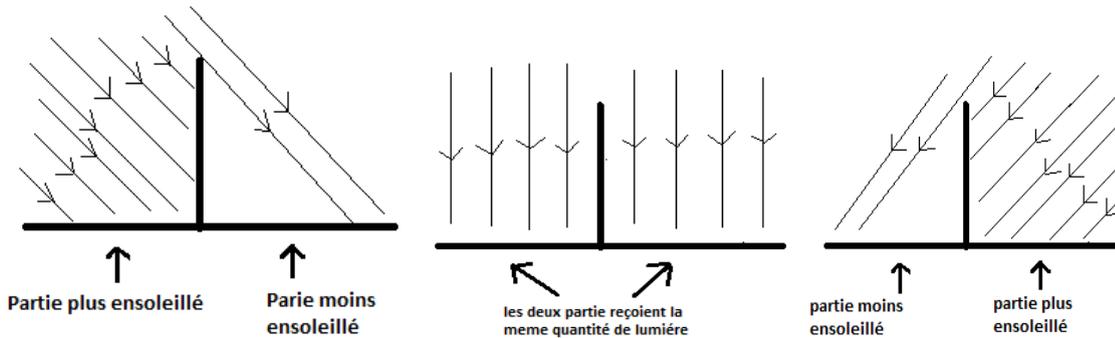


الشكل III.1: مقاومات فوتوضوئية LDR

في المتتبع الشمسي بمحورين نستعمل أربع مقاومات ضوئية نعتمد أساسا على مقارنة القيم التي تعطىها المقاومات

### III.2.1.2 شكل اللاقط

الهدف الرئيسي من خلال استخدام نظام التتبع الشمسي هو الحفاظ باستمرار على الألواح الضوئية التي تواجه الشمس. سيؤدي ذلك إلى زيادة كمية الإشعاع المستلم وبالتالي زيادة الطاقة الكهربائية المنتجة. لتحقيق ذلك ، يجب أن يكون لجهاز الاستشعار لدينا بنية دقيقة للغاية



الشكل III.2: تكوين يسمح بمقارنة كمية الضوء

### III.3.1.2 تجسيد اللاقط :

نقوم بإنشاء العازل الضوئي من مادة الخشب وفق مقاييس معينة



الشكل III.3: عازل ضوئي

نقوم بطلاء العازل باللون الاسود الغير لامع لتفادي انعكاس الاشعة



الشكل III.4: طلاء العازل

نقوم بتركيب المقاومات الضوئية على العازل و توصيلها بالأسلاك



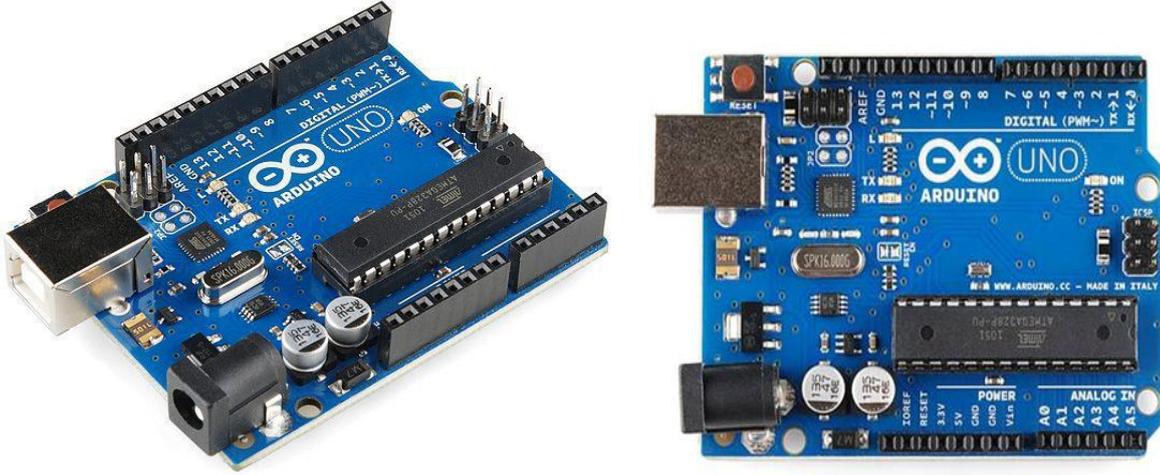
الشكل 5.III نموذج تركيب المقاومات الضوئية

### III.2.2 الأردوينو:

الأردوينو هو عبارة عن منصة مفتوحة المصدر يتم استخدامها لبناء المشاريع الإلكترونية. يتكون الأردوينو من دوائر كهربائية قابلة للبرمجة (يطلق عليها المتحكم الدقيق (microcontroller))، بالإضافة لجزء يتعلق بالبرمجة عبارة عن بيئة تطوير متكاملة (Integrated Development Environment (IDE) تعمل على الكمبيوتر، ويتم استخدامها لكتابة وتحميل الأكواد البرمجية من الكمبيوتر إلى لوح الأردوينو.

أصبحت ألواح الأردوينو شائعة إلى حد ما مع الأشخاص حديثي العهد بالتعامل مع الإلكترونيات لأسباب وجيهة. فعلى عكس جميع ألواح الدوائر الإلكترونية القابلة للبرمجة السابقة للأردوينو، لا يحتاج الأردوينو إلى قطعة مستقلة من العتاد (تسمى المبرمج) لتحميل الأكواد البرمجية إلى اللوح- يمكن استخدام وصلة USB للقيام بذلك.

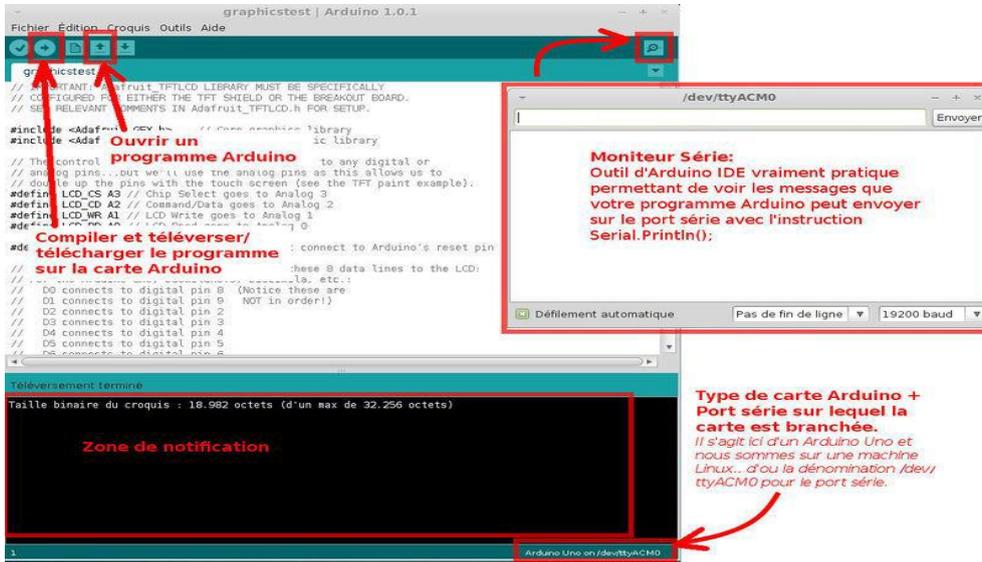
وأخيراً يقدم الأردوينو تصميم شكلي قياسي يقوم بتقسيم وظائف المتحكم الدقيق على شكل حزمة يسهل الحصول عليها واستخدامها.



الشكل III.6: صورة المنتج ArduinoUNO

بالإضافة لذلك تستخدم بيئة التطوير المتكاملة الخاصة بالأردوينو نسخة مبسطة من لغة ++C مما يسهل تعلم عملية البرمجة.

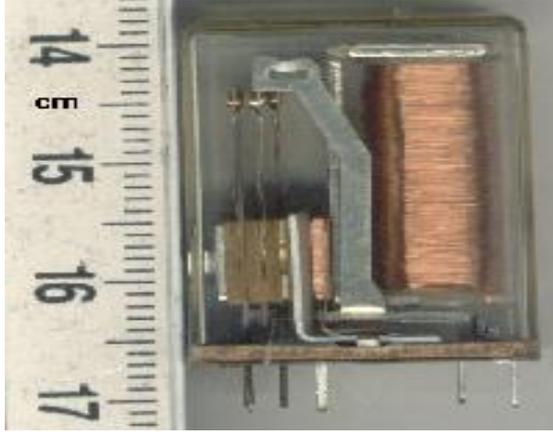
نستعمل في تجربتنا أردوينو أونو (arduino uno) كونه بسيط الاستعمال وغير مكلف كما ان البرنامج المستعمل لا يتطلب لوحة أردوينو أسرع.



الشكل III.7: الواجهة الرئيسية لمحرر اردوينو

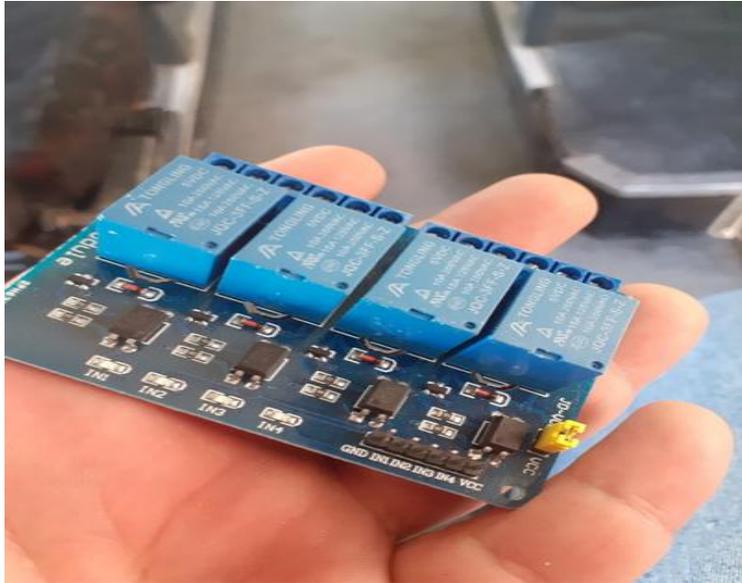
### III.2.3 المرحلات الكهروميكانيكية :

المرحل الكهروميكانيكي هو مكون إلكتروني يسمح بفصل جزء الطاقة الميكانيكية عن جزء التحكم ، وهذا يسمح بفتح وإغلاق الدارة الكهربائية بواسطة دارة تكميلية معزولة ثنائية [15].



الشكل III.8 : مرحل كهرومغناطيسي

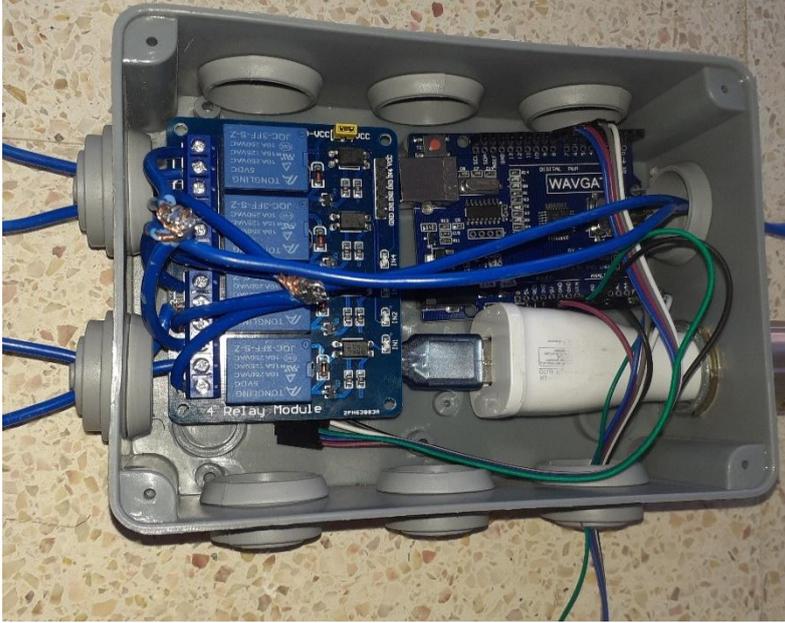
لتنشغيل نموذجنا، قمنا باختيار 4 مرحلات كهرو ميكانيكية 5 فولت (أقصى جهد يتم توصيله). يتحكم كل مرحل في أحد الاتجاهات الأربعة التي يمكن لنظام تتبع الشمس أن يتخذها: الشرق والغرب والشمال والجنوب، ويتم توصيله من جانب واحد بلوحة اردوينو، ومن ناحية أخرى بأحد المحركات التي تتحكم في تحركات المحورين.



الشكل III.9: الوحدة المستخدمة مع 4 مرحلات كهرومغناطيسية

المرحل مناسب و سهل الاستخدام والتوصيل مع UNO، مما حفز قرارنا لاختياره لمشروعنا. نقوم بتركيب المرحل الكهرومغناطيسي و توصيله بلوحة الاردوينو باسلاك التوصيل لتكون على

الشكل التالي:

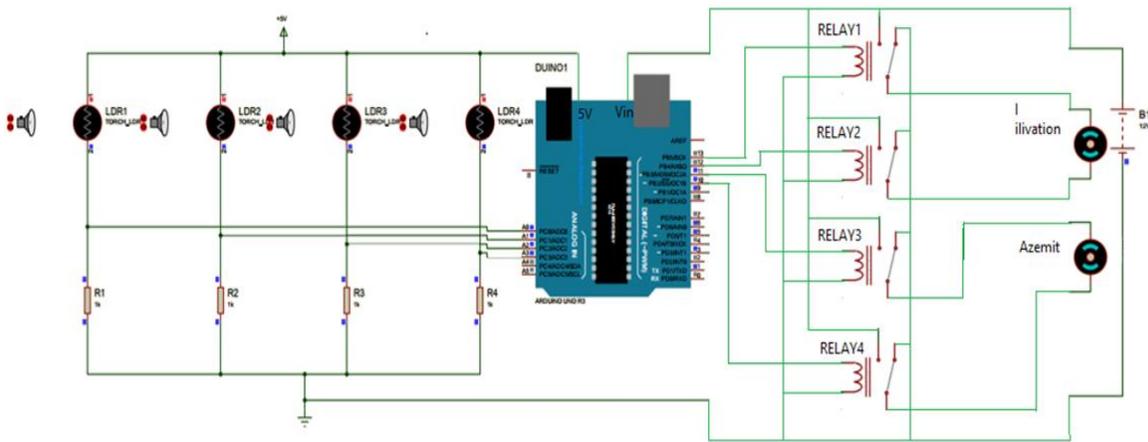


الشكل 10.III التركيب النهائي لدارة التحكم

### 3.III جزء المحاكاة:

سيكون لدينا التركيب النهائي المنجز عن طريق المحاكات باستخدام برنامج PROTEUS\_ISIS

الذي يسمح لنا باختبار نتائج المحاكاة



الشكل 11.III تركيب النظام على PROTEUS

### 1.3.III برنامج نظام المتتبع الشمسي:

كما أوضحنا سابقًا ، عندما شرحنا أساسيات تشغيل بطاقة Arduino UNO الإلكترونية ، تحتوي الأخيرة على متحكم دقيق يمكن برمجته على النحو المطلوب، وذلك عن طريق ادخال التعليمات البرمجية التي نقوم بتطويرها باستخدام برامج محددة. بالنسبة لمشروعنا، يتم توضيح برنامج التحكم المصمم

```
#define RELAY1 13
#define RELAY2 12
#define RELAY3 11
#define RELAY4 10
int tolerance = 20;
void setup() {
  pinMode (RELAY1, OUTPUT);
  pinMode (RELAY2, OUTPUT);
  pinMode (RELAY3, OUTPUT);
  pinMode (RELAY4, OUTPUT);
  pinMode (A1, INPUT);
  pinMode (A2, INPUT);
  pinMode (A3, INPUT);
  pinMode (A4, INPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite (RELAY1, LOW);
  digitalWrite (RELAY2, LOW);
  digitalWrite (RELAY3, LOW);
  digitalWrite (RELAY4, LOW);
  //lensemble des relais sont désactives à chaque début de boucle
  float val1 = analogRead (A0);
  float val2 = analogRead (A1);
  float val3 = analogRead (A2);
  float val4 = analogRead (A3);
```

```

float il = (val1 - val2); // Ilivation
float az = (val3 - val4); // Azemit
//début de comparaison et ativation des relais suivant les résultat
if (abs(il) > tolerance){
  while (il < (-1*tolerance)){
    digitalWrite(RELAY1,HIGH);
    break;
  }
  while (il > tolerance){
    digitalWrite(RELAY2,HIGH);
    break;
  }
}
if (abs(az) > tolerance){
  while (il < (-1*tolerance)){
    digitalWrite(RELAY3,HIGH);
    break;
  }
  while (il > tolerance){
    digitalWrite(RELAY4,HIGH);
    break;
  }
}
delay(5000);
}

```

الشكل III.12: برنامج التحكم

### III.4 الجزء الميكانيكي:

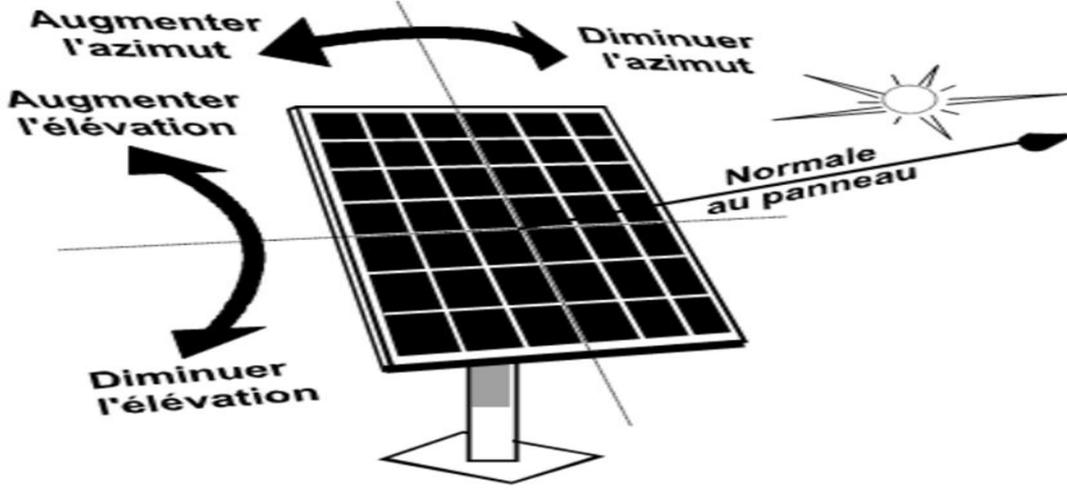
في الجزء السابق تعرفنا على المركبات المسؤولة عن إعطاء الأوامر وتلقي المعلومات كما لا شك انه الجزء الأكثر تطورا في عملية تجسيد هذا المتتبع الشمسي.

الجزء الميكانيكي هو الآخر لديه أهمية بارزة في تجسيد المتتبع الشمسي وما يشد انتباهنا هو انه المسؤول عن حمل الألواح الشمسية والتحرك بها في الاتجاهات الأربعة (شمال. جنوب. شرق وغرب).

الحامل عبارة عن هيكل مصنوع من الحديد يتحرك بفعل محركات كهربائية

### III.4.1 الحركة الميكانيكية:

الطاقة الميكانيكية ، أو العمل ، تتم عادة عن طريق تحويل الطاقة الكهربائية. في نظام التتبع الشمسي، يتم ضمان الحركات الميكانيكية بواسطة المحركات التي تعمل مع التيار المباشر من أجل تسهيل تشغيلها مباشرة بفضل الألواح الكهروضوئية .



الشكل III.13: الحركة الميكانيكية للوح الشمسي

### III.2.4 المحركات المستعملة:

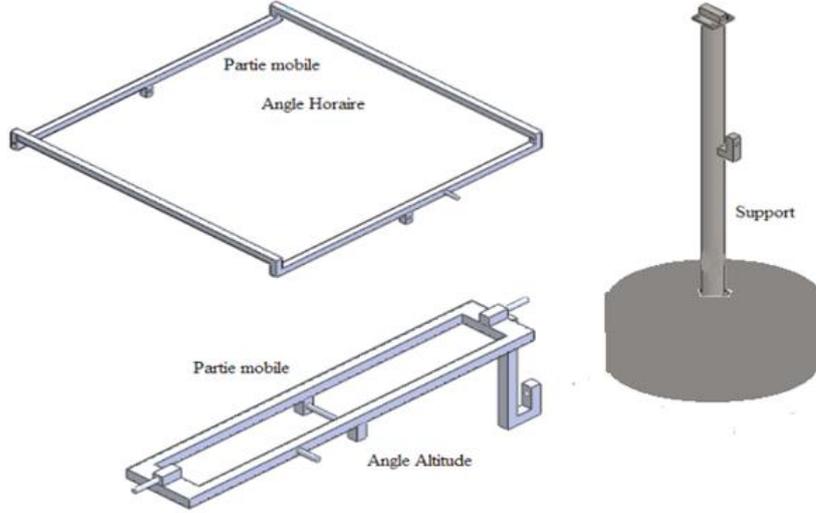
في مشروعنا، اخترنا استخدام المحركات الخطية حتى نتمكن من توجيه نظامنا في الاتجاهات الأربعة المقدمة، وذلك بعد تلقي التعليمات المناسبة من جزء التحكم. وقع اختيارنا على هذه الفئة من المحركات لأنها متوفرة و مناسبة تمامًا للهيكل المعدني الذي يتكون منه جهاز التتبع الشمسي الخاص بنا (سهولة التركيب وإمكانية التعديل وفقاً للطلب).



الشكل III.14: المحركات المستعملة

### III.4.3 تصميم الهيكل المعدني:

سنعتمد على برنامج SolidWorks من أجل تصميم جهاز التتبع الشمسي، والذي سيسمح لنا بتطبيقه على أرض الواقع. سنقوم بتصميم الأجزاء الرئيسية للنظام التي هي ثلاثة:



الشكل III.15: الأجزاء الأساسية للمتتبع الشمسي

بعد انشاء الهيكل وتجميع الأجزاء الرئيسية وكذا تركيب المحركين الخطيين يكون لدينا المتتبع في شكله الأخير كالتالي حيث يتكون الهيكل الميكانيكي من جزأين متحركين. جزء واحد على محور الأفق للتغير في ارتفاع اللوح الشمسي بالنسبة للشمس والجزء الآخر على المحور الرأسي للتغير في سمت اللوح الشمسي



الشكل III.16: الهيكل النهائي للمتتبع الشمسي

### III.5 التغذية الكهربائية :

من أجل العمل، تحتاج المحركات المستخدمة في مشروعنا على الأقل الحد الأدنى للجهد 12 فولت وكذلك شدة التيار تساوي أو أكبر من 4 أمبير. لقد اخترنا في عملنا تشغيل هذه المحركات بواسطة بطاريات الرصاص الحمضية (12 v، 60 Ah)

كما ان لوحة الأردوينو تتغذى كذاك هي الأخرى من البطارية لكن عن طريق محول للجهد للحفاظ على الشريحة من التلف.



الشكل III.17: بطارية الرصاص الحمضية

### 6.III الدراسة التكنو إقتصادية:

جدول 1-III التكاليف الإنشائية للجهاز

الكمية	سعر الوحدة	الثلث	العنصر
1	300	300	علبة بلاستيكية
1	6000	6000	بطارية
1	2700	2700	لوحة أوردوينو
4	150	600	LDR
/	/	1400	أسلاك كهربائية
10	20	200	سلك PIN
4	250	1000	مرحلات (الريليه)
350	350	350	محول
1	250	250	مأخذ USB
1	5000	5000	الهيكل المعدني
17800DA			المجموع

### 7.III الموقع الجغرافي لمكان التجربة:

تم إجراء التجربة بمنطقة سيدي خويلد ولاية ورقلة



الشكل 18.III موقع التجربة

### 8.III تحليل نتائج التجربة:

سنقوم في هذا الجزء بمقارنة شدة الاشعاع الشمسي على اللوح الشمسي الثابت (كشاهد)، مع المتتبع الشمسي بمحورين، وذلك يومي 23 و 24 سبتمبر 2020.



الشكل 19.III تثبيت الألواح الشمسية

### 1.8.III مرحلة إجراء التجارب:

قمنا باختيار سطح منزل بمدينة ورقلة لإجراء التجربة، حيث قمنا بتركيب لوحين شمسين كهرو ضوئيين، أحدهما على الهيكل المعدني للمتتبع الشمسي والآخر ثابت موجه نحو الجنوب بزاوية ميل ( $32^\circ$ )



الشكل 20.III الأجهزة المستعملة في تحديد اتجاه وزاوية ميل الألواح الشمسية

### 2.8.III الأجهزة المستعملة للقياس:

تم استخدام مجموعة من الأجهزة للقياس، فلقياس زاوية الميل استعملنا جهاز Acu Angle A-350، أما لتحديد إتجاه الجنوب استعملنا بوصلة خاصة، كما تم قياس شدة الإشعاع الشمسي بجهاز.....، وبالنسبة لشدة التيار والتوتر تم استخدام جهاز الأمبيرمتر والفولطمتر على التوالي



الشكل 21.III أجهزة القياس

### 3.8.III تطبيق التجربة:

بعد تركيب الألواح الشمسية لكل من المتتبع الشمسي والثابت، قمنا بأخذ القياسات كل ساعة طيلة نهار اليوم (من الشروق إلى الغروب)، حيث يقوم المتتبع الشمسي بالدوران بزواويتي السمات والارتفاع خلال فترة الدراسة



الشكل 22.III وضعيات مختلفة للمتتبع الشمسي

### 4.8.III مقارنة النتائج المحصل عليها خلال فترة الدراسة:

#### 1.4.8.III مقارنة درجة الحرارة للألواح الشمسية:

قمنا بقياس درجة حرارة كل من اللوح الشمسي الثابت والمتحرك باستعمال جهاز ( Température

mètre PHUWE) طيلة ساعات النهار خلال يومي 23 و 24 سبتمبر، فتحصلنا على النتائج المبينة في الجداول

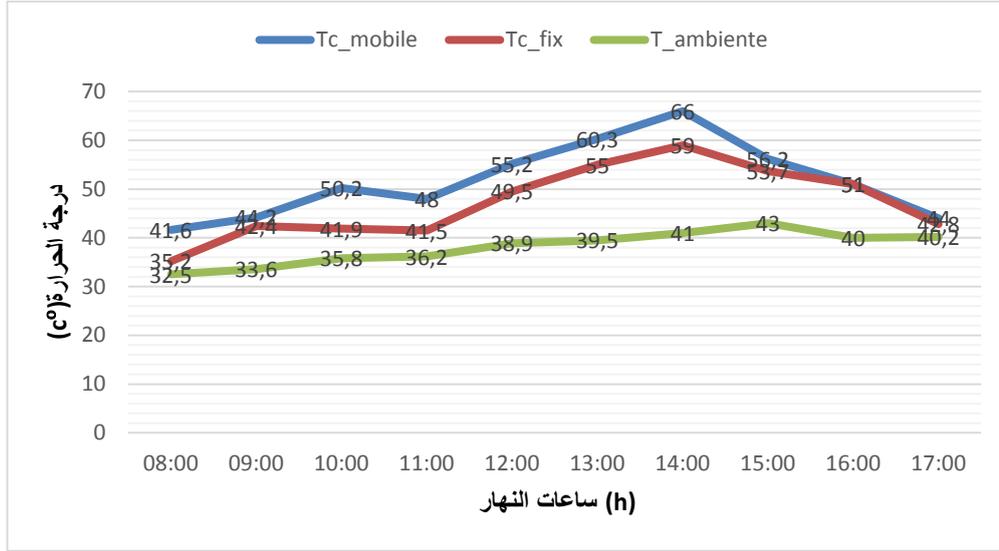
جدول III-2 درجة حرارة اللوحين خلال ساعات النهار ليوم 2020/09/23

درجة الحرارة		المحيط	الساعة
المتحرك	الثابت		
41,6	35,2	32,5	08:00
44,2	42,4	33,6	09:00
50,2	41,9	35,8	10:00
48	41,5	36,2	11:00
55,2	49,5	38,9	12:00
60,3	55	39,5	13:00
66	59	41	14:00
56,2	53,7	43	15:00
51	51	40	16:00
44	42,8	40,2	17:00

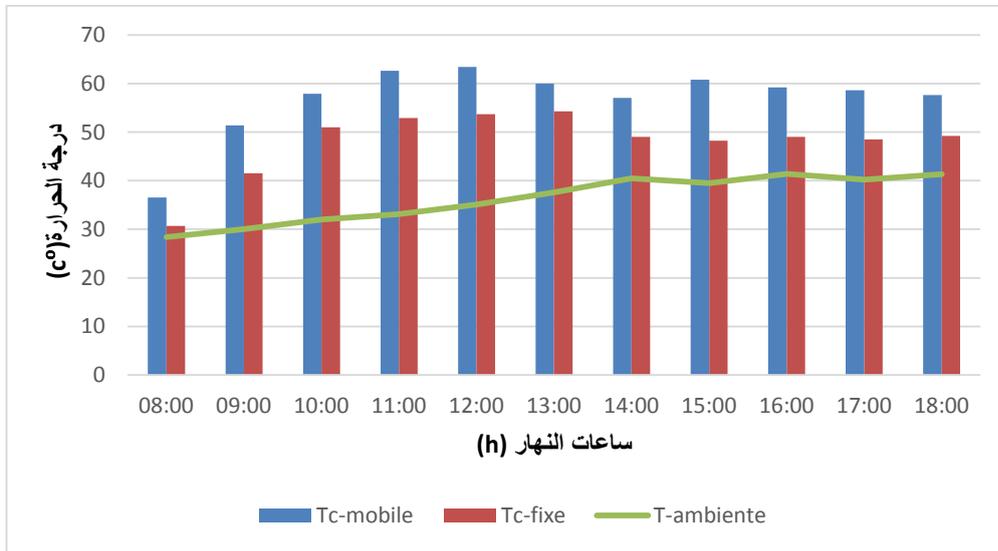
جدول III-3 درجة حرارة اللوحين خلال ساعات النهار ليوم 2020/09/24

درجة الحرارة		المحيط	الساعة
المتحرك	الثابت		
36,5	30,7	28,4	08:00
51,4	41,5	30	09:00
57,9	51	32	10:00
62,6	52,9	33,1	11:00
63,4	53,7	35,1	12:00
60	54,3	37,6	13:00
57	49	40,5	14:00
60,8	48,2	39,5	15:00
59,2	49	41,4	16:00
58,6	48,5	40,2	17:00
57,6	49,2	41,3	18:00

نلاحظ من الرسومات البيانية الموضحة في الشكلين (23.III) و(24.III) ، أن اللوح المتحرك درجة حرارته عالية مقارنة بالثابت وهذا عائد لعرضته المباشرة لأشعة الشمس، كما نلاحظ إنخفاض طفيف ليوم 23 سبتمبر على الساعة 11:00 راجع لتلبد السماء بالغيوم جزئياً.



الشكل 23.III تغير درجات الحرارة خلال ساعات النهار ليوم 2020/09/23



الشكل 24.III تغير درجات الحرارة خلال ساعات النهار ليوم 2020/09/24

### III.2.4.8 مقارنة شدة الإشعاع الشمسي الساقط على الألواح الشمسية:

قمنا بقياس شدة الأشعة الشمسية الساقطة على اللوح الشمسي الثابت والمتحرك طيلة نهار اليوم، فتحصلنا على النتائج المبينة في الجدولين:

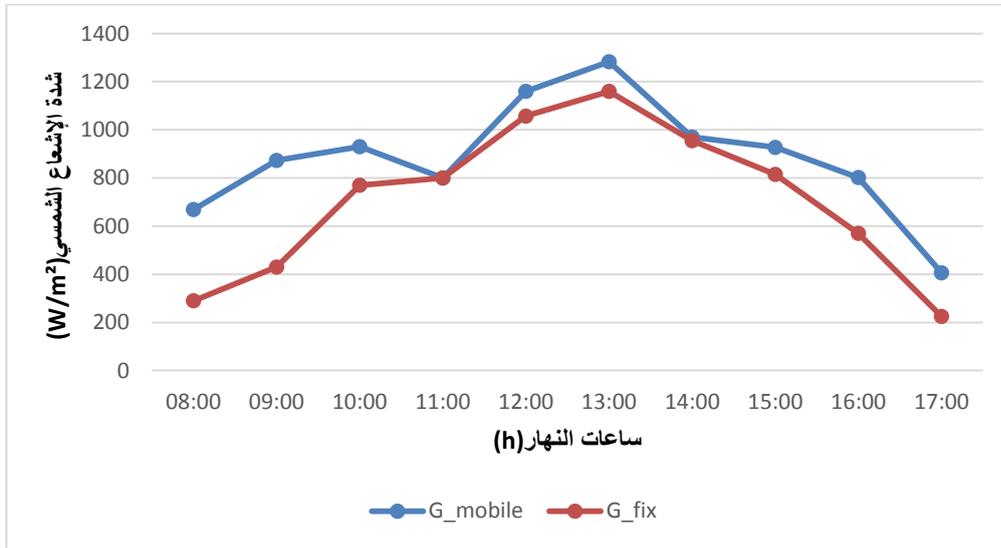
جدول III-4 شدة الإشعاع الشمسي خلال ساعات النهار ليوم 2020/09/23

شدة الإشعاع [W/m <sup>2</sup> ]		الساعة
المتحرك	الثابت	
669	290	08:00
873	430	09:00
930	770	10:00
800	800	11:00
1160	1057	12:00
1283	1160	13:00
970	955	14:00
927	815	15:00
802	570	16:00
406	225	17:00

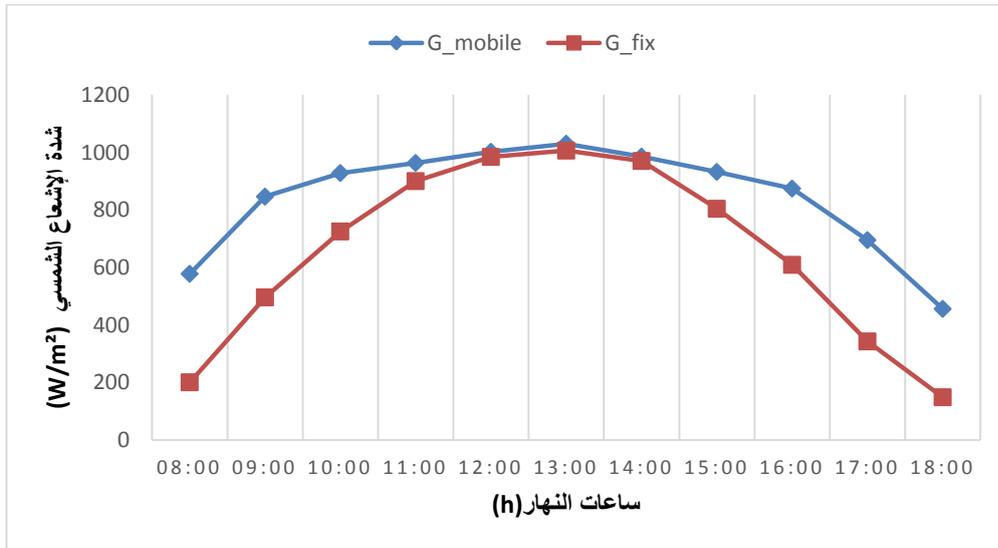
جدول III-5 شدة الإشعاع الشمسي خلال ساعات النهار ليوم 2020/09/24

شدة الإشعاع [W/m <sup>2</sup> ]		الساعة
المتحرك	الثابت	
578	201	08:00
846	496	09:00
928	725	10:00
963	900	11:00
1002	984	12:00
1030	1006	13:00
985	970	14:00
932	804	15:00
874	609	16:00
695	343	17:00
456	149	18:00

من خلال الرسم البياني المبين في الشكلين (25.III) و(26.III)، والذي يمثل تغير شدة الإشعاع الشمسي للوحين الثابت والمتحرك خلال ساعات النهار ليومي 23 و2020/09/24، حيث نلاحظ الفرق في تغير قيم شدة الإشعاع للوح المتحرك والثابت، فبالنسبة للوح المتحرك فإن شدة الإشعاع الخاص به أعلى من اللوح الثابت وتصل إلى قيمة عظمى  $1283 [W/m^2]$  بالنسبة ليوم 23 سبتمبر و  $1030 [W/m^2]$  بالنسبة ليوم 24 سبتمبر، وذلك خلال الساعة 13:00 ثم تبدأ بالانخفاض مع غروب الشمس. نلاحظ في الشكل (20.III) إنخفاض على الساعة 11:00 والساعة 14:00 وذلك راجع للغيوم الحاجبة لأشعة الشمس.



الشكل 25.III تغير شدة الإشعاع الشمسي ليوم 2020/09/23



الشكل 26.III تغير شدة الإشعاع الشمسي ليوم 2020/09/24

### III.4.8 تيار القصر Isc:

نقوم بقصر قطبي الألواح الشمسية باستعمال جهاز أمبير متر وذلك لقياس شدة تيار القصر، والنتائج المتحصل عليها مدونة في الجداول التالية:

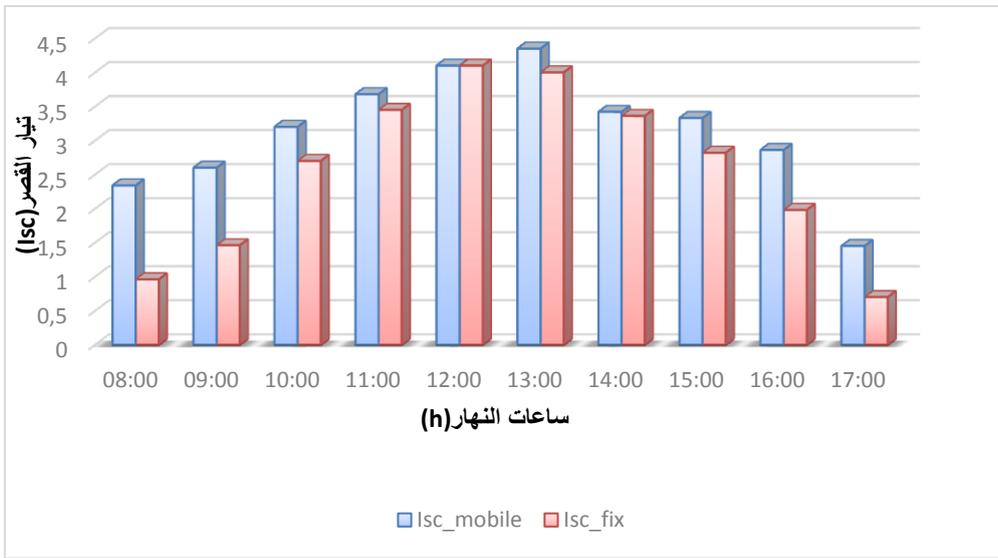
جدول III-6 شدة تيار القصر ليوم 2020/09/23

شدة تيار القصر Isc		الساعة
المتحرك	الثابت	
2,34	0,96	08:00
2,6	1,46	09:00
3,2	2,7	10:00
3,68	3,45	11:00
4,1	4,1	12:00
4,35	4	13:00
3,42	3,36	14:00
3,33	2,82	15:00
2,86	1,98	16:00
1,45	0,7	17:00

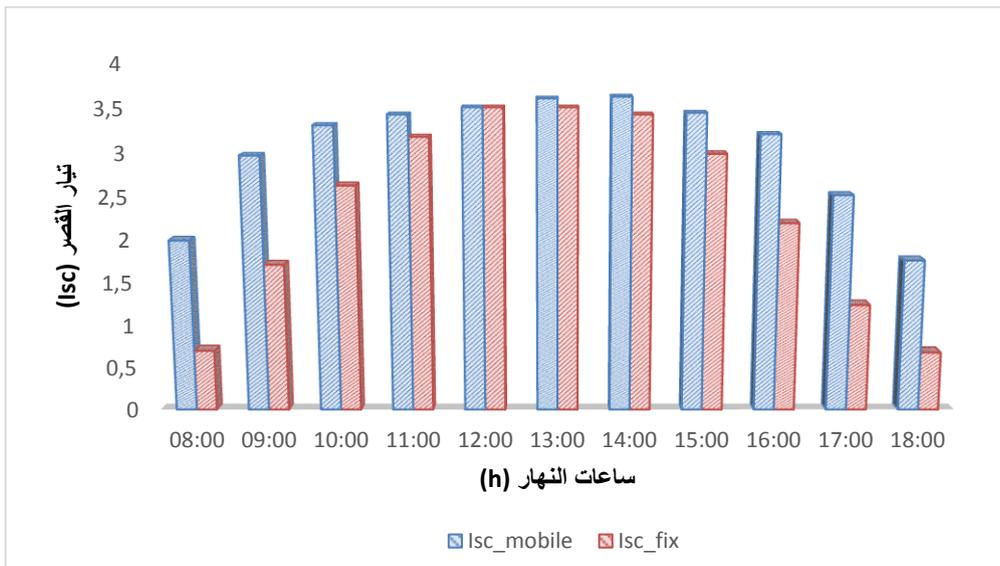
جدول III-7 شدة تيار القصر ليوم 2020/09/24

شدة تيار القصر ICC		الساعة
المتحرك	الثابت	
1,99	0,7	08:00
2,96	1,71	09:00
3,3	2,62	10:00
3,42	3,17	11:00
3,5	3,5	12:00
3,6	3,5	13:00
3,62	3,42	14:00
3,44	2,98	15:00
3,2	2,19	16:00
2,51	1,24	17:00
1,76	0,68	18:00

من خلال الرسم البياني المبين في الشكلين (27.III) و(28.III)، والذي يمثل تغير شدة تيار القصر للوحين الثابت والمتحرك خلال ساعات النهار ليومي 23 و2020/09/24، حيث نلاحظ الفرق في تغير قيم التيار للوح المتحرك والثابت، فبالنسبة للوح المتحرك فإن شدة تيار القصر الخاص به أعلى من اللوح الثابت وتصل إلى قيمة عظمى (A) 4.35 بالنسبة ليوم 23 سبتمبر و (A) 3.62 بالنسبة ليوم 24 سبتمبر، وذلك خلال الساعة 13:00 ثم تبدأ بالانخفاض وذلك تبعاً للإشعاع الشمسي، بينما تنخفض قيم تيار القصر بالنسبة للوح الثابت مقارنة باللوحة المتحركة.



الشكل 27.III تغير شدة تيار القصر ليوم 2020/09/23



الشكل 28.III تغير شدة تيار القصر ليوم 2020/09/24

### 4.4.8.III الجهد في الفراغ Voc:

في هذه الحالة نضع جهاز فولط متر بين طرفي اللوحين ، وبما أن مقاومة هذا الجهاز كبيرة جداً فإن التيار لا يمر وتعتبر الدارة في الفراغ. النتائج المسجلة في هذه التجربة، مدونة في الجدولين الآتيين :

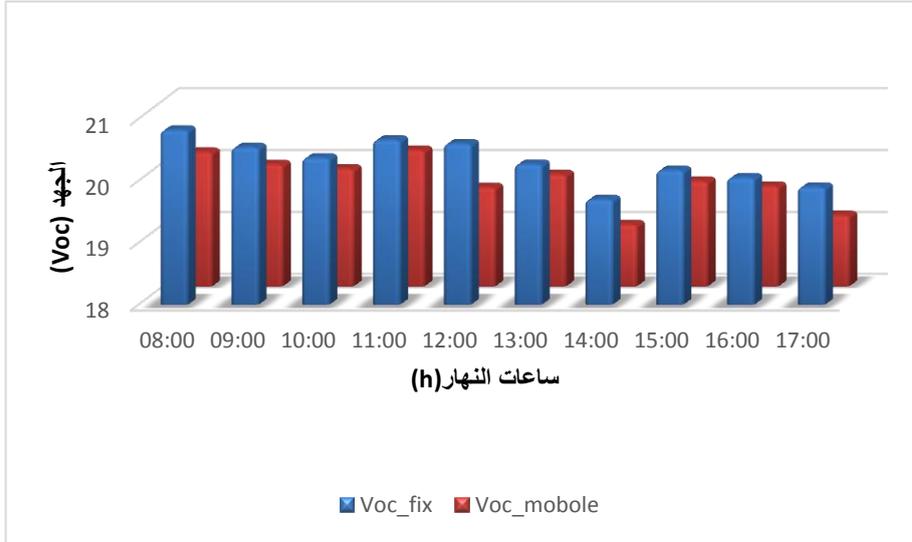
جدول III-8 قيم الجهد في الفراغ ليوم 2020/09/23

شدة توتر الدارة المفتوحة Voc		الساعة
المتحرك	الثابت	
20,17	20,82	08:00
19,97	20,54	09:00
19,9	20,37	10:00
20,2	20,66	11:00
19,6	20,6	12:00
19,81	20,27	13:00
19	19,7	14:00
19,7	20,17	15:00
19,62	20,05	16:00
19,15	19,9	17:00

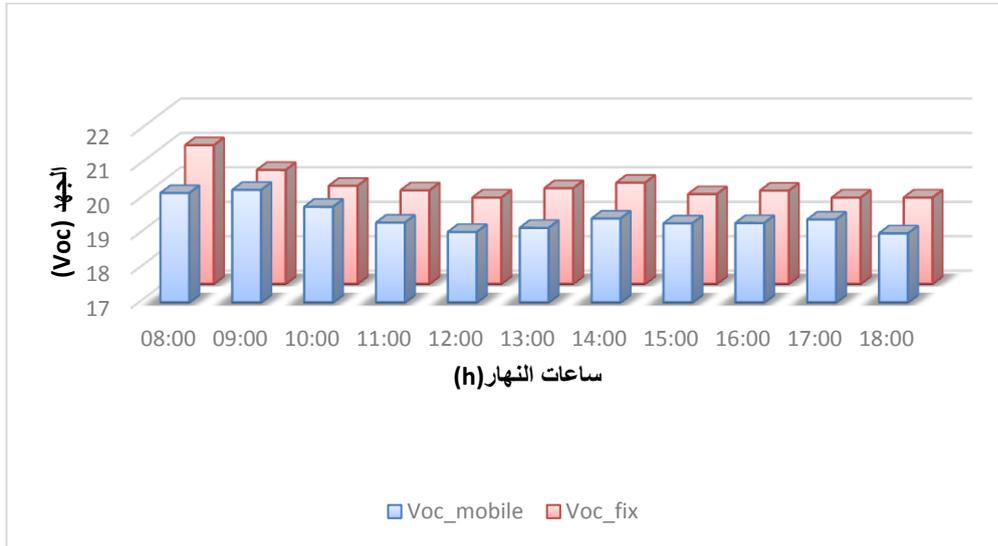
جدول III-9 قيم الجهد في الفراغ ليوم 2020/09/24

شدة توتر الدارة المفتوحة Voc		الساعة
المتحرك	الثابت	
20,17	21,02	08:00
20,26	20,3	09:00
19,77	19,84	10:00
19,31	19,71	11:00
19,04	19,5	12:00
19,16	19,77	13:00
19,43	19,93	14:00
19,29	19,6	15:00
19,3	19,7	16:00
19,4	19,5	17:00
19	19,5	18:00

الملاحظ للرسومات البيانية المبينة في الشكلين (III-29) و(III-30)، يرى أن هناك تغير طفيف في قيمة التوتر في الفراغ بالنسبة للوحين الثابت والمتحرك خلال ساعات النهار وقيمته منخفضة قليلا بالنسبة للمتحرك مقارنة بالثابت وهذا راجع لارتفاع درجة حرارة هذا الأخير بالنسبة للثابت.



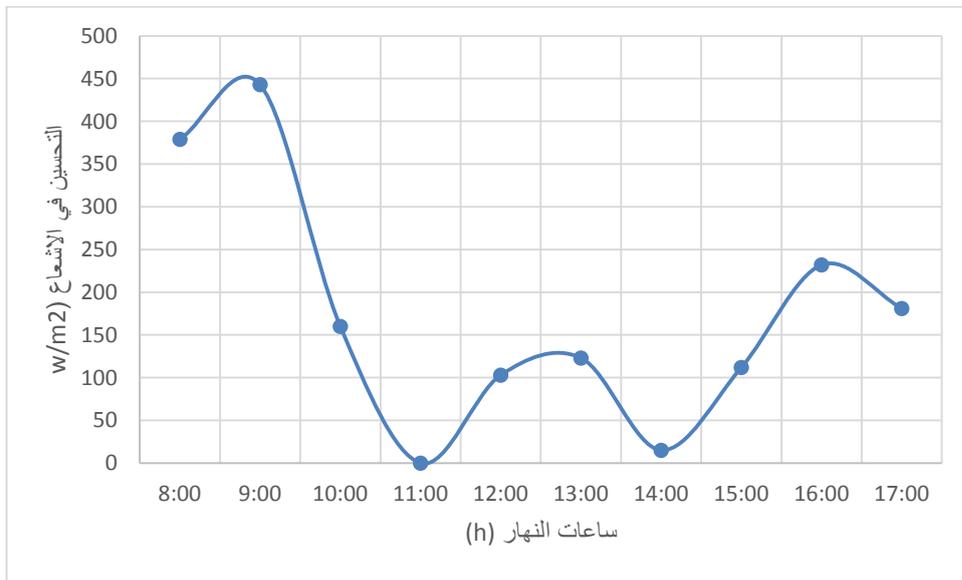
الشكل 29.III تغير قيم الجهد ليوم 2020/09/23



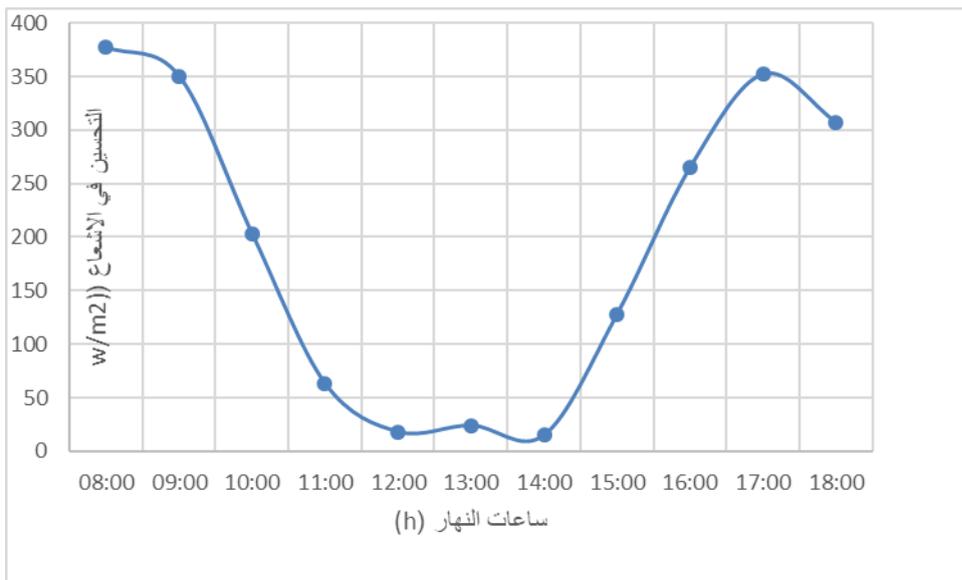
الشكل 30.III تغير قيم الجهد ليوم 2020/09/24

### III.5.4.8 التحسين في شدة الإشعاع:

واضح للعيان من خلال النتائج المعروضة سابقا بأن شدة الإشعاع على اللوح المتحرك أكبر بكثير في أغلب الأوقات منها على الثابت وهو الأمر المنشود من التجربة و الشكلين (III-31) و (III-32) حيث كان المعدل اليومي لزيادة شدة الإشعاع على اللوح المتحرك مقارنة بالثابت ليوم 2020/09/23 174.8 w/m<sup>2</sup>/h أي بنسبة 41.13 %. بينما بالنسبة ليوم 2020/09/24 فكانت 191.1 w/m<sup>2</sup>/h أي بنسبة 60.53 %.



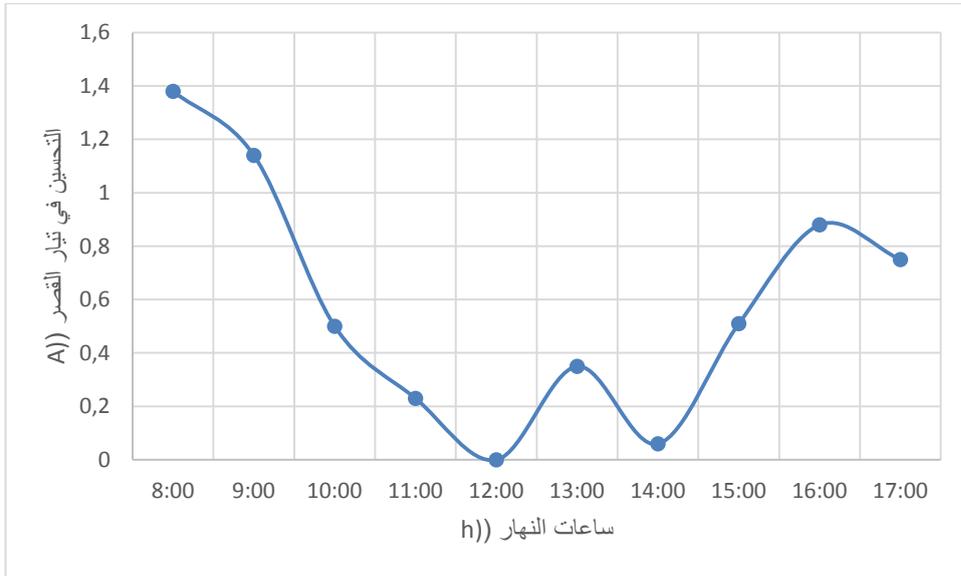
الشكل III.31 الزيادة في شدة الإشعاع ليوم 2020/09/23



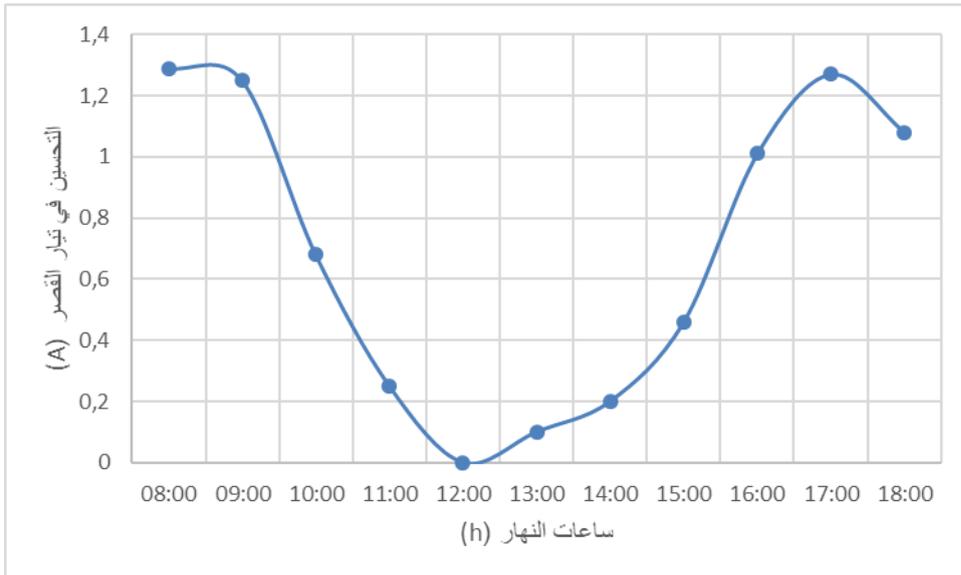
الشكل III.32 الزيادة في شدة الإشعاع ليوم 2020/09/24

### 6.4.8.III التحسين في شدة تيار القصر :

واضح من خلال النتائج المعروضة سابقا بأن شدة تيار القصر للوح المتحرك أكبر بكثير في أغلب الأوقات منها على الثابت وهو الأمر المنشود من التجربة و الشكلين (33-III) و(34-III) حيث كان المعدل اليومي لهذه الزيادة بالنسبة للوح المتحرك مقارنة بالثابت ليوم 2020/09/23  $0.58 \text{ A/h}$  أي بنسبة 42.72 % . بينما بالنسبة ليوم 2020/09/24 فكانت  $0.69 \text{ A/h}$  أي بنسبة 56.61 % .



الشكل 33.III الزيادة في شدة الإشعاع ليوم 2020/09/23



الشكل 34.III الزيادة في شدة الإشعاع ليوم 2020/09/24

### 9.III خاتمة:

في الفصل الثالث والأخير قمنا بتركيب ودراسة المتتبع الشمسي، وذلك من خلال إبراز جميع العناصر المكونة له، والذي يعتبر الجزء الإلكتروني الأكثر تقنية في الواقع لوجود أهم عنصر للتحكم في النظام وهو لوحة الأردوينو، دون أن ننسى المقاومات الضوئية وبرنامج التحكم. وأظهرت نتائج فعالة لآلية التتبع الشمسي.

الخاتمة العامة

## الخاتمة العامة

في نهاية بحثنا الذي قمنا في بدايته بتصميم متتبع شمسي ثنائي المحور ثم استعماله في تحسين أداء الألواح الشمسية الكهروضوئية. حيث توجه إهتمامنا في عملنا هذا إلى تحسين كفاءة الإشعاع الشمسي بتصميم وتركيب نظام التتبع الشمسي باستخدام أجهزة إلكترونية يمكن التحكم فيها (لوحة اردوينو)، بالإضافة إلى مستشعرات كهروضوئية .

تم التحقق تجريبيا من فعالية الجهاز في قدرته بتتبع موقع الشمس بنسبة كبيرة رغم وجود بعض الصعوبات:

✓ أسعار الاجهزة الإلكترونية باهضة الثمن

✓ عدم توفر أجهزة التلحيم

لتحقيق هدفنا تم إجراء عملية التجربة باستخدام لوح شمسي ثابت (كشاهد) ومتتبع شمسي ثنائي المحور، حيث تم إختيار يوم مفضل و القيام بالتجربة طيلة ساعات النهار، وتسجيل قيم الإشعاع الشمسي.

بعد تحليل ومقارنة نتائج التجربة المتحصل عليها، خلص البحث إلى تحقيق نتائج مرجوة من طرف المتتبع الشمسي الذي كان الهدف من هذه الدراسة حيث بلغت نسبة التحسين في شدة الإشعاع يوم 2020/09/24 60.63% بينما بالنسبة لتيار القصر فكانت 56.61%.

يمكن إجراء تعديلات أخرى على النظام وهذا حسب الطلب، بالإضافة أنه يمكن استخدامه في العديد من المجالات منها التجفيف والتقطير.....

كان المشروع فرصة ثمينة لنا للقيام بأعمال متعددة التخصصات، في مجال الإلكترونيات، البرمجة والطاقات المتجددة. وفي الأخير رغم الصعوبات التي واجهتنا في إنجاز العمل من ظروف الجائحة التي تمر بها البلاد والتي حتمت غلق الجامعات ووسائل النقل بين الولايات الأمر الذي صعب علينا التواصل جسديا والاكتفاء بالتواصل الافتراضي غير المتاح في بعض الأحيان خاصة في مناطق الظل ، إلا اننا تمكنا من انجازه وتقديمه.

في الأخير نوصي الباحثين بتعميم استعمال المتتبع الشمسي ثنائي المحور في مجالات مختلفة ويمكن تحسينه بإضافة أنظمة الحماية ضد التغيرات المناخية وجعلها مستقلة.

# قائمة المراجع

## قائمة المراجع

- [1] S. S. . T. Yaseen. H. Mahmood , Faris S.Atallah, “Fabrication and study of solar panel tracking system.pdf,” *Tikrit J. Pure Sci.*, 2018.
- [2] C. Jamroen, P. Komkum, S. Kohsri, W. Himananto, S. Panupintu, and S. Unkat, “A low-cost dual-axis solar tracking system based on digital logic design: Design and implementation,” *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 37, no. October 2019, p. 100618, 2020, doi: 10.1016/j.seta.2019.100618.
- [3] L. M. Fernández-Ahumada, J. Ramírez-Faz, R. López-Luque, M. Varo-Martínez, I. M. Moreno-García, and F. Casares de la Torre, “A novel backtracking approach for two-axis solar PV tracking plants,” *Renew. Energy*, vol. 145, pp. 1214–1221, 2020, doi: 10.1016/j.renene.2019.06.062.
- [4] م. ا. سوداني, “تحقيق عملي لمركز شمسي اسطواني مكافئ ذو غطاء زجاجي ، رسالة دكتوراه,” 2018.
- [5] K. Abderrahim, “Etude et Réalisation d’un Tracker solaire autopiloté Commande via une carte Arduino ,Mémoire master academique,” 2018.

- [6] R. Karfoul, “The calculation of the hourly direct solar radiation incident on tilted, horizontal and vertical surfaces in Lattakia city,” pp. 21–35.
- [7] <https://fr.wikipedia.org/wiki/>, “Fonctionnement d ’ une cellule photovoltaïque,” 2020. .
- [8] د. م. م. م. الخياط, “محطات مركزات الطاقة الشمسية,” pp. 1–10, 2010.
- [9] S. Khalfallaoui, “Comportement dynamique et automatisation d’un système solaire thermique muni d’un traqueur solaire,” 2009.
- [10] K. Ibtissem, “Etude , Conception et Réalisation d’un Suiveur de Soleil,” 2018.
- [11] R. Ahmed, “IMPROVEMENT OF EFFICIENCY FOR SOLAR Department of Electrical and Electronic Engineering,” 2010.
- [12] S. Mohamed and B. Abdellah, “Tracker solaire,” 2017.
- [13] T. U. S. Patent and R. H. Dold, “2. literature review,” no. 0215199, 2007.
- [14] T. Titirsha, A. R. M. Siddique, F. Afrin, S. Sanjidah, and A.

Rabbani, “Introducing dual axis solar tracker with reflector to increase optimal electricity generation in Bangladesh,” *Proc. 2014 3rd Int. Conf. Dev. Renew. Energy Technol. ICDRET 2014*, no. May, 2014, doi: 10.1109/icdret.2014.6861677.

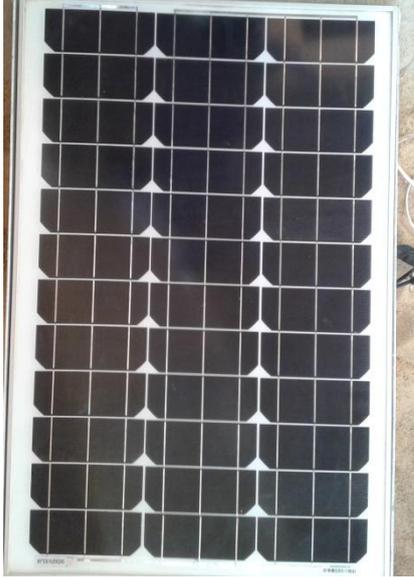
[15] D. Utilisations, B. Tension, and B. Tension, “Relais électromécanique,” 2018.

---

# قائمة الملاحق

الملاحق

الملحق 01:



Jewel Solaire	
SHENGFA	
Réf:5150-003 Electrical Characteristics	
Module Type :	50M(36)
Maximum Power :	50W(WP)
Tolerance :	±3%
Voltage at Pmax(Vmp) :	17.98V
Current at Pmax(Imp) :	2.78A
Open-circuit Voltage(VOC) :	21.87V
Short-circuit Current(ISC) :	3.04A
Size 830*540*28MM	
Weight 6 KG	
Cells 36Pcs, 156*63 Monocrystalline silicon	
Max. System Operating Voltage 1000(V)	
Maximum over-current protection rating 10A	
Module Addication Class A	
Standard Test Condition 1000W/m <sup>2</sup> , AM1.5, 25°C	
WARNING! ELECTRICAL HAZARD This unit produces electrical power when exposed to light. Cover glass before opening terminal junction box.	
ISO IEC 60067 CE	

الشكل 01: البطاقة التقنية للوح الشمسي

## المخلص

تعتبر الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقات المتجددة المستخدمة بكثرة، ولتحسين أداء الألواح الشمسية و رفع قدرتها من الاستفادة قدر الإمكان من الأشعة الشمسية، قمنا في عملنا هذا بتصميم متتبع شمسي لضمان انتاج طاقة كهربائية اكبر للخلايا الشمسية المتحركة مقارنة بالألواح الثابتة. يتألف نظامنا من هيكل معدني مع محركات ذات تيار مستمر، مستشعرات ضوئية لقياس شدة الإشعاع بالإضافة إلى لوحة تحكم إلكترونية (أردوينو) للتحكم في حركة الجهاز وتوجيهه حسب أشعة الشمس، أظهرت عملية التجربة نتائج ممتازة.

**الكلمات المفتاحية:** الطاقة الشمسية، متتبع شمسي، مستشعرات ضوئية، لوحة أردوينو، كفاءة اللوح الشمسي.

## Abstract

Solar energy is one of the most important renewable energy sources that are used frequently. To improve the performance of solar panels and raise their ability to benefit as much as possible from solar radiation, we have in our work designed a Bi-axial solar tracker to ensure the production of more electrical energy for mobile solar cells compared to fixed one. Our system consists of a metal structure with DC motors, optical sensors to measure the intensity of radiation in addition to an electronic control panel (Arduino) to control the movement of the device and direct it according to the sun's rays, the experiment showed excellent results

**Keywords:** Solar energy, solar tracker, LDR, Arduino, Efficiency of solar panel

## Résumé

L'énergie solaire est l'une des sources les plus importantes d'énergie renouvelable fréquemment utilisées. Pour améliorer les performances des panneaux solaires et augmenter leur capacité à bénéficier au maximum du rayonnement solaire, dans notre travail, nous avons conçu un tracker solaire pour assurer la production de plus d'énergie électrique pour les cellules solaires mobiles par rapport aux panneaux fixes. Notre système se compose d'une structure métallique avec des moteurs à courant constant, des capteurs optiques pour mesurer l'intensité du rayonnement, en plus d'un panneau de commande électronique (Arduino) pour contrôler le mouvement de l'appareil et le diriger en fonction des rayons du soleil, le processus d'expérience a montré d'excellents résultats

**Mots clés:** Énergie solaire, tracker solaire, capteurs optiques, carte Arduino.