رقم الترتيب:

رقم التسلسل:

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية العلوم الدقيقة

قسم الفيزياء

مذكرة تخرج لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

تخصص: فيزياء تطبيقية إشعاع و طاقة

من إعداد:

تركية سعداوي - أميرة فريال فرطاس

الموضوع

دراسة كفاءة منظومة الليزر الشمسي باستعمال المركز الشمسي خارج المحور

نوقشت يوم:2020/09/28

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأستاذة:

ضو جمال	أستاذ التعليم العالي	رئيسا	جامعة الوادي
رحومة فرحات	أستاذ التعليم العالي	مناقشا	جامعة الوادي
محلو السعيد	أستاذ محاضر- أ -	مؤطرا	جامعة الوادي

الموسم الجامعي: 2020/2019

المذكرة انجزت بمخبر استغلال وتثمين المصادر الطاقوية الصحراوية (LEVRES)

إهداء

إلى من جرع الكأس فارغاً ليسقيني قطرة حب

إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم

إلى القلب الكبير (والدي العزيز)

إلى رمز الحب وبلسم الشفاء

إلى القلب الناصع بالبياض (والدتي الحبيبة)

إلى النفوس البريئة و رياحين حياتي (ريان، فتيحة، كريمة)

إلى اخي الغالي رعاه الله (السعيد)

إلى كل من تجمعني بهم صلة رحم و صداقة

إلى رفيقة دربي (أميرة)

إلى من أحبهم قلبي و لم يذكرهم لساني و نسيهم قلمي و لم آت على ذكرهم.

تركية

الإهداء

إلى من بلغ الرسالة و أدى الأمانة...ونصح الامة...الى نبي الرحمة ونور العالمين سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم

إلى من اثقلت الجفون سهرا... وحملت الفؤاد هما...وجاهدت الأيام صبرا... وشغلت البال فكرا...ورفعت الايادي دعاءا...وأيقنت بالله املا...حفظها الله وأطال في عمرها " أمي الحبيبة"

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار...إلى من يعجز لساني عن وصف جميله...إلى من أحمل اسمه بكل افتخار...أرجو من الله أن يمد في عمرك "أبي الغالي" أدامه الله لي

كما أهدي هذا العمل

إلى من عشت معهم و تقاسمنا أحلى الأيام وأمرها الى من هم أثمن و أجمل ما في هذه الدنيا

أخواتي شهد وآمنة جيهان وملاك وأتمنى لكم مشوار دراسي موفق

وأخي الغالي عبد الرحمان حفظك الله و أنار لك درب العلم في مشوارك الدراسي

إلى كل الأقارب كبيرا و صغيرا وأخص بالذكر جدتي الغالية "حورية "أطال الله في عمرك وخالتي جمعة وعمتي حورية.

إلى الاخوات التي لم تلدهن أمي...إلى من تحلوا بالإخاء و تميزوا بالوفاء والعطاء إلى ينابيع الصدق الصافي إلى من معهم سعدت وبرفقتهم في دروب الحياة الحلوة والحزينة سرت

إلى من كانوا معي على طريق النجاح والخير صديقاتي سمية، ضاوية وخولة

إلى رفيقة دربي التي تذوقت معها أجمل اللحظات الى صديقتي " تركية "

إلى أساتذتي الكرام الذين رافقوني طيلة مشواري الدراسي لكم كل التبجيل و التوقير

أميرة

الشكر والعرفان

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين سيدنا محمَّد وعلى آله وصحبه ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين، وبعد ..

بداية أتقدم بالشكر إلى استاذ المشرف محلو السعيد لتأطيره و إشرافه على إنجاز هذه المذكرة كمانتقدم بالشكر الخاص إلى أعضاء اللجنة المناقشة:

رئيس اللجنةجمال ضو وكذلك الأستاذ فرحات رحومة مناقشا

كما يسرني أن أوجه شكري لكل من نصحني أو أرشدني أو وجهني أو ساهم معي في إعداد هذه المذكرة و في مقدمتهم الدكتور ياسر عبد الفتاح عبد الهادي على ماقدمه لي من علم وارشاد مستمر نافع وعطاء متميز.

فهرس المحتويات

إهداء I

شكر وعرفان..... III

فهرس المحتويات..... VIII

فهرس الأشكال..... VVIII

فهرس الجداول..... X

قائمة الرموز..... XI

قائمة المصطلحات..... XII

مقدمة عامة..... 2

الفصل الأول: دراسة تحليلية للإشعاع الشمسي

1.1 مقدمة:..... 4

2.1 الإشعاع الشمسي: 4

1.2.1 تعريف الإشعاع الشمسي:..... 4

2.2.1 التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي:..... 4

3.2.1 أنواع الإشعاع الشمسي:..... 5

1.3.2.1 الإشعاع المتناثر أو المشتت (D_h): 5

2.3.2.1 الإشعاع المباشر(I_h): 6

3.3.2.1 الإشعاع الكلي: 7

3.1 مقادير فيزيائية متعلقة بالإشعاع الشمسي: 8

1.3.1 الثابت الشمسي ($\mathbf{E_0}$): 8

2.3.1 الزوايا الشمسية:..... 8

1.2.3.1 زاوية ميل الشمس (δ): 9

2.2.3.1 زاوية الارتفاع الشمس(h) : 10

3.2.3.1 زاوية دائرة العرض Φ: 10

4.2.3.1 زاوية خط الطول L: 10

5.2.3.1 زاوية السمت الشمسي a:..... 11

6.2.3.1 زاوية سمت الرأس Z: 11

7.2.3.1 زاوية الساعة الشمسية(ω): 12

4.1 التوقيت الشمسي Tvs والتوقيت المحلي TL: 13

5.1 العوامل المؤثرة في شدة الإشعاع الشمسي: 14
1.5.1 المسافة الواصلة بين الأرض والشمس(D_{T-S}): 14
2.5.1 الغلاف الغازي و زاوية سقوط الأشعة: 15
3.5.1 حركة الأرض حول نفسها و حول الشمس: 15
6.1 تقديرات إحصائية للإشعاع الشمسي: 17
1.6.1 أهمية تحديد أماكن كثافة الطاقة الشمسية المنبعثة: 17
2.6.1 الطاقة الشمسية في الجزائر: 18
7.1 خاتمة: 19

الفصل الثاني: تقنيات التركيز الشمسي

1.2 مقدمة: 21
2.2 نبذة تاريخية: 21
3.2 المجمعات الشمسية المركزة: 23
1.3.2 مفهوم المركزات الشمسية: 23
2.3.2 أنواع المركزات الشمسية: 23
1.2.3.2 مركزات البؤرة النقطية: 23
1.1.2.3.2 الأبراج الشمسية مجمع مستقبل مركزي(HFC): 23
2.1.2.3.2 صحن القطع المكافئ (CDR): 24
2.2.3.2 مركزات خطية: 25
1.2.2.3.2 حوض القطع المكافئ (PTC): 25
2.2.2.3.2 عدسة فرينل (FC): 25
3.3.2 مبدأ عمل المركزات الشمسية: 26
4.3.2 دراسة نظرية للمركز الشمسي ذو القطع المكافئ: 26
1.4.3.2 زاوية سقوط الأشعة الشمسية θ: 27
2.4.3.2 طول حوض القطع المكافئ(الارتفاع)h: 28
3.4.3.2 نصف قطر القطع المكافئ p: 28
5.4.3.2 طول قوس القطع المكافئ S: 29
6.4.3.2 مساحة فتحة القطع المكافئ : 30
7.4.3.2 نسبة التركيز الهندسي c: 30
8.4.3.2 المردود الضوئي η_{optiqu}: 31

4.2 مزايا و عيوب المجمعات الشمسية المركزة: 32
5.2 خاتمة: 33

الفصل الثالث": نتائج المحاكاة ومناقشها

1.3 مقدمة: 35
2.3 هندسة المُركِّز خارج المحور: 35
3.3 محاكاة المُركِّز خارج المحور: 38
1.3.3 نمذجة نظام التركيز الشمسي باستعمال البرنامج ZEMAX: 39
1.1.3.3 البرنامج ZEMAX: 39
1.1.1.3.3 منبع الطاقة الشمسية: 39
2.1.1.3.3 المركزات الشمسية: 40
3.1.1.3.3 الكاشف الضوئي: 43
2.3.3 محاكاة تشكيل المُركِّز خارج المحور: 45
3.3.3 نتائج محاكاة: 46
4.3.3 تحليل نتائج المحاكاة: 49
4.3 خاتمة: 49
خاتمة عامة 51
قائمة المراجع 53

فهرس الأشكال

الشكل (1.1): مجال طيف الإشعاع الشمسي 5
الشكل (2.1): تأثير الغلاف الجوي على شدة الإشعاع الشمسي..... 5
الشكل (3.1): صورة لجهاز مايكلسون الذي يقيس الإشعاع المباشر..... 7
الشكل (4.1): مختلف أنواع الإشعاع. 7
الشكل (5.1): الثابت الشمسي بدلالة اليوم من السنة E_o..... 8
الشكل (6.1): رسم تخطيطي لوضعية الشمس. 9
الشكل (7.1): تغيرات زاوية الميل بدلالة أيام السنة..... 9
الشكل (8.1): الإحداثيات الأفقية..... 11
الشكل (9.1): زاوية السمت الرأسي Z و السمتA..... 12
الشكل (10.1): الزاوية الشمسية..... 13
الشكل (11.1): حركة الأرض حول الشمس. 15
الشكل (12.1): حركة الأرض حول نفسها 16
الشكل (13.1): التغير الفصلي لمدة الليل و النهار..... 17
الشكل (14.1): شدة الإشعاع الشمسي المباشر اليومي لجويلية 2001 (KWH/M^2) في الجزائر 18

الشكل (1.2): فريسكو (1600-1955) في معرض أوفيزي، بفلورنسا أظهر جويلو باريجي أشعة ارخميدس المدمرة..... 21
الشكل (2.2): العالم أوجستن موشت..... 22
الشكل (3.2): حوض قطع مكافئ لإدارة نظام ضخ في مصر. 22
الشكل (4.2): مركز البرج الشمسي..... 24
الشكل (2. 5): رسم تخطيطي لطبق القطع المكافئ. 24
الشكل (6.2): عدسة فرينل العاكسة 25
الشكل (7.2): رسم تخطيطي لظاهرة الانعكاس 26
الشكل (8.2): متغيرات القطع المكافئ..... 27
الشكل (9.2): منحني معادلة القطع المكافئ..... 27
الشكل(10.2): زاوية السقوط 28
الشكل (11.2): العلاقة بين زاوية الفتحة و البعد البؤري..... 29
الشكل (12.2): قيم التركيز الشمسي..... 30
الشكل (13.2): تمثيل لتركيز الأشعة الشمسية. 32

الشكل (1.3): منظومة تجميع وتركيز الإشعاع الشمسي. 35
الشكل (2.3): تشكيل المركز خارج المحور..... 36
الشكل (3.3): هندسة المركز خارج المحور..... 36
الشكل (4.3): نافذة المنابع في برنامج ZEMAX..... 39
الشكل (5.3): المنبع الذي يمثل مصدر الطاقة الشمسية، "SOURCE ELLIPSE". 40

الشكل (6.3): نافذة الإحداثيات والخصائص في برنامج ZEMAX. 40
الشكل (7.3): نافذة المركزات في برنامج ZEMAX. 41
الشكل (8.3): المركز الشمسي ذو القطع المكافئ "ASPHERIC SURFACE". 41
الشكل (9.3): المركز الشمسي بعدسة فرينل "FRESNEL LENS". 42
الشكل (10.3): نافذة الإحداثيات والخصائص في برنامج ZEMAX للمركز ذو القطع المكافئ، "ASPHERIC SURFACE". 42
الشكل (11.3): نافذة الإحداثيات والخصائص في برنامج ZEMAX للمركز بعدسة فرينل، " FRESNEL LENS". 43
الشكل (12.3): الكاشف الضوئي في بؤرة المركز، "RECTANGULAR DETECTOR". 43
الشكل (13.3): صورة تمثل توزيع الطاقة المركزة وكذلك قيمتها الكلية في بؤرة المركز ذو القطع المكافئ. 44
الشكل (14.3): نافذة الإحداثيات والخصائص في برنامج ZEMAX. 44
الشكل (15.3): المركز الشمسي خارج المحور (اللون الأحمر) ببعد بؤري قريب "CONCENTRATOR OFF - AXIS". 45
الشكل (16.3): نافذة الإحداثيات والخصائص في برنامج ZEMAX للعناصر التي من خلالها يشكل المركز الشمسي خارج المحور. 45
الشكل (17.3): المركز الشمسي خارج المحور (اللون الأحمر) ببعد بؤري بعيد " CONCENTRATOR OFF – AXIS". 46
الشكل (18.3): صورة تمثل توزيع الطاقة المركزة وكذلك قيمتها الكلية في بؤرة المركز خارج المحور يجسدها الكاشف الضوئي. 46
الشكل (19.3): صورة تمثل توزيع الطاقة المركزة وكذلك قيمتها الكلية في بؤرة المركز ذو القطع المكافئ يجسدها الكاشف الضوئي. 47
الشكل(20.3): منظومة تجميع وتركيز الإشعاع الشمسي باستعمال برنامج ZEMAX (مرآة مسطحة ومركز ذو قطع مكافئ). 48
الشكل(21.3): صورة تمثل توزيع الطاقة المركزة وكذلك قيمتها الكلية في بؤرة المركز ذو القطع المكافئ وباستعمال مرآة مسطحة يجسدها الكاشف الضوئي. 48

فهرس الجداول

الرقم	الجدول	الصفحة
الجدول (1.1)	قيم ثابت التجرب.	**6**
الجدول (2.1)	قيم الثوابتA.B.C.	**6**
الجدول (3.1)	مدة الفصول في نصف الكرة الأرضية الشمالي.	**16**
الجدول (4.1)	القدرة الشمسية الموجودة في الجزائر.	**18**
الجدول (1.2)	مزايا و عيوب المركزات الشمسية.	**32**
الجدول (1.3)	النتائج المسجلة للطاقة الشمسية المركزة (الاستطاعة) لمنظومات تجميع وتركيز الإشعاع الشمسي.	**48**

قائمة الرموز

الرمز	المقدار الفيزيائي	الوحدة الدولية
λ	طول الموجة	$[m\ ]$
T	درجة الحرارة	[C°]
D_h	شدة الإشعاع المنتشر	$[w/m^2]$
I	شدة الإشعاع المباشر	$[w/m^2]$
G_h	شدة الإشعاع الكلي	$[w/m^2]$
Nj	رقم اليوم من السنة	يوم
D_{T-S}	البعد بين الأرض و الشمس	[UA]
E_o	الثابت الشمسي	$[w/m^2]$
I_o	شدة الإشعاع الشمسي	$[w/m^2]$
δ	زاوية ميل الشمس	[°]
Z	زاوية سمت الرأس	[°]
H	الإرتفاع الشمسي	[°]
L	زاوية خط الطول	[°]
A	زاوية السمت الشمسي	[°]
Ω	زاوية الساعة الشمسية	[°]
Tvs	التوقيت الشمسي الرئيسي	[h]
TL	التوقيت المحلي	[h]
Et	التصحيح الزمني	[h]
f	البعد البؤري للقطع المكافئ	$[\ m]$
h	ارتفاع القطع المكافئ	$[\ m]$
d	قطر القطع المكافئ	$[\ m]$
p	نصف قطر القطع المكافئ	$[\ m]$
Ψ	زاوية الفتحة	[°]
S	طول القوس للقطع المكافئ	$[\ m]$
As	مساحة الفتحة القطع المكافئ	$[m^2]$
c_g	نسبة تركيز الهندسي القطع المكافئ	
A_{abs}	مساحة فتحة السطح المستقبل	$[m^2]$
A_{ref}	مساحة فتحة السطح العاكس	$[m^2]$
$\eta_{optique}$	المردود الضوئي	
Q_{abc}	يمثل تدفق الإشعاع الشمسي الواصل على سطح المستقبل	[W]
Q_{ref}	يمثل تدفق الإشعاع الشمسي الوارد على سطح العاكس	[W]

قائمة المصطلحات

قطع مكافئ	Parabolic through
هيليوستات	Hiliostat
طبق	Dish
مصدر ضوئي	Source
عدسة فرينل	Fresnal lens

مقدمة عامة

مقدمة عامة

تعتبر الطاقة الشمسية هي المصدر الرئيسي والهام الذي يمد الأرض بالطاقة، تقوم فيه الشمس بإمداد الأرض بطاقة تزيد عن إجمالي احتياجات العالم من الطاقة بنحو 5000مرة فالأرض [1] تستقبل معدل طاقة متوسطة قدرها 21.4 kW/m، من أجل سطح عمودي على اتجاه الأرض [2].

في إطار التنمية المستدامة يتم استغلال الطاقة المنبعثة من الشمس كمصدرطاقوي بديل، كما توجد العديد من الحقائق عن الطاقة الشمسية التي تقيم إمكانياته اللازمة لتلبية احتياجات الإنسان من كهرباء وحرارة في ايطاراستبدال الوقود الأحفوري بالمحطات الحرارية التقليدية لإنتاج الكهرباء بالطاقة الحرارية المنتجة من تركيز الإشعاع الشمسي [1] لذلك حاول الإنسان منذ القدم الاستفادة من الإشعاع الشمسي مباشرة ولكن بشكل محدود في تطبيقات عديدة كالتجفيف والتدفئة [3].

منذ سنة 200 قبل الميلاد وصف عالم الرياضيات الفيزيائي المخترع اليوناني ارخميدس فكرة الألواح العاكسة لتركيز الشمس،ليشهد العالم نموا كبيرا لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية ثم ليبدأ التشغيل والعمل بأكبر محطة في العالم بكالفورنيا سنة 2014 بقدرة تصل [1] 392Mw، حيث تستخدم أنظمة المركزات الشمسية تركيبة من المرايا أو العدسات، والتركيز الإشعاعي يمكن أن يكون في نقطة أو خط بحسب الاستخدام ونوع التطبيق المعمول به وذلك بغية إنتاج أشكال مفيدة من الطاقة مثل الحرارة والكهرباء وغيرها من التطبيقات الأخرى.

بفضل البحث العلمي والمعرفي في مجال الطاقة الشمسية وآليات تحويلها خاصة في مجال إنتاج الليزر الشمسي والذي يتم فيه توليد أشعة الليزر بواسطة وسيلة ضخ تتمثل في تركيز أشعة الشمس وتوجيهها نحو الوسط الفعال، والذي هو أحد مشاريع الأبحاث العلمية الجديدة وهو ما تم التطرق إليه في هذه المذكرة تحت عنوان "دراسة كفاءة منظومة الليزر الشمسي باستعمال المركز الشمسي خارج المحور"، سعى العلماء إلى الحصول على اكبر استطاعة ليزر انطلاقا من الاستطاعة الشمسية المركزة على مستوى بؤرة المجمع الشمسي وذلك انطلاقا من التقليل من الضياعات على مستوى رأس الليزر وكذلك منظومة تجميع وتركيز الطاقة الشمسية المستعملة لتحفيز الوسط الليزري، هذا الأخير هو موضوع الدراسة في هذا البحث وذلك بتعويض عنصري تجميع وتركيز الطاقة الشمسية (التجميع: المرآة المسطحة، التركيز: عدسة فرينل أو مركز ذو القطع المكافئ) بعنصر وحيد يؤدي دوري التجميع والتركيز يسمى بالمركز خارج المحور وبهذا نخفض من الضياعات الناتجة عن منظومة تجميع وتركيز الطاقة الشمسية ومن خلال ما ذكر سابقا تم هذا العمل على المنهج التالي والملخص في هذه المذكرة تحت ثلاث فصول مرتبة بالشكل التالي:

الفصل الأول: يتم فيه التعرف على الإشعاع الشمسي وخصائصه إضافة إلى إعطاء جملة من المقادير الفيزيائية المتعلقة بالإشعاع وكذا تقديرات إحصائية للطاقة الشمسية المنبعثة.

الفصل الثاني: يكون محور دراسته حول معرفة المركزات الشمسية وهندستها البنيوية وأنواعها إضافة إلى مبدأ عملها وأهم ما يميزها.

الفصل الثالث: من خلاله تكون الدراسة النظرية للمركز خارج المحور ثم تصميم هذا الأخير محاكاتيا باستعمال البرنامج زيماكس.

الفصل الأول

دراسة تحليلية للإشعاع الشمسي

1.1. مقدمة:

إن اعتبار الشمس نجم ملتهب تجري فيه العديد من الانفجاريات النووية بشكل مستمر ودائم، فهذه الانفجارات تستمر بنشر الطاقة لتصل إلى الأرض على شكل إشعاع الشمسي يجعل الإنسان يتوجه إلى الحاجة إلى الاستغلال الأمثل للطاقة المنبعثة منه والاستفادة منها في مختلف المجالات.

حيث سنشرح في هذا الفصل مفهوم الإشعاع الشمسي وأنواعه وبعض المقادير الفيزيائية التي تميزه وأخيرا سنعرج لائحة لتقديرات إحصائية للإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض.

2.1 الإشعاع الشمسي:

تعتبر الشمس أحد النجوم متوسطة الحجم، ويتم إنتاج الطاقة الشمسية عن طريق تفاعلات الاندماج النووي، حيث يتحول الهيدروجين إلى هيليوم وتتواجد بصورة بلازما ويبلغ قطرها $1.39x10^9$m وتبعد عن الأرض $1.5x10^{11}$ m، وتبلغ درجة حرارة الغلاف الشمسي 5777k وتتراوح درجة حرارة المناطق الداخلية بين $8x10^6$ k و $40\ x10^6$ k [2].

تستغرق الشمس في دورانها حول محورها 30 يوما بالنسبة للمناطق القطبية، بينما تستغرق دورة الشمس للمناطق القريبة من خط استواء مدة 27 يوما، ويعود هذا الاختلاف لكون جسم الشمس ليس بصلب [2].

1.2.1 تعريف الإشعاع الشمسي:

يعرف الإشعاع الشمسي على أنه إشعاع كهرومغناطيسي تبثه الشمس ويدعى أيضا الإشعاع قصير الطول الموجي، فهو عملية نقل الطاقة بواسطة فوتونات دون الحاجة إلى وسيط أو تماس مع المصدر المشع [4].

وخلال أيام السنة تعطى علاقة التصحيح للثابت الشمسي [2]بالعلاقة التالية:

$$I= I_0[1+0.034 \cos [(\frac{360}{365}\ (Nj\text{-}2))]] \qquad (1.1)$$

I_0: شدة الإشعاع الشمسي المباشر

Nj: عدد الأيام في السنة.

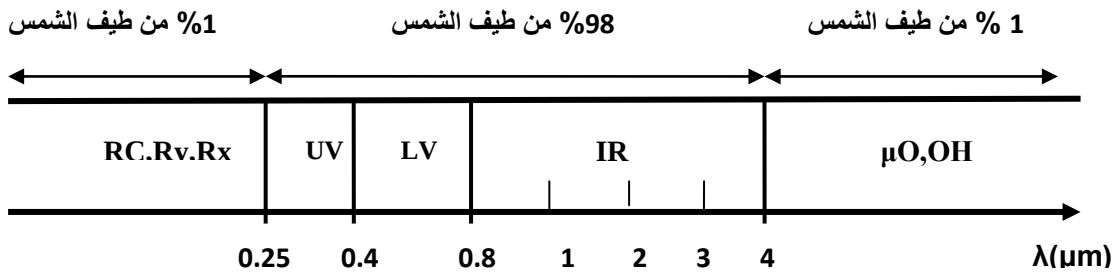
2.2.1 التوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي: طيف الشمس يمثل التوزيع الطيفي بدلالة الطول الموجي أو التواتر وذلك لارتباط طاقة الفوتون بالطول الموجي أو التردد.

حيث تكون 98% من طاقة الإشعاع ضمن أطوال الموجات$\lambda\epsilon[0.25,0.4]$ µm ،بينما نجد 1% من الطاقة تحت هذا المجال و 1% فوق هذا المجال كما هو مبين في الشكل (1.1) أدناه[5،6، 7].

$\lambda\epsilon[0.25,0.4]$ µm المجال فوق البنفسجي و يمثل % 7 من الطاقة المنبعثة من الشمس.

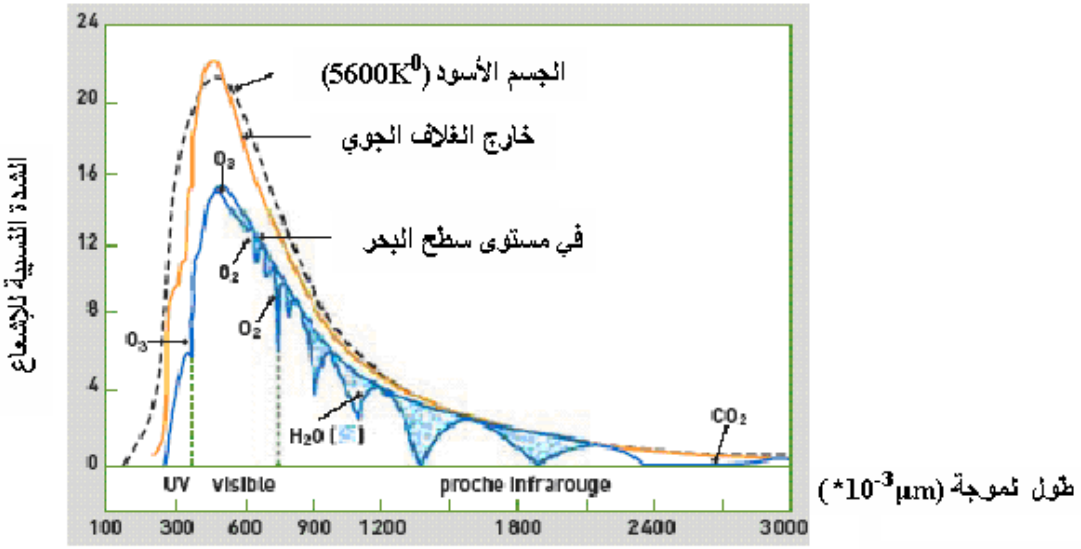
$\lambda\epsilon[0.4,0.8]$ µm المجال المرئي و يمثل % 47.5 من الطاقة المنبعثة من الشمس.

$\lambda\epsilon[0.8,4]$ µm المجال تحت الاحمر و يمثل % 45 من الطاقة المنبعثة من الشمس.



الشكل(1.1): مجال طيف الإشعاع الشمسي [7].

في حين يكون الطيف الشمسي خارج منظومة الغلاف الجوي عبارة عن جسم أسود تحت درجة حرارة T=5600K في المجال $\lambda\epsilon[0.25,4]$ µm، بينما يصل إلى سطح الأرض بعد بعض الإمتصاصات من قبل مختلف الغازات وبخار الماء داخل الغلاف الجوي[7] كما يبينه الشكل(2.1):



الشكل (2.1): تأثير الغلاف الجوي على شدة الإشعاع الشمسي [8].

3.2.1 أنواع الإشعاع الشمسي:

1.3.2.1 الإشعاع المتناثر أو المشتت (D_h):

هو الإشعاع الشمسي المنتشر عند عبوره الجو بواسطة جزئيات الهواء والجسيمات العالقة، والإشعاع الشمسي المنتشر ليس معدوم في الليل.

حين تكون السماء ملبدة بالغيوم بحيث لا تخترقها الأشعة المباشرة فإن كل الإشعاع المتوفر حينئذ هو إشعاع منتشر وفي أيام الصحو حيث لا غيوم ولا عواصف ترابية أو رملية فإن كمية الإشعاع المنتشر تكون قليلة [9].

$$D_h = E.(\sin h)^{0.4} \qquad (2.1)$$

h: زاوية إرتفاع الشمس

والجدول التالي يوضح قيمة ثابت التجربة E التي تعتمد على طبيعة السماء والتي تأخذ القيم التالية:

الجدول (1.1): قيم ثابت التجربة.

سماء صافية جدا	E= (3/4).125
لظروف طبيعية من سماء صافية	E= 125
سماء في حالة غبار و ضباب	E= (4/3).125

2.3.2.1 الإشعاع المباشر(I_h):

يعرف الإشعاع المباشر على أنه الإشعاع الآتي من قرص الشمس فهو معدوم عندما تحجب أشعة الشمس بواسطة السحب.

وتعطى علاقة حساب الإشعاع المباشر بالعبارة التالية:

$$I_h = A.\exp\frac{-1}{B.\sin(h+c)} \qquad (3.1)$$

h : زاوية الإرتفاع الشمسي

حيث الجدول التالي يوضح قيم A، B، C التي تمثل ثوابت التجربة التي تعتمد على طبيعة السماء، والتي تأخذ القيم التالية:

الجدول (1.2): قيم الثوابتA.B.C [10].

سماء صافية جدا	C=1	B=6	A=1210
ظروف طبيعية من سماء صافية	C=1.6	B=3.8	A=1230
سماء في حالة غبار و ضباب	C=3	B=2.3	A=1260

الشكل (3.1): صورة لجهاز مايكلسون الذي يقيس الإشعاع المباشر[4].

3.3.2.1 الإشعاع الكلي:

هو مجموع كل من الإشعاع المباشر والمنتشر الساقطين على مستوي أفقي [4،7،9] كما في الشكل (1.0) والمعطى بالعلاقة التالية:

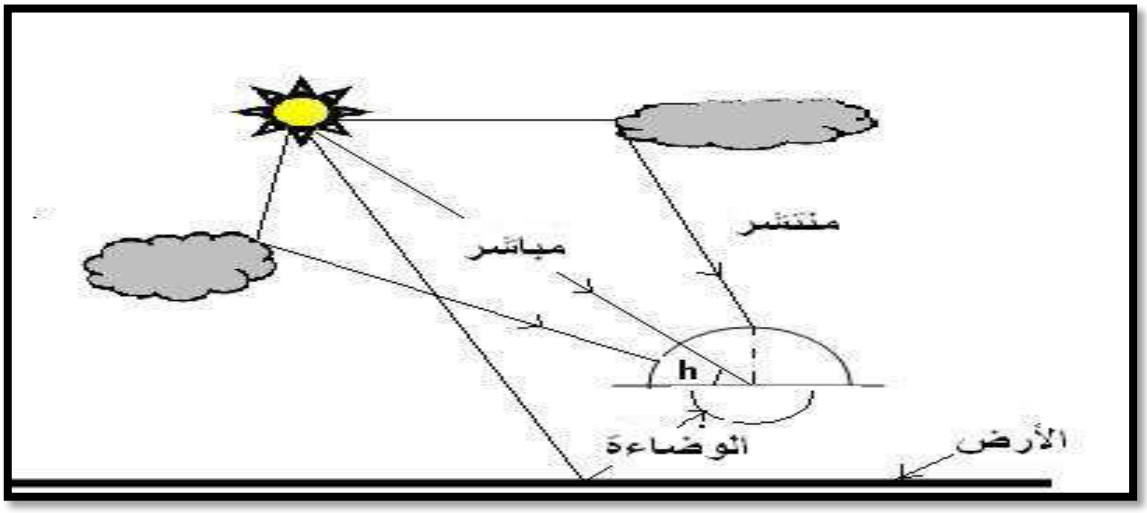
$$G_h = I_h . \sin h + D_h \qquad (4.1)$$

I_h: الإشعاع المباشر.

D_h: الإشعاع المنتشر من السماء.

h: زاوية الإرتفاع الشمسي.

يعرف أيضا التدفق المنعكس بواسطة الأرض أو انعكاس الضوء المنتشر من الأرض باسم (Albédo) الوضاءة [11].



الشكل (4.1): مختلف أنواع الإشعاع [12].

3.1 مقادير فيزيائية متعلقة بالإشعاع الشمسي:

1.3.1 الثابت الشمسي (E_0):

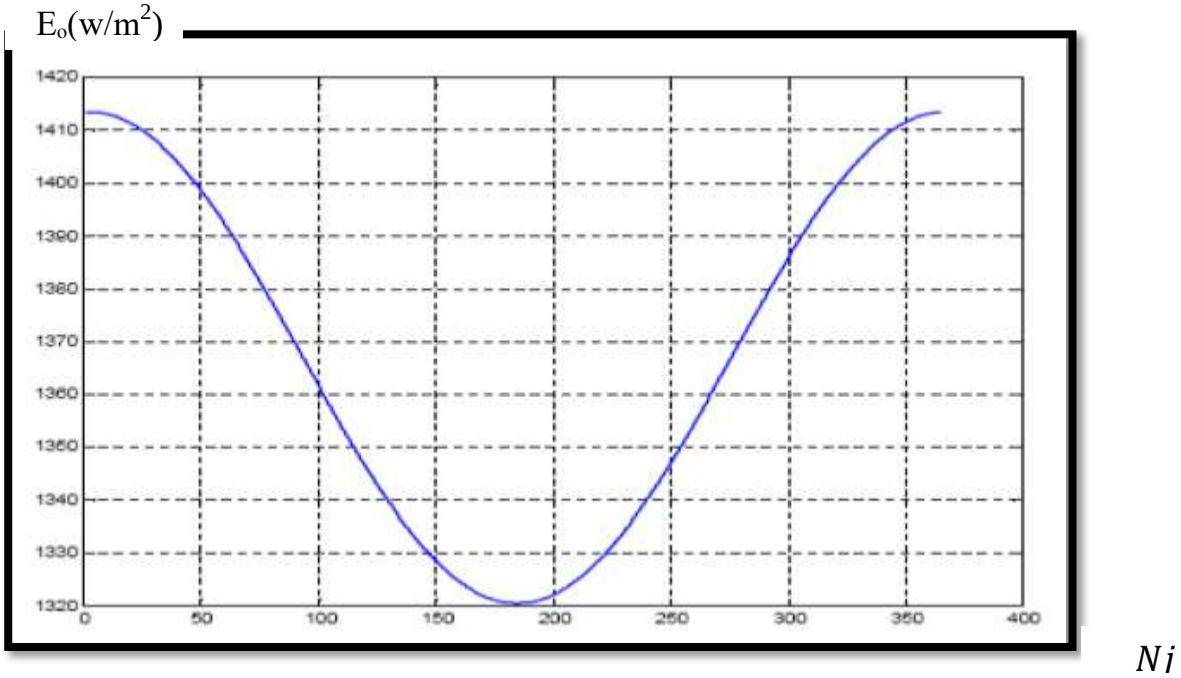
هو كمية الإشعاع الشمسي الساقط بشكل متساوي في كل الاتجاهات على وحدة المساحة لسطح ما، شرط أن يكون هذا السطح غير معرض للظل، حيث لا يصل بشكل مباشر إلى الأرض بل يكون منتشرا بسبب الجزيئات والذرات المتواجدة في الغلاف الجوي.

هذا المفهوم مدرج ضمن أن المسافة بين الأرض والشمس على قيمتها المتوسطة خلال السنة تقدر بـ: $(1.5x10^8\ km)$، والقيمة المتوسطة للثابت الشمسي تقدر ب $E_0=1367W/m^2$ [13،5].

يحسب الإشعاع الشمسي انطلاقا من المعادلة التالية:

$$I_0=E_0[1+0.033\cos(\frac{360}{365}Nj)] \qquad (5.1)$$

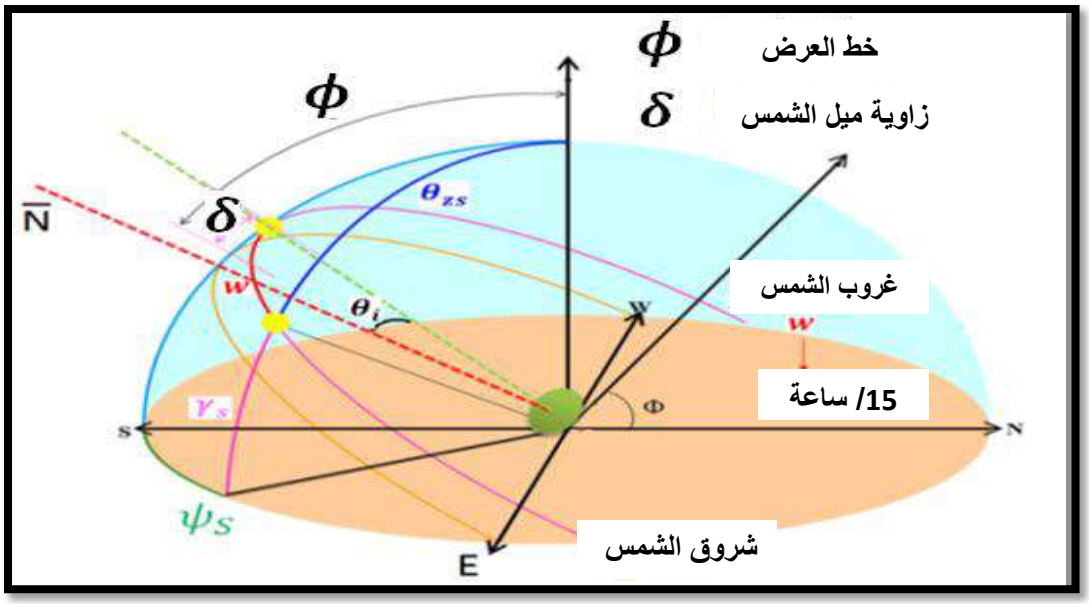
و الثابت الشمسي بدلالة أيام السنة كما موضح في الشكل(1.0)، حيث نلاحظ أن شدة الإشعاع الشمسي تكون أعظمية عند الأيام الأولى من شهر جانفي والأيام الأخيرة من شهر ديسمبر[8].



الشكل (5.1): الثابت الشمسي بدلالة اليوم من السنة [8].

2.3.1 الزوايا الشمسية:

تؤثر زاوية سقوط الأشعة الشمسية على سطح الأرض في مقدار الأشعة المستلمة من طرف سطح ما، والمجسدة في الشكل (6.1) .



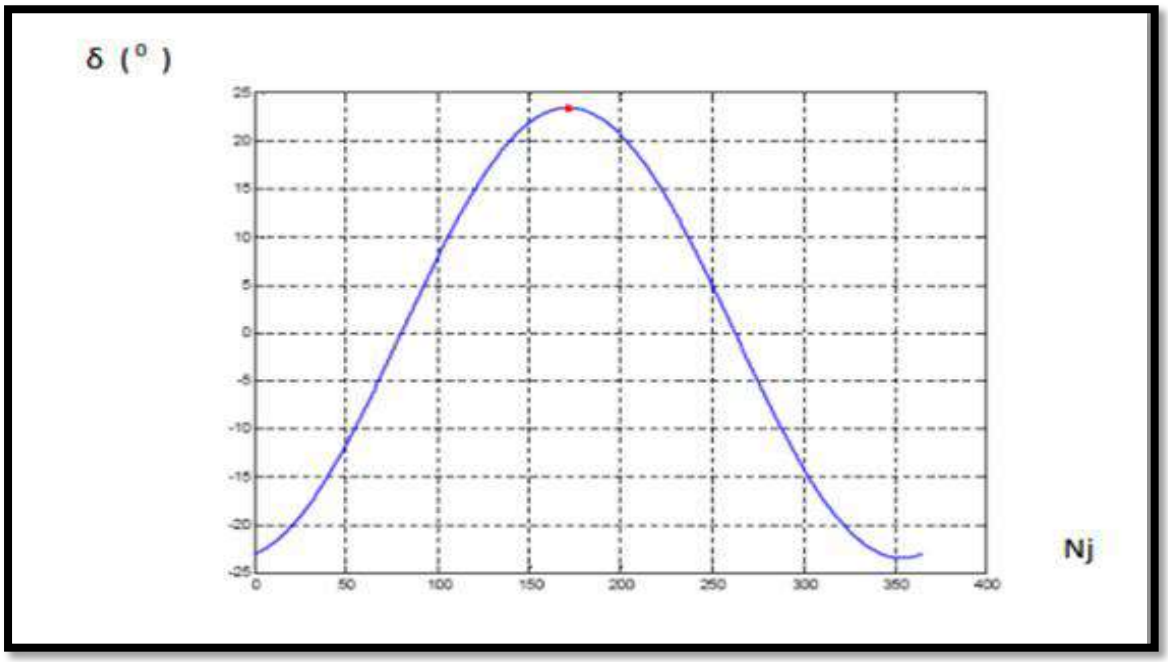
الشكل (6.1): رسم تخطيطي لوضعية الشمس [14].

1.2.3.1 زاوية ميل الشمس (δ):

هي الزاوية التي يصنعها الخط الواصل من مركز الأرض إلى مركز الشمس مع خط الاستواء تنعدم هذه الأخيرة في الإعتدالين الربيعي (21 مارس) والخريفي (23سبتمبر) بينما تكون أعظمية δ= +23.45° في الانقلاب الصيفي (22 جوان) ، δ= -23.45° في الانقلاب الشتوي (22 ديسمبر) [15،16]

وهذا ما تعبر عنه المعادلة التالية:

$$\delta = 23.45\sin(0.980(Nj+284)) \qquad (6.1)$$



الشكل (7.1): تغيرات زاوية الميل بدلالة أيام السنة[17].

يمثل المنحنى تغيرات زاوية ميل أشعة الشمس وذلك خلال أيام السنة حيث نلاحظ في بداية السنة قيمة صغيرة لهذه الزاوية ثم تتزايد قيمتها لتصل أقصى قيمة في منتصف السنة (اليوم 170) أي حدوث انقلاب صيفي ثم تتناقص قيمتها في أخر السنة.

2.2.3.1 زاوية الارتفاع الشمس(h) :

هي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل من نقطة على سطح الأرض ومركز الشمس الأفقي الذي تمر فيه النقطة على الأرض هذه الزاوية تساوي صفر عند شروق وغروب الشمس وتأخذ القيمة العظمى عند وقت الزوال الشمسي هذه الزاوية مهمة في تحديد كمية الإشعاع الواصل إلى سطح الأرض[10،5] و تعطى بالعلاقة التالية:

$$\sin(h) = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos\omega \qquad (7.1)$$

$h<0$: في الليل.

$h>0$: في النهار.

$h=0$: عند شروق وغروب الشمس.

حيث:

φ : زاوية دائرة العرض.

ω : زاوية الساعة الشمسية.

3.2.3.1 زاوية دائرة العرض Φ:

وهي الزاوية المحصورة بين المتجه المار بين نقطة على سطح الأرض ومركز الأرض ومسقطه على خط الاستواء[-90,90] $\varphi\epsilon$.

حيث:

$\varphi<0$: شمال خط الإستواء

$\varphi>0$: جنوب خط الإستواء

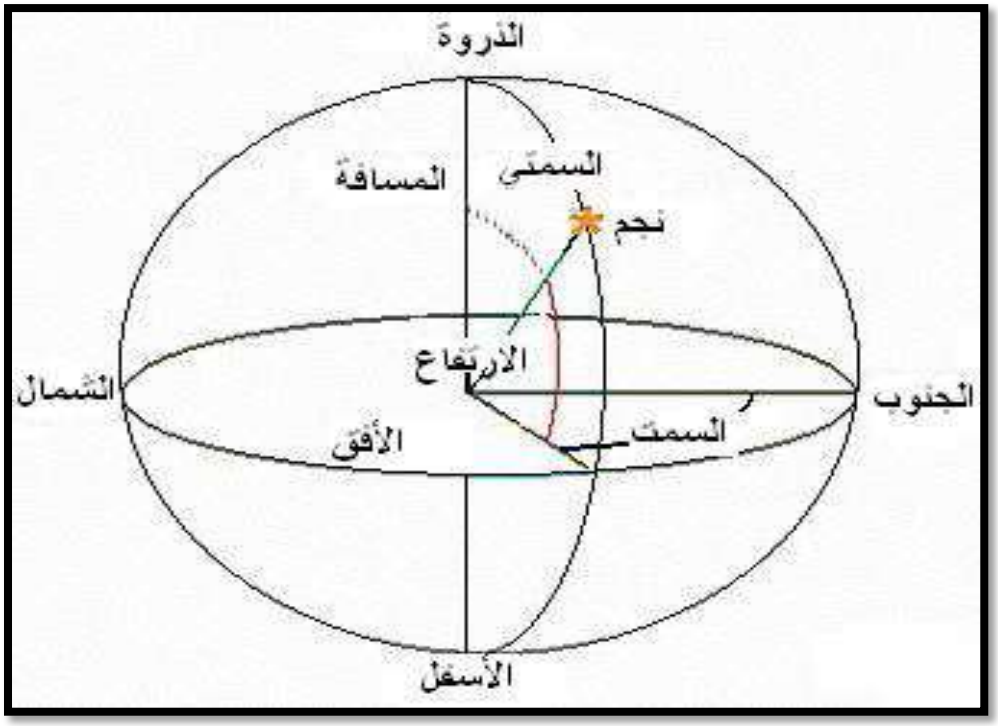
4.2.3.1 زاوية خط الطول L:

هي الزاوية التي يصنعها خط الطول المار بالمنطقة مع خط الطول المار ببلد غرينتش البريطانية والذي نعتبر خط الصفر وتقرا الزاوية موجبة شرقا وسالبة غربا [15،18] وفيها تكون في حدود المجال:

$L\epsilon$ [-180°,+180°]

5.2.3.1 زاوية السمت الشمسي a:

هي الزاوية المحصورة بين خط الطول والمستوى العمودي الذي تمر عبره أشعة الشمس، ومعرفة السمت ضروري لحساب زاوية سقوط الأشعة على سطح غير أفقي [10،15].



الشكل (8.1): الإحداثيات الأفقية [12].

ويمكن حساب زاوية السمت بالعلاقة:

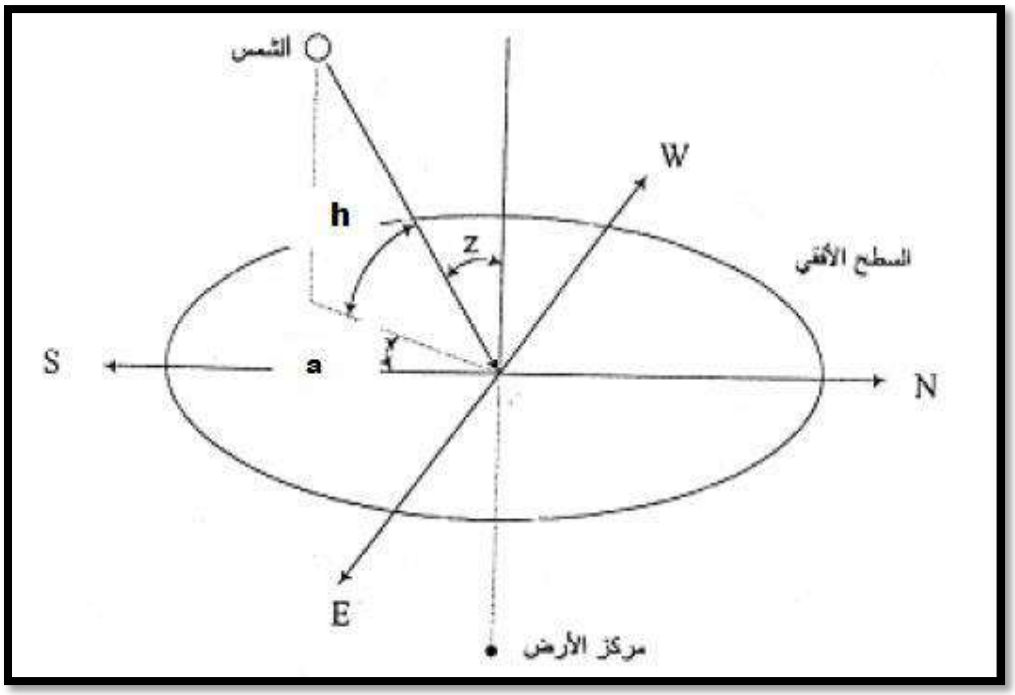
$$\text{sina} = \frac{\cos\delta \sin\omega}{\cos h} \qquad (8.1)$$

حيث:

ω: زاوية الساعة الشمسية.

6.2.3.1 زاوية سمت الرأس Z:

وهي الزاوية المحصورة بين الشعاع الشمسي و سمت الأرض (الخط الشاقولي المار بالموقع) و بذلك فهي متممة لزاوية الارتفاع الشمسي [10،18] كما هو موضح في الشكل أدناه التي تعطى بالعلاقة (9.1):



الشكل (9.1): زاوية السمت الرأسي z و السمتa.

$$Z = \frac{\pi}{2} - h \qquad (9.1)$$

7.2.3.1 زاوية الساعة الشمسية(ω):

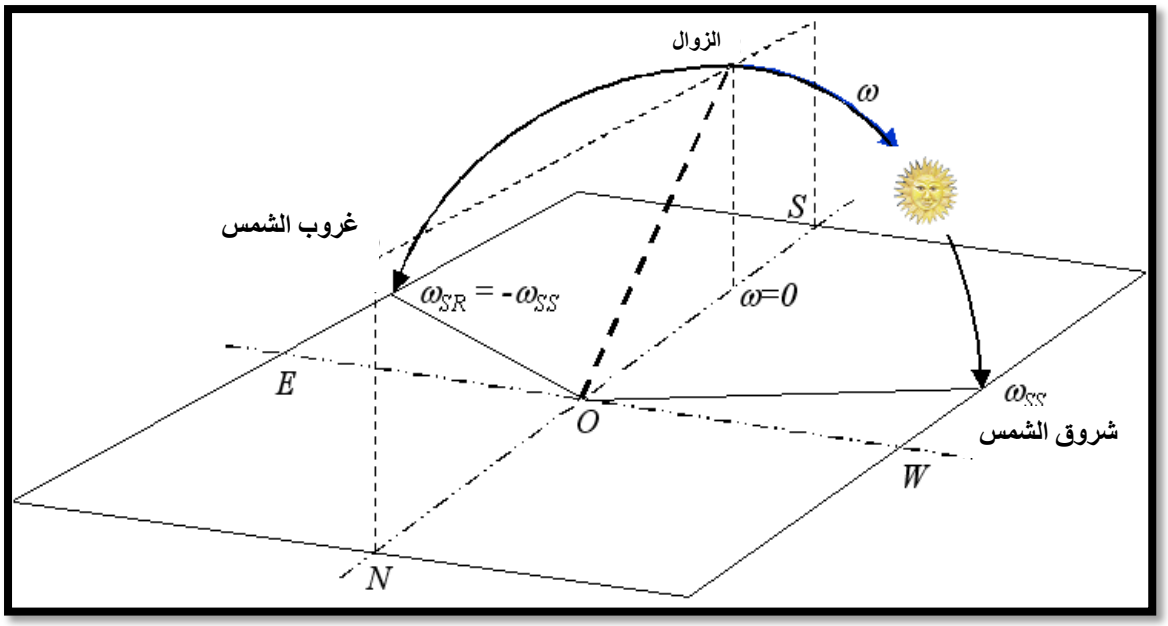
تبرز هذه الزاوية حركة الشمس من نقطة ما من الأرض من الشروق إلى غاية الغروب وتعرف بأنها الإزاحة الزاوية النسبية للشمس عن وقت الزوال الشمسي والذي تكون فيه الشمس فوق خط الطول المار بالنقطة وعندها تكون زاوية الساعة الشمسية معدومة، وكل ساعة قبل وبعد الزوال تكافئ 15°، وتكون ω موجبة مساءا بعد الزوال وسالبة صباحا قبل الزوال لذا فإن ω تتعلق فقط بالتوقيت الشمسي وتعطى بالعلاقة التالية (وحدتها الدرجة) [5،10]:

$$\omega = 15(\mathrm{Tvs} - 12) \qquad (10.1)$$

حيث:

Tvs : تمثل التوقيت الشمسي الحقيقي الذي يعتبر الزوال الشمسي $\omega = 0$ عند الساعة 12.

وتتغير قيم هذه الزاوية كما هو موضح في هذا المجال $\omega \epsilon$[-180°,180°].



الشكل (10.1): الزاوية الشمسية [12].

$\omega = 0$: عند الزوال الشمسي.

$\omega > 0$: مساء بعد الزوال.

$\omega < 0$: صباحا قبل الزوال.

4.1 التوقيت الشمسي Tvs والتوقيت المحلي TL:

يختلف التوقيت المحلي لمنطقة عن التوقيت الشمسي ويتعلق بالفرق بين التوقيتين على ثلاث عوامل [5،19]:

- الفرق بين خطي الطول للمنطقة و الخط المرجعي للتوقيت المحلي (خط غرينتش).
- التصحيح الزمني (المعادلة الزمنية) والمعبر عن الاضطراب الناتج عن حركة الأرض، و الذي يعطى بالعلاقة التالية (وحدتها الدقيقة):

$$Et = 9.87\sin(\frac{2.360}{365} - (N\,j - 81) - 7.53\cos[\frac{360}{365}(N\,j - 81)]) - 1.5\sin\left[\frac{360}{365}(Nj - 81)\right] \quad (11.1)$$

حيث N_j عدد أيام السنة.

- التصحيح الناتج عن تغير التوقيت المحلي(الصيفي، الشتوي) مقارنة بتوقيت غرينتش الذي قيمته في الجزائر C=-1 وعليه تعطى بعلاقة التوقيت الشمسي Tvs:

$$TVS = TL + Et + \frac{L}{15} + c \quad (12.1)$$

حيث:

TL: التوقيت المحلي.

L: زاوية خط الطول التي تقع عليه المنطقة، وتكون موجبة إذا كانت المنطقة شرق خط غرينتش بينما تكون سالبة غرب خط غرينتش [5].

العدد15 هو درجة لكل ساعة عند التحرك (شرق - غرب) على نفس دائرة العرض، أي 1 درجة لكل 4 دقائق أي مسافة 111Km (شرق - غرب) لكل درجة عند دائرة خط الاستواء $\varphi=0°$ و 69 km عن دائرة العرض المارة عبر مدينة الوادي حيث $\varphi=33.5°$ ' وخط الطول L= 6.47° ' [19].

5.1 العوامل المؤثرة في شدة الإشعاع الشمسي:

تتعرض الأشعة المنبعثة من الشمس خاصة منها الواصلة إلى سطح الأرض إلى جملة من العوامل أهمها:

1.5.1 المسافة الواصلة بين الأرض والشمس(D_{T-S}):

إن المسار الإهليليجي الذي تسلكه الأرض حول الشمس يجعل البعد بينها و بين الشمس يختلف من فصل إلى آخر.

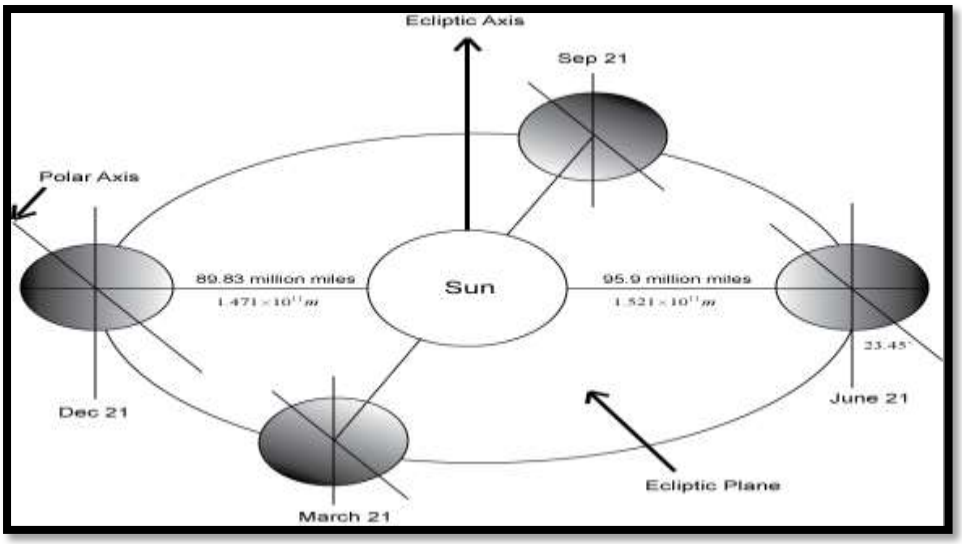
لوحظ أن قوة الإشعاع الواصل إلى سطح الأرض يتغير حسب اقتراب أو ابتعاد الشمس من الأرض و ذلك حسب اليوم من السنة، وتعطى علاقة المسافة D_{T-S} بالعلاقة التالية[10]:

$$D_{T-S}=1-0.017\cos\left[\frac{360(Nj-2)}{365}\right] \qquad (13.1)$$

Nj: رقم اليوم من السنة (1.....365).

تعطى المسافة بالوحدة الفلكية UA($1UA=1.5x10^{8}km$).

تبلغ أقل قيمة للمسافة يوم2 جانفي ($D_T=0.983UA$)، وتبلغ أقصى قيمة لها عند 5 جويلية بمقدار($D_{T-S}=1.017UA$).



الشكل (11.1): حركة الأرض حول الشمس[20].

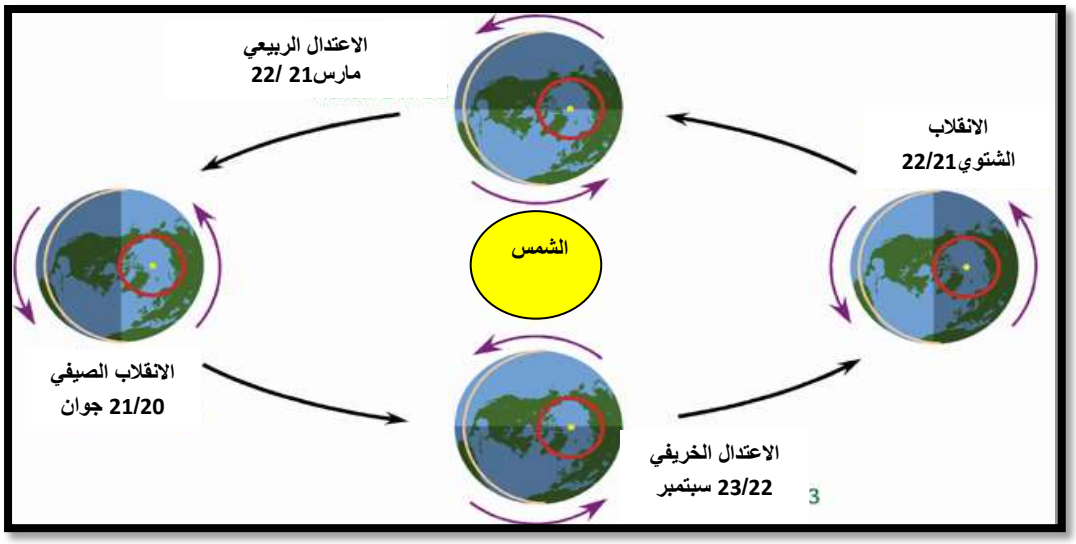
2.5.1 الغلاف الغازي و زاوية سقوط الأشعة:

عند اختراق الإشعاع الشمسي لطبقات الغلاف الجوي وحسب مكونات كل طبقة وسمكها فإنها تغير من مسارها وكميتها المنبعثة مما يدل على تأثر تدفق الإشعاع الشمسي بمكونات الغلاف الجوي وهذا ما يتجلى في ظاهرتي الانعكاس والامتصاص [5].

هناك علاقة عكسية بين سمك طبقة الغلاف الغازي والأشعة الواصلة إلى سطح الأرض، بحيث تنخفض الطاقة الواصلة لسطح الأرض مع زيادة سمك الغلاف الجوي، وكذا زاوية سقوط الأشعة الشمسية لها دخل في تقدير كمية الإشعاع الواصل لسطح الأرض، حيث تبلغ كمية الإشعاع الواصل أقصاها عندما تسقط بزاوية عمودية فوق سطح الأرض، وكلما زادت زاوية سقوط الأشعة انخفضت معها نسبة الطاقة الواصلة إلى سطح الأرض أي أن الأشعة الساقطة بزاوية معينة تتعرض لامتصاص وتشتت أكثر من الأشعة العمودية [5،8].

3.5.1 حركة الأرض حول نفسها و حول الشمس:

تدور الأرض بحركة دورانية يومية حول الشمس حول محورها و حركة دورانية سنوية حول الشمس كما يظهر في الشكل (12.1)، كما تتميز الأرض بظاهرة الفصول الأربعة الناتجة من ميل محور دورانها حول الإهليليج بزاوية °23 و°26 تنعكس هذه الزاوية بتوزيع غير منتظم لدرجة الحرارة وهكذا يدوم الشتاء في نصف الكرة الشمالي لمدة 3أيام، كما هو موضح في الجدول (3.1) و الذي يمثل مدة الفصول لنصف الكرة الأرضية الشمالي [10].

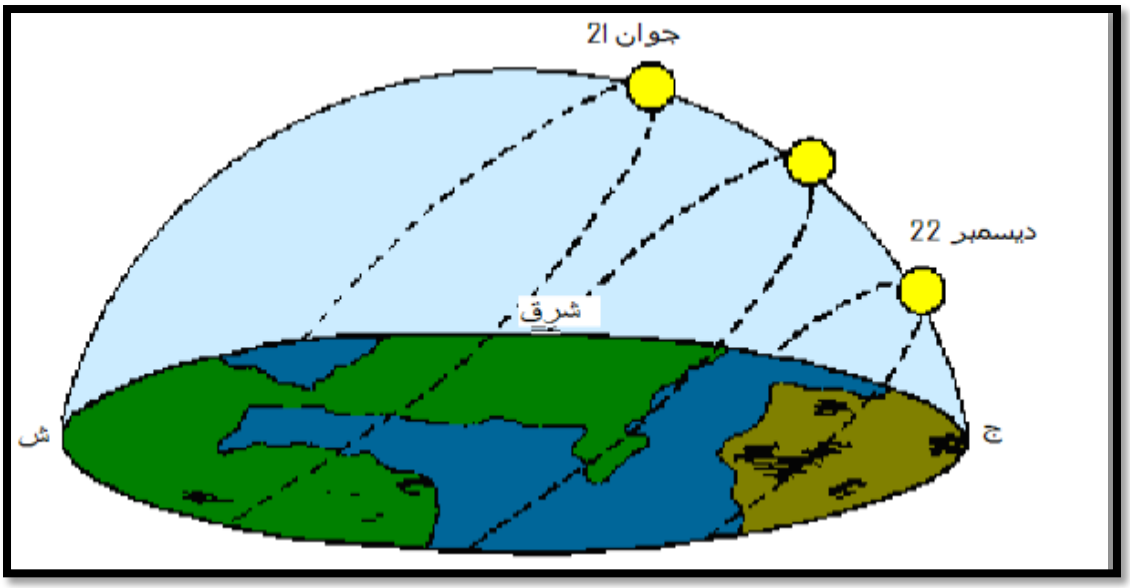


الشكل (12.1): حركة الأرض حول نفسها [21].

الجدول (3.1): مدة الفصول في نصف الكرة الأرضية الشمالي [10].

الفصول في نصف الكرة الأرضية الشمالي	المدة الحالية
الربيع	92 يوم و19 ساعة
الصيف	93 يوم 23 ساعة
الخريف	89 يوم13 ساعة
الشتاء	89 يوم

كما أن الأشعة الشمسية تسقط بزاوية عمودية عند مدار الجدي و مدار السرطان في دائرة العرض 23° و26° من نصفي الكرة الأرضية، أما القسم الباقي من الأرض فيبقى في ظلام تام أي ما فوق خطي العرض66° و30° وعند القطبين يدوم الليل 6 أشهر، ونسمي خطي العرض66° و 30° بدائرتي القطب الشمالي أو الجنوبي كما هو مبين في الشكل (13.1) التالي[8]:



الشكل (13.1): التغير الفصلي لمدة الليل و النهار[8].

يلتقط نصف الكرة الأرضي الشمالي يوم 21 ديسمبر، خلال الانقلاب الشتوي في نسبة أقل من الطاقة الشمسية مقارنة مع الصيف وهذا لأن الأشعة الشمسية تعبر مسافة طويلة في الغلاف الجوي كلما ارتفعت زاوية السقوط [10].

6.1 تقديرات إحصائية للإشعاع الشمسي:

1.6.1 أهمية تحديد أماكن كثافة الطاقة الشمسية المنبعثة:

كما هو معروف أن أحد مصادر الطاقة المهمة للأرض هي الطاقة الشمسية ونرى أن الشمس تصب كمية هائلة من ضوئها على الفضاء المحيط بها، وبما أن كوكب الأرض يدور حول الأرض في مدار محدد، نجد أن هناك كميات متفاوتة من هذه الطاقة على سطح الأرض وذلك بسبب تغير الظروف الجوية والموقع المتغير للأرض بالنسبة للشمس خلال اليوم الواحد وطوال السنة، حيث أن الغيوم هي أحد العوامل الجوية الرئيسية التي تقدر كمية الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الأرض وبالتالي تتلقى المناطق ذو المناخ الغائم إشعاعات شمسية أقل من المناطق التي يكون مناخها صحراويا، وعموما أكبر كمية إشعاع شمسي تستلم بواسطة الأرض في فترة الظهيرة عندما يكون ضوء الشمس عمودي على سطح الأرض بخلاف وقت الشروق و الغروب فهما يستقبلان أقل كمية من الإشعاع طوال فترة النهار لكل يوم.

تبعا لذلك نجد أن الدول التي تقع على خط الاستواء هي الدول التي تتمتع بفصل واحد تقريبا طوال السنة وهو فصل الصيف، بمعنى آخر هي الدول القريبة من خط الاستواء، بهذا الطقس وعادة يصعب على سكان هذه المناطق الإحساس بالفصول الأخرى، علما بأن المناطق الشمالية وأيضا الجنوبية لخط الاستواء والقريبة لأقطاب الأرض تكون محسوسة الفصول أي أن سكان هذه المناطق يدركون الفصول الأربعة للسنة.

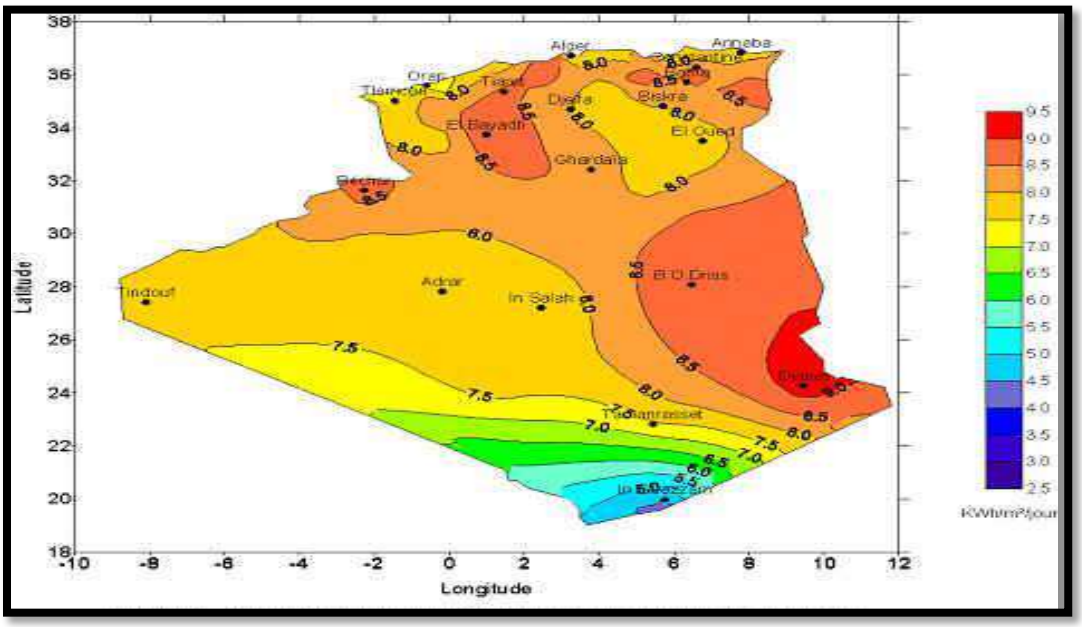
وعلى هذا الأساس يمكن تحديد أماكن كثافة الطاقة الشمسية على كوكب الأرض خلال دورانه حول الشمس فنجد أن الدول العربية تحضى بقدر كبير من هذه الطاقة يوميا.

2.6.1 الطاقة الشمسية في الجزائر:

تتربع الجزائر على مساحة $2381745\ km^2$، المناطق الصحراوية والشبة صحراوية تقدر بنسبة 86%، ويصل زمن تعرضها للإشعاع الشمسي إلى 3500 ساعة في السنة، أما في المدن الساحلية فتقدر الفترة الإشعاعية بحوالي 2650 ساعة في السنة[22]، كما هو موضح في الجدول (4.1)، لهذا تتمتع الجزائر بمصادر شمسية ممتازة حيث تتعدى شدة الإشعاع الشمسي المباشر $2000\ kWh/m^2$ في السنة وتهدف إلى توفير 5% من احتياجات العالم عام 2015 من مصادر متجددة لترتفع إلى 10% بحلول سنة 2025، وهو ما تبينه الوثيقة الموالية أن شدة التدفق الإشعاع الشمسي المباشر في اليوم للجزائر بالشكل(14.1) و التي قيست في 2001 تتراوح بين $3kWh/m^2$ إلى$3.5\ kWh/m^2$[23].

الجدول(4.1): القدرة الشمسية الموجودة في الجزائر [24].

المناطق	المناطق الساحلية	الهضاب العليا	الصحراء
المساحة %	4	10	86
المدة المتوسطة لإشعاع الشمس (h/ans)	2650	3000	3500
الطاقة المتوسطة ($kwh/m^2.ans$)	1700	1900	2650



الشكل (14.1): شدة الإشعاع الشمسي المباشر اليومي لجويلية 2001 (kWh/m^2) في الجزائر[23].

7.1 خاتمة:

في نهاية هذا الفصل تم تقديم مفاهيم عامة للإشعاع الشمسي باعتبار الشمس أحد مصادر الطاقة التي تمد كوكبنا بالأشعة، كما تعرفنا على تنوعها إلى ثلاث أنواع الأشعة المنتشرة والكلية والمباشر وعباراتها الرياضية، وبغية تحديد كمية الإشعاع الواصل إلى سطح الأرض تعرفنا على مقادير فيزيائية مميزة له من الثابت الشمسي وزوايا الشمسية التي تدخل في الحسابات النظرية لتقدير الإشعاع كما سلطنا الضوء على أهم العوامل المؤثرة على تدفق الإشعاع.

من هذا المنطلق تعد دراسة الإشعاع الشمسي ضرورية لاختيار أفضل موقع تثبيت أنظمة التركيز للإشعاع الشمسي من أجل استقبال أقصى طاقة وهو ما سنتعرف عليه في الفصل المقبل.

الفصل الثاني

تقنيات التركيز الشمسي

1.2 مقدمة:

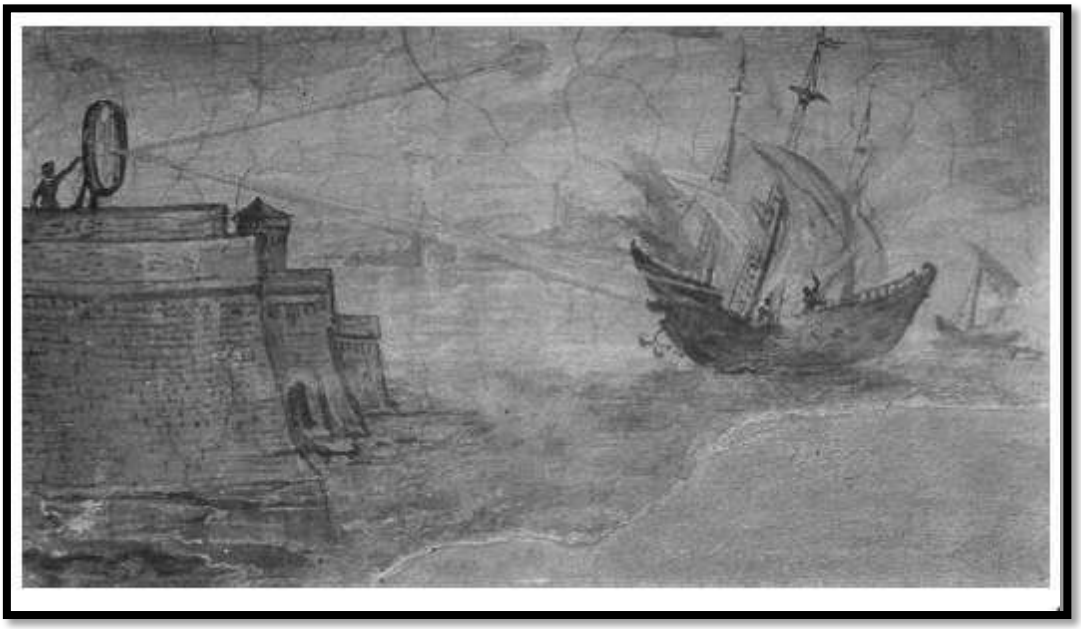
استفاد الإنسان منذ القدم من طاقة الإشعاع الشمسي في تطبيقات عديدة نذكر منها تجفيف المحاصيل الزراعية والتدفئة وإنارة المنازل وغيرها، كما تم استخدامها في مجالات أخرى كالحروب والتي تعتمد على مبدأ تركيز الإشعاع الشمسي و توجيهه.

لهذا بقي الإنسان يحاول منذ فترة بعيدة الاستفادة من هذه الطاقة ولكن بقدر قليل ومحدود، ومع التطور الكبير في التقنية والتقدم العلمي الذي وصل إليه الإنسان فتحت آفاقا علمية في استغلال طاقة الإشعاع الشمسي بعد تجميعها.

2.2 نبذة تاريخية:

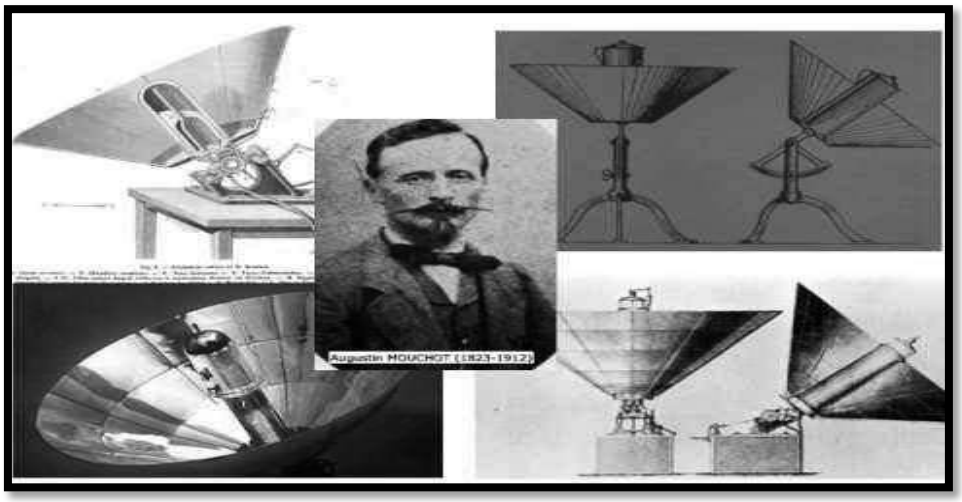
إن استخدام المجمعات الشمسية المركزة لم يأتي بالشيء الجديد فقد عرفت منذ القدم في إطار استغلال الإشعاع الشمسي[1].

منذ سنة 200 قبل الميلاد وصف عالم الرياضيات الفيزيائي المخترع اليوناني المهندس ارخميدس فكرة الألواح المعاكسة لتركيز الشمس[1].



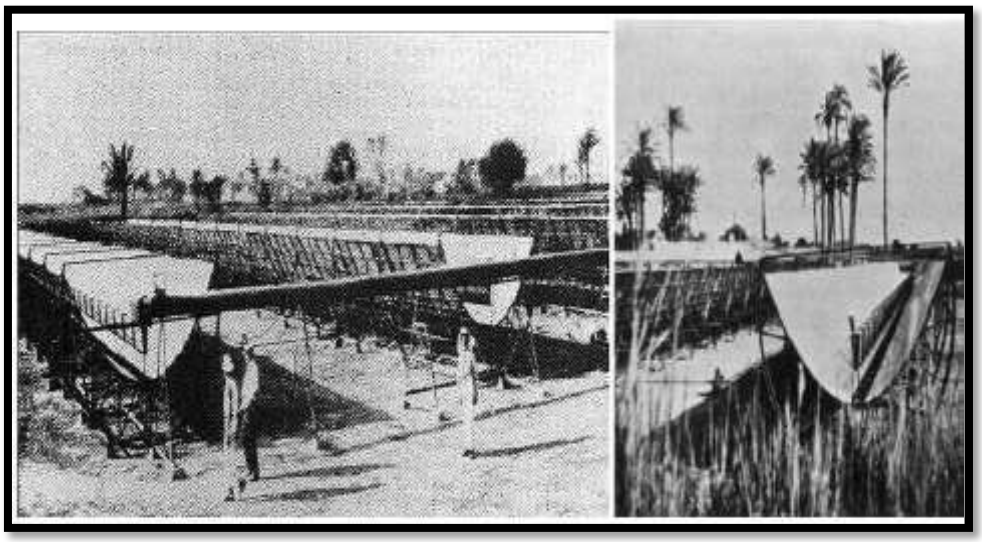
الشكل (1.2): فريسكو (1600-1955) في معرض أوفيزي، بفلورنسا أظهر جويلو باريجي أشعة ارخميدس المدمرة [1].

وفي القرن الثاني قبل الميلاد(295-375م) وصف عالم الرياضيات اليوناني ديوكليس الخصائص البصرية لحوض صغير قطع مكافئ (PT) (parabolic through) وفي عام 1746 وصف العالم الفرنسي ألكونت دي بوفون (عالم الطبيعيات و الرياضيات و الكونيات) تطوير تصميمات الهليوستات heliostat وهي أداة ذات مرآة تعكس الشمس في اتجاه واحد، أما في عام 1866 استخدم المخترع الفرنسي أوجيستين (عالم الرياضيات و الفيزياء) حوض قطع مكافئ لإنتاج البخار لأول ماكينة بخار بالشمس و في عام 1878 اخترع نظام محرك بخار مدفوع بطبق (dish) و الذي عرض بالمعرض العالمي بباريس.



الشكل (2.1): العالم أوجستن موشت[1].

وفي عام 1913 نجح العالم الأمريكي فرانك شومان في بناء حوض قطع مكافئ لإدارة نظام الضخ في مصر بمنطقة معادي وقد استخدم عدد 5 أحواض قطع مكافئ طول كل حوض 60m لتركيز أشعة الشمس خطيا مع نظام تتبع شمسي ثم تركز الأشعة على غلاية تكفي لإنتاج بخار لضخ حوالي 23000l/min (قدرة 55hp).



الشكل (3.2): حوض قطع مكافئ لإدارة نظام ضخ في مصر[1].

و خلال القرن العشرين تمت الكثير من التجارب و النماذج من بينها:

في عام 1968 تم تشغيل أول محطة شمسية مركزية بإيطاليا وفي2006 شهد إنتاج الطاقة الشمسية المركزة نموا كبيرا في اسبانيا وأمريكا لتحويل الطاقة الشمسية (إلى طاقة كهربائية) مع مراعاة أن تكون السماء صافية والضوء قوي، وتتوفر هذه الظروف الطبيعية في: جنوب غرب أمريكا - المكسيك - شمال إفريقيا- الشرق الأوسط - وسط أسيا - جنوب إفريقيا - استراليا - جنوب أوربا وأجزاء من الصين والهند وفي عام2014 تم تشغيل التجاري لأكبر محطة في العالم للطاقة الشمسية بكاليفورنيا [1].

3.2 المجمعات الشمسية المركزة:

1.3.2 مفهوم المركزات الشمسية:

تستخدم أنظمة المركزات الشمسية تركيبة من المرايا والعدسات لتركيز الأشعة المباشرة التي تتطلب مساحات صغيرة للتركيز، لذا لا يمكن استخدام المركبة المتناثرة.

وكل مجمع مكون من جزئين:

- **المركز:** وهو الذي يعكس أشعة الشمس الساقطة على المجمع ما يزيد من الطاقة المستقبلة.
- **المستقبل:** وهو المسؤول عن تمرير المائع في حالة التطبيقات الحرارية، أي استخراج الطاقة الحرارية من الإشعاع الشمسي .

وتصنف مجمعات المركزات الشمسية إلى مركزات نقطية و مركزات خطية حيث تتركز الأشعة الساقطة على العاكس في نقطة وتسمى البؤرة أو في خط ويسمى المحور البؤري [25].

2.3.2 أنواع المركزات الشمسية:

هناك العديد من تصاميم للمجمعات المركزة يمكن أن تكون عاكسة أو كاسرة و يمكن أن تكون أسطوانية أو مكافئة [25] منها:

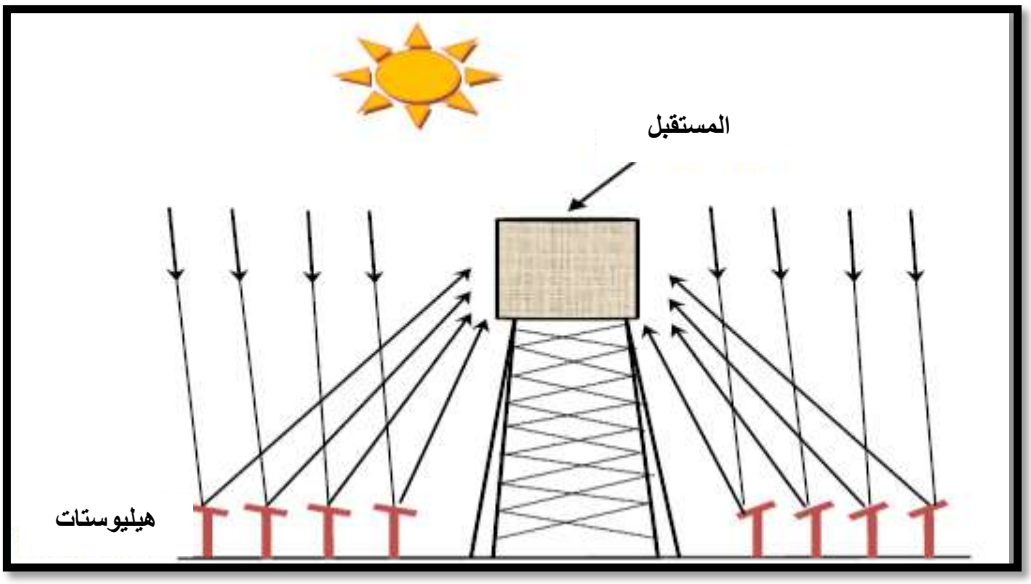
1.2.3.2 مركزات البؤرة النقطية:

المركزات النقطية تتمثل في كونها سطوح عاكسة مقعرة تعمل على تركيز الإشعاع الشمسي في نقطة تدعى البؤرة، هذا النوع من المركزات الشمسية يحتوي على محورين لتتبع الشمس [1] و ينقسم إلى:

1.1.2.3.2 الأبراج الشمسية - مجمع مستقبل مركزي - (HFC):

تعتبر الأبراج الشمسية جزء من أنظمة المستقبلات الثابتة، ولها في هذا المجال أكبر الفوائد لأن لها القدرة على إنتاج بخار مشبع بدرجة حرارة أعلى من°700C و حتى °1000C، تعمل درجات الحرارة العالية على الحصول على كفاءات أعلى من مع تربينات البخار و بالتالي كفاءة كلية عالية، تكون كفاءتها الإجمالية بين 20% الى 35% [1].

تعمل أبراج الحرارة الشمسية بآلاف المرايا، والتي تعرف بالهيليوستات (أدوات ذات مرايا تعكس الشمس في اتجاه واحد)، هذه الهيليوستات تعمل لحظيا كعاكسات مسطحة و التي تكون مركبة على نظام محور مزدوج و تعكس الإشعاع الشمسي في نقطة واحدة في البرج العالي و يمكن أن تعمل الأبراج الشمسية مع نوع معين من مائع التسخين [1].

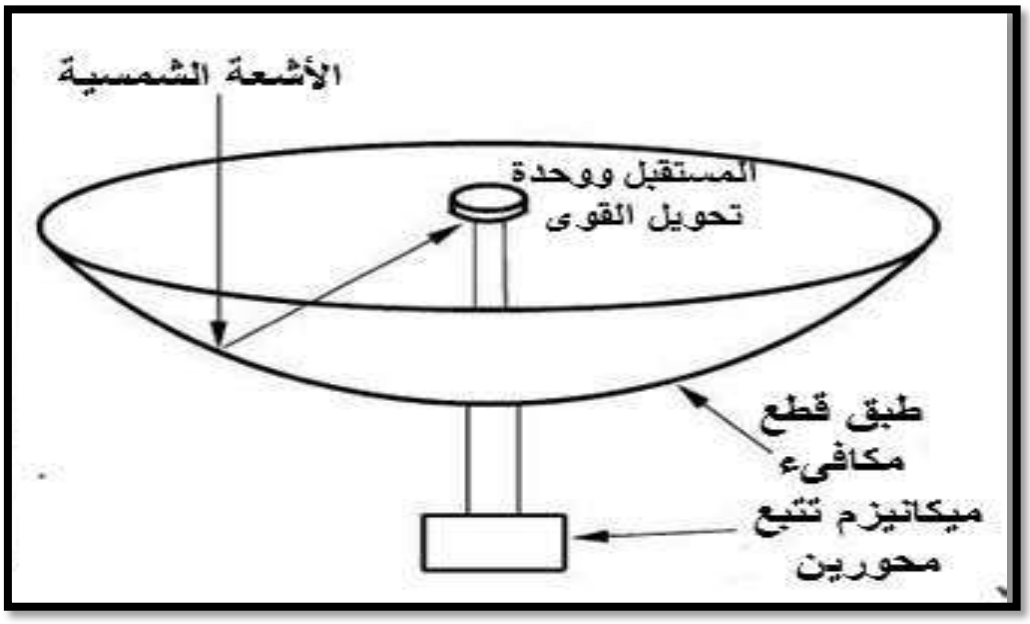


الشكل (4.2): مركز البرج الشمسي [17].

2.1.2.3.2 صحن القطع المكافئ (CDR):

هذا النوع من المركزات مسؤول على إنتاج الكهرباء مباشرة بالتوافق مع ماكينة ستيرلينغ مقارنة بالأنظمة الأخرى فإن الكفاءة الكلية للنظام تكون كبيرة حوالي 20% إلى 30% (إشعاع شمسي إلى كهرباء).

يكون المجمع بشكل طبق قطع مكافئ، وينعكس الإشعاع على مستقبل موضوع في نقطة مركز(بؤرة) الطبق، ويجهز الطبق بنظام تتبع شمسي على محورين للتأكد من الحصول على أفضل إشعاع للمرايا، دائما يوجه الطبق جهة الشمس وعادة يكون عرض الطبق بين 5m و15m[1].



الشكل(5.2): رسم تخطيطي لطبق القطع المكافئ[1].

2.2.3.2 مركزات خطية:

يتميز هذا النوع من المركزات باستخدامه في درجات الحرارة المنخفضة، تستخدم السطوح الاسطوانية ويتمثل في:

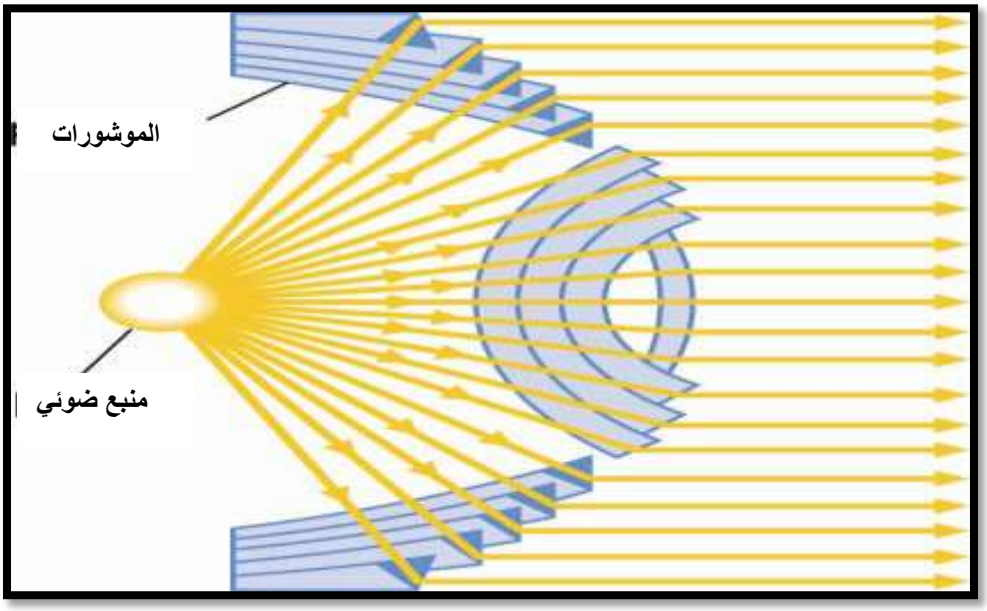
1.2.2.3.2 حوض القطع المكافئ (PTC):

مجمع الحوض المكافئ هو مجمع أسطواني على شكل حرف U له مقطع عرضي على شكل قطع مكافئ [21]، مكون من مرايا ومستقبلات حرارة و هيكل معدني للتثبيت تتشكل فيه المرايا ذات القطع المكافئ من ألواح من مادة عاكسة من الزجاج شفاف مطلي بالفضة، هذا الزجاج المطلي للعاكسات له إمكانية تركيز الإشعاع الشمسي إلى 80 ضعف مرة والغرض منها هو تركيز ضوء الشمس إلى أنبوب استقبال مركزي على خط محور المجمع تكون مصفوفة المجمعات حوالي 100m طول أو أكثر و بفتحة منحني من 5 m إلى 6m [1].

تكون الكفاءة الكلية حوالي15% في المتوسط بينما تصل إلى 28% في الحالات المثالية، وهي تستخدم تركيبة ميكانيكية كمتعقب أحادي المحور لتوجيه كل من المجمعات الشمسية و مستقبلات الحرارة في اتجاه الشمس عند تحركها من الشرق إلى الغرب بغية تجميع أقصى طاقة شمسية[1].

2.2.2.3.2 عدسة فرينل (FC):

يتكون نظام فرينل الخطي من مرايا صغيرة طويلة (والتي يمكن أن تكون على شكل منحني) ذات سطح ناعم وآخر خشن، توضع على مستوى واحد و يمكنها أن تدور تبعا لمسار الشمس لإعادة توجيه و تركيز مستمر لأشعتها إلى أنبوب المستقبل الخطي الثابت، أي تعمل على عكس أشعة الشمس على مستقبل امتصاص أنبوبي مركب في صندوق المرايا، ولتحسين التقاط ضوء الشمس يتم تركيب عاكس ثاني أعلى أنابيب المستقبل بعدة أمتار والذي يعرف بالعاكس الثانوي [1]، كما توجد عاكسات فرينل ذات التركيز النقطي والمبينة في الشكل(6.2) [30]:



الشكل (6.2): عدسة فرينل العاكسة [21] .

3.3.2 مبدأ عمل المركزات الشمسية:

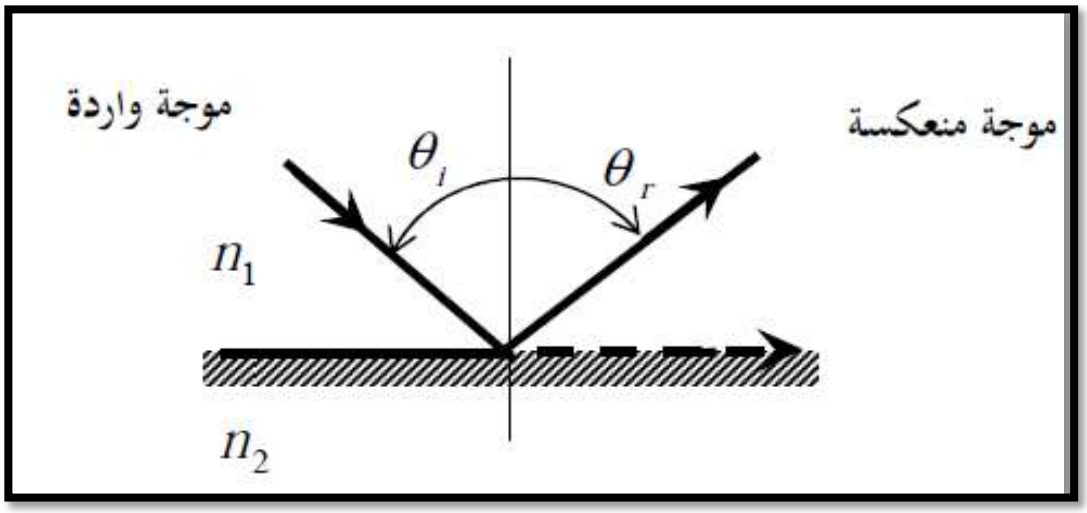
يقوم مبدأ عمل أي مركز شمسي على مبدأ انعكاس الضوء لستال ديكارت، والذي ينقسم إلى:

- انعكاس مرآوي: وهو ضوء الذي ينعكس من اتجاه مخرج أحادي وطبقا لقانون الانعكاس فإن كل من اتجاه المدخل الأحادي واتجاه المخرج الأحادي يكون لهما نفس الزاوية بالنسبة للسطح العادي للمرآة [1].
- انعكاس متشتت: وفيه ينعكس الضوء في مدى اتجاه واسع.

حيث في تطبيقات csp يؤخذ في الاعتبار فقط الانعكاس المرآوي لأن الشعاع المنعكس يجب أن يكون له اتجاه محدد و يكون معيار جودة المرايا موزون للشمس أي من أجل:

$$\theta i = \theta r \qquad (1.2)$$

كما يوضحه الشكل (7.2) الآتي:



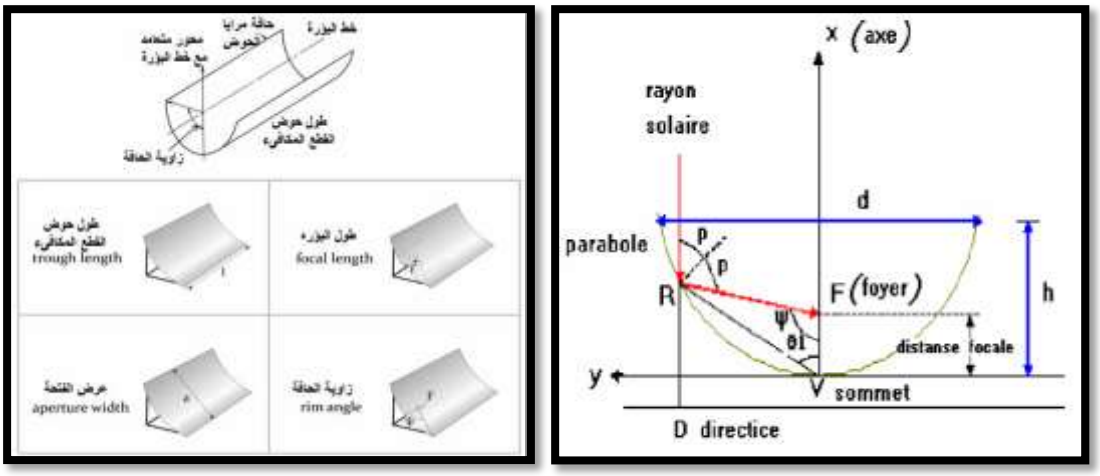
الشكل (7.2): رسم تخطيطي لظاهرة الانعكاس [17].

4.3.2 دراسة نظرية للمركز الشمسي ذو القطع المكافئ:

يتصف مجمع القطع المكافئ بـ:

- الأشعة الواردة تكون موازية لمحور القطع المكافئ سيتم عكسها اتجاه البؤرة بغض النظر عن مكان وصولها على القطع المكافئ.
- أشعة الضوء الشمسي و التي تصل إلى الأرض تكاد تكون متوازية لذا إذا كان القطع المكافئ محاذيا مع محوره مشيرا إلى الشمس سيتم انعكاس كل من الأشعة الواردة اتجاه نقطة البؤرة للقطع المكافئ.

ويوصف مجمع القطع المكافئ بجملة من المتغيرات الهندسية والتي تتمثل في طول الحوض وزاوية الحافة أو الفتحة، مساحة الفتحة طول (عرض الفتحة) مسافة البؤرة، زاوية سقوط الأشعة الشمسية.

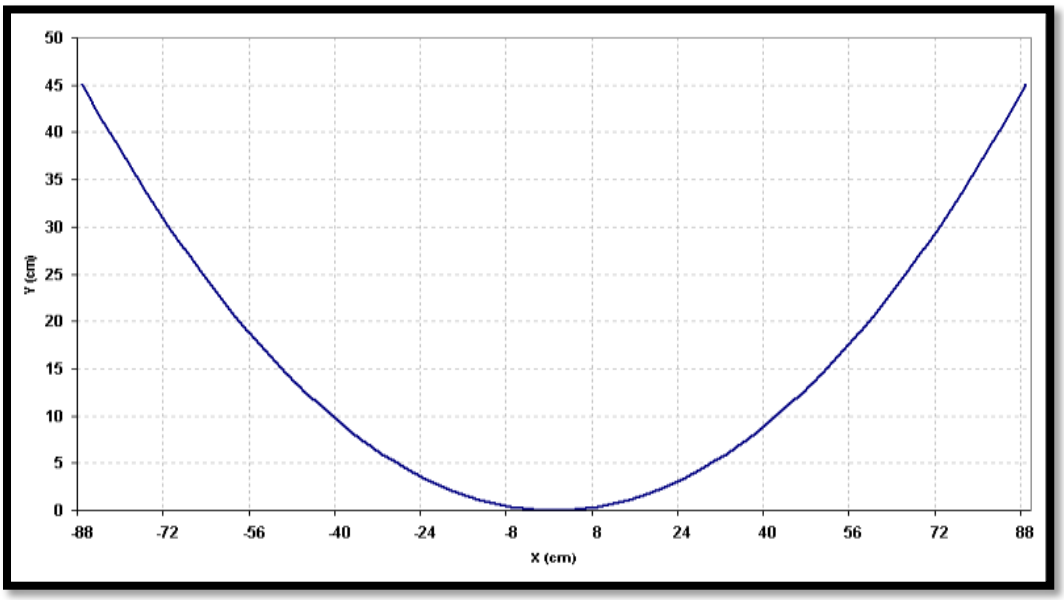


الشكل(7.2): متغيرات القطع المكافئ [17].

تعرف معادلة القطع المكافئ بالمعادلة (2.2) و المنحني المبين في الشكل(9.2):

$$Y^2 = 4fx \qquad (2.2)$$

f: البعد البؤري للقطع المكافئ.



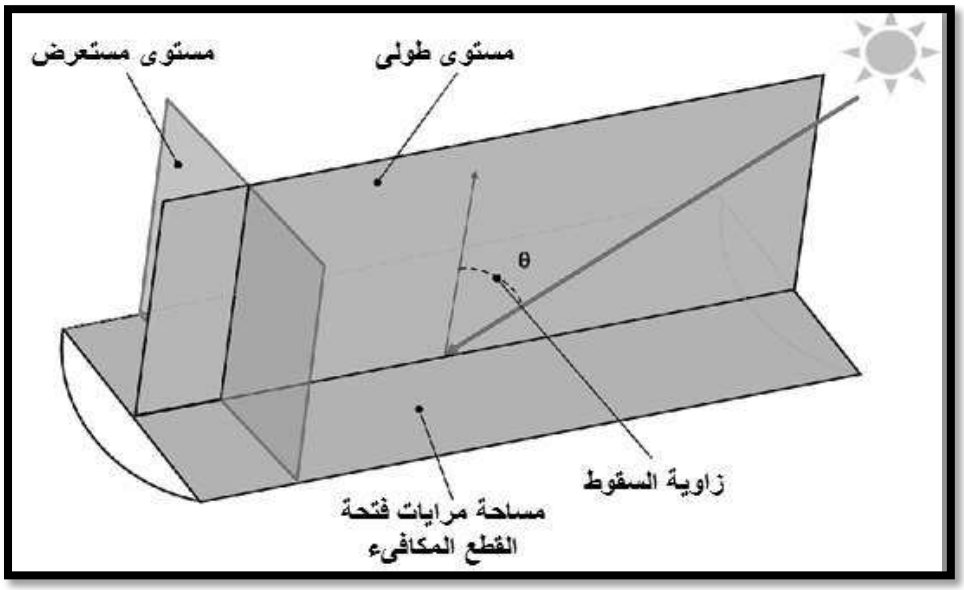
الشكل (9.2): منحني معادلة القطع المكافئ[34].

1.4.3.2 زاوية سقوط الأشعة الشمسية θ:

هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الشمسي الساقط على السطح و فتحة حوض القطع المكافئ [17].

حيث تعتمد زاوية سقوط الأشعة الشمسية [1]على:

- خطي العرض والطول(الموقع).
- اتجاه التتبع، الوقت في اليوم و في السنة.



الشكل(10.2): زاوية السقوط [1].

2.4.3.2 طول حوض القطع المكافئ(الارتفاع)h:

يرمز لارتفاع القطع المكافئ ب h ويمكن تعريفه بأنه المسافة بين الرأس للقطع المكافئ ونقطة تقاطع المحور مع قطر فتحة القطع المكافئ[19،26].

والذي يعطى بالعلاقة الآتية:

$$h = \frac{d^2}{16f} \qquad (3.2)$$

d: قطر القطع المكافئ

f : **البعد البؤري**

3.4.3.2 نصف قطر القطع المكافئ p:

تحديد قطر القطع المكافئ هو الخطوة الأولى في تصميم القطع المكافئ، حيث أن قطر القطع المكافئ وحجمه يعتمد على طاقة خرج الإشعاع الشمسي التي تكون في أقصى المستويات[11، 27، 28].

ويعرف على أنه المسافة بين نقطة M من سطح القطع المكافئ والبؤرةf [29] وتعطى عبارة نصف القطر بالمعادلة التالية[17]:

$$p = \frac{2f}{1+\cos\Psi} \qquad (4.2)$$

4.4.3.2 زاوية الفتحة(ψ):

تعرف زاوية الفتحة بالعلاقة التالية:

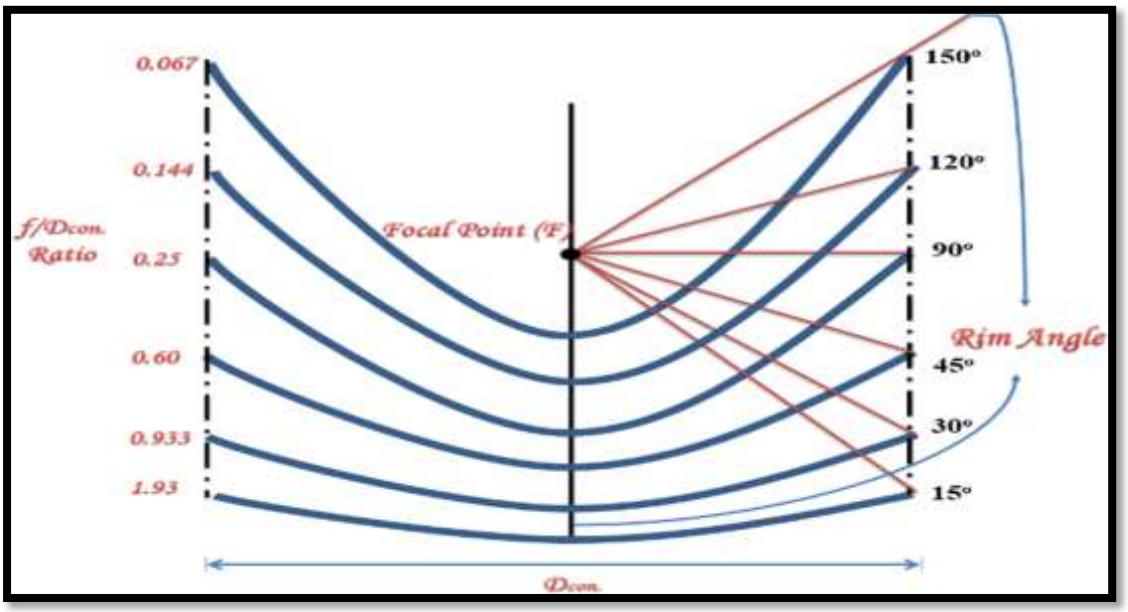
$$\tan \Psi = \frac{f/_{\mathrm{d}}}{(f)^2 - \frac{1}{8}} \qquad (5.2)$$

لمجمع حوض القطع المكافئ[1]:

- زاوية الحافة أصغر، مسافة بؤرة أطول.
- عادة تكون حدود زاوية الحافة بين °70 و °115.

تحتاج زاوية الحافة الأكبر إلى أسطح عاكسة أكبر لنفس مسافة الفتحة.

- تعتبر نسبة التركيز من أهم العوامل المؤثرة عند اختيار زاوية الحافة.
- تحتاج نسبة التركيز الأعلى إلى زاوية حافة أكبر من القيم الشائعة لزاوية الحافة °72.



الشكل (11.2): العلاقة بين زاوية الفتحة و البعد البؤري[30].

5.4.3.2 طول قوس القطع المكافئ S:

تعطى عبارة طول القوس للقطع المكافئ بالعبارة التالية [17]:

$$S = [\frac{a}{2}\sqrt{(\frac{4h}{a})^2 + 1)}\ ] \ + \ 2f.\ln[\frac{4h}{a} + \sqrt{(\frac{4h}{a})^2 + 1)}\ ] \qquad (6.2)$$

S : وحدتها m.

6.4.3.2 مساحة فتحة القطع المكافئ :

يتم تعريف مساحة فتحة القطع المكافئ على أنها المساحة الإجمالية للمركز الشمسي الواقعة على المنطقة المستقبلة للإشعاع الشمسي [27،31]، تعطى بالعلاقة التالية[30]:

$$As = \int_0^{d/2} dAs = 8\pi f 2 \{[(\frac{d}{4f})^2 + 1]^{\frac{3}{2}} - 1\} \qquad (7.2)$$

7.4.3.2 نسبة التركيز الهندسي c:

هي النسبة بين مساحة المركز إلى مساحة فتحة الحوض (إلى مساحة المستقبِل) [29]، وتعطى بالعلاقة الآتية [17]:

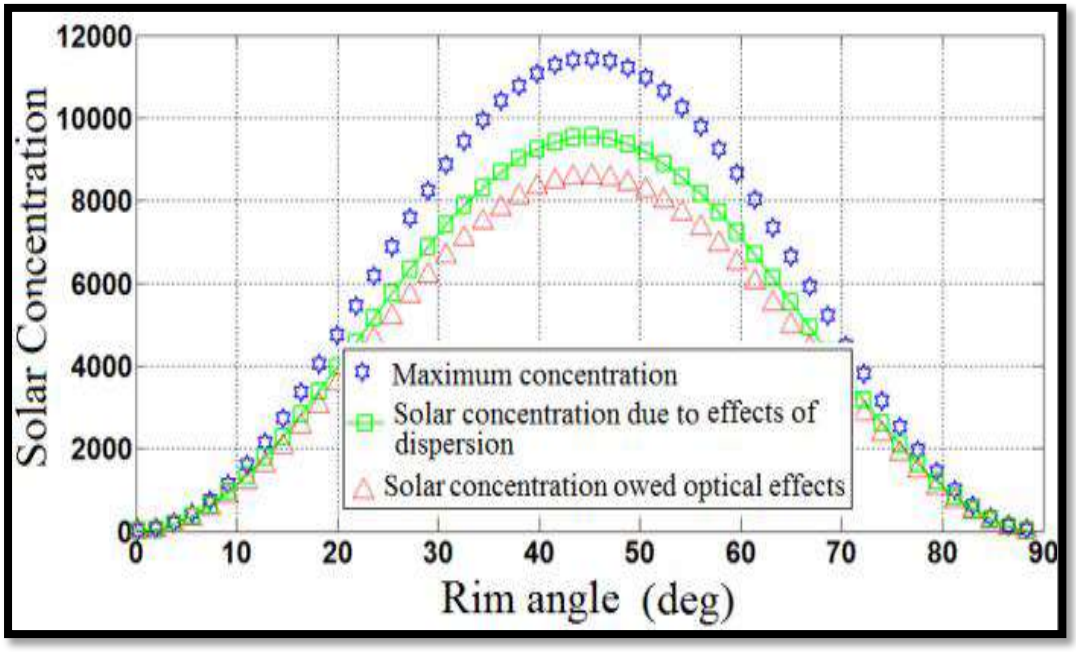
$$C = \frac{Aa}{Ar} \qquad (8.2)$$

Aa : مساحة فتحة السطح المستقبل.

Ar : مساحة فتحة السطح العاكس.

أقصى قيمة للتركيز تعطى بالعلاقة (8.2) [20] والتي يوضحها الشكل (12.2) :

$$C_{max} = \left(\frac{\sin\psi \cos(\psi + 0.276° + \frac{\delta}{2})}{\sin(0.276° + \frac{\delta}{2})}\right) \qquad (9.2)$$



الشكل (12.2): قيم التركيز الشمسي [32].

8.4.3.2 المردود الضوئي η_{optiqu}:

هو نسبة تدفق طاقة الممتصة من طرف المستقبل على نسبة التدفق الطاقوي المستقبلة من طرف العاكس [33] ويكتب بالعلاقة التالية:

$$\eta_{optique} = \frac{Q_{abs}}{Q_{ref}} \qquad (10.2)$$

حيث:

Qabs: يمثل التدفق الطاقوي الممتص من طرف المستقبل.

Qref : يمثل التدفق الطاقوي المستقبل من طرف العاكس.

ويكتب كذلك بالعلاقة التالية:

$$\eta_{optique} = (\alpha.\rho).S.\tau \qquad (11.2)$$

حيث:

τ: معامل النفاذية للزجاج إذا كان الهواء فإنه يساوي1.

S : معامل الظل يتراوح بين 4.95 بالتقريب 4.99 ويحسب بالعلاقة:

$$S = \frac{Aa - At}{Aa} \qquad (12.2)$$

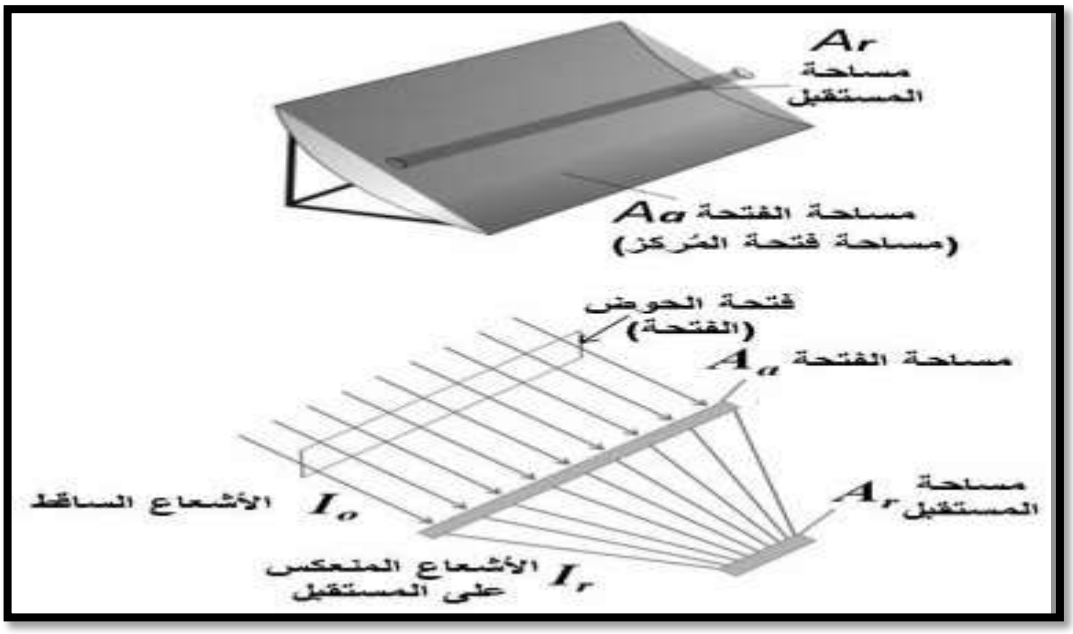
حيث:

Aa : مساحة فتحة الجسم الدوراني المكافئ.

A_t : تمثل المساحة المضللة للمستقبل التي لا تنعكس فيها الأشعة الشمسية الساقطة على العاكس[31].

α : معامل الامتصاص لسطح المستقبل.

ρ : معامل انعكاسية السطح العاكس .



الشكل(13.2): تمثيل لتركيز الأشعة الشمسية [1].

4.2 مزايا و عيوب المجمعات الشمسية المركزة:

للمركزات الشمسية جملة من العيوب والمزايا[1] كما هي مبينة في الجدول التالي:

الجدول (1.2): مزايا و عيوب المركزات الشمسية [1].

المزايا	العيوب
• تستخدم مرايا غير مرتفعة نسبيا. • لا توجد تكاليف للوقود. • القدرة متاحة 24 h في حالة وجود نظام التخزين الحراري • غير ملوثة للبيئة.	• تحتاج أنظمة المركزات الشمسية تتبع (تعقب) للحفاظ على تركيز أشعة الشمس على المجمع. • عدم القدرة على الطاقة في الحالات المتناثرة. • التكاليف المرتفعة. • تحتاج إلى مساحات شاسعة و أماكن محددة.

إضافة إلى ما هو مدون في الجدول من عيوب لعلى أهمها هو وجود بعض الضياعات (مفقودات) للأشعة الشمسية وذلك نتيجة بعض القصور في شكل القطع المكافئ الانعكاس الغير كامل على سطح المرايا والعدسات، بينما تكون الضياعات الناتجة عن الأجواء ما بين حوض القطع المكافئ والبؤرة تكاد تكون منعدمة.

يصمم الحوض بأن يكون غير ذي أهمية في حالة الطقس غير الملائم مما يقلل من كفاءة منظومة التركيزالشمسي إلى حد كبير، ولأنظمة المجمعات الشمسية المركزة نوعين من الكفاءة هما [1]:

- الكفاءة البصرية:

والتي تشير إلى قدرة كل مجمع لتركيز الأشعة الشمسية.

- كفاءة التحويل الشمسي إلى الكهرباء:

والتي تعني القدرة الكلية للنظام لتحويل الأشعة الشمسية إلى كهرباء.

في تكنولوجيا المجمعات في نقطة تكون الكفاءة أعلى من كفاءة التركيز الخطي.

5.2 خاتمة:

في هذا الفصل تم التعرف على مفهوم المركزات الشمسية وكذا أنواعها والتي تنقسم إلى مركزات نقطية ومركزات خطية بالإضافة إلى مبدأ عمل هذه المركزات الشمسية، أين وجدنا أن هذه المنظومة تقوم على وجود مركز ومستقبل وقد أعطينا الاهتمام الأكبر لقسم مركزات البؤرة النقطية وذلك لقيام الدراسة التجريبية عليها بهدف تركيز الإشعاع على مستوى البؤرة لتوجيهه نحو الوسط الفعال، و اختيارنا لهذا النوع من المركزات راجع لقلة التكاليف وسهولة العمل عليها مما جعلنا نتطرق إلى أهم المتغيرات والمعاملات الهندسية الخاصة بمركزات القطع المكافئ.

الفصل الثالث

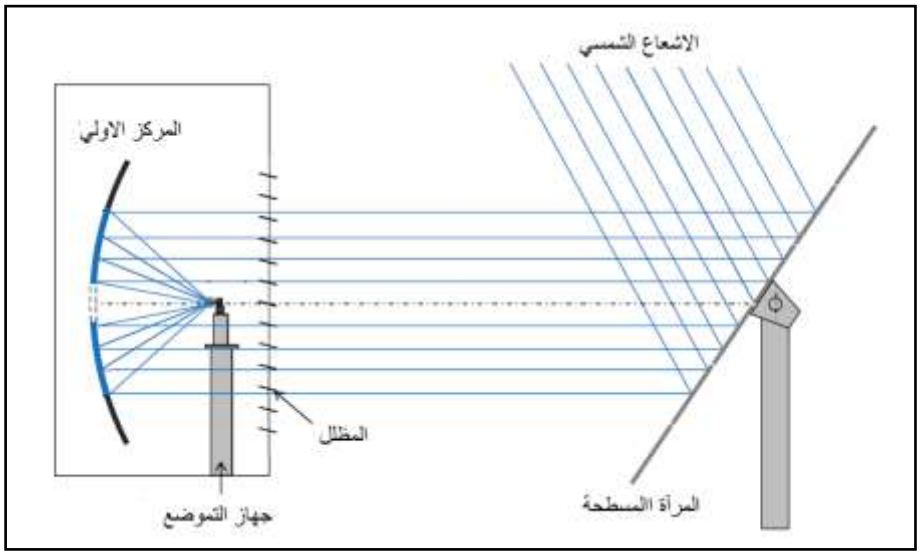
نتائج المحاكاة و مناقشتها

1.3 مقدمة:

برزت الطاقة الشمسية كأحد مصادر الطاقة المتجددة التي يمكن استخدامها على نطاق واسع في التطبيقات الصناعية حيث تشكل تكاليف الطاقة نسبة عالية من التكلفة الإجمالية، فضلاً عن كونها نظيفة، مستدامة...الخ.

يحتاج عدد كبير من التطبيقات الصناعية ومنها الليزر الشمسي إلى طاقة ذات شدة عالية، مما يتوجب استعمال مركزات قصد الحصول على طاقة ذات شدة عالية.

يتطلب الاستغلال الأمثل للطاقة الشمسية مرآة مسطحة يتم وضعها بالقرب من المركز الأولي مائلة بزاوية 45°، تجمع ثم توجه أفقيا الإشعاع الشمسي الوارد عليها نحو المركز كما في الشكل (1.3) بحيث يترتب عن استعمال المرآة المسطحة ضياعات ثم عن المركز الأولي ضياعات أخرى.



الشكل (1.3): منظومة تجميع وتركيز الإشعاع الشمسي.

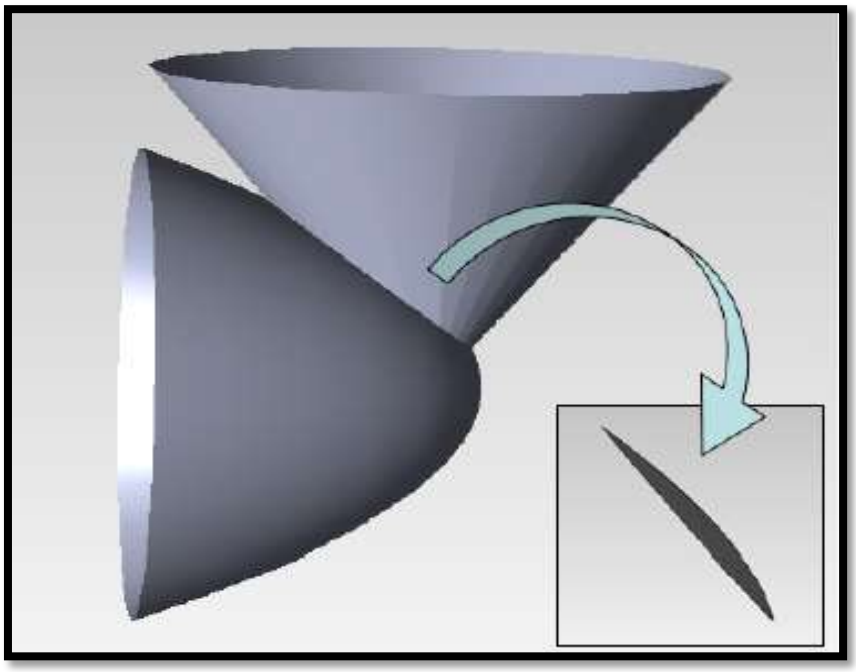
النموذج المقترح في هذه المذكرة يجمع بين دوري المرآة المسطحة والمركز ذو السطح المكافئ في وحدة واحدة و الذي يظهر في الشكل (2.3)، ويسمى بالمركز خارج المحور بسبب تركيزه الجانبي وبذلك نخفض من الضياعات.

يأتي الإشعاع عموديًا من المنبع (الشمس) للمركز خارج المحور فيتم تجميعه وتركيزه وإعادة توجيهه في نفس الوقت أفقيًا.

2.3 هندسة المُركِّز خارج المحور:

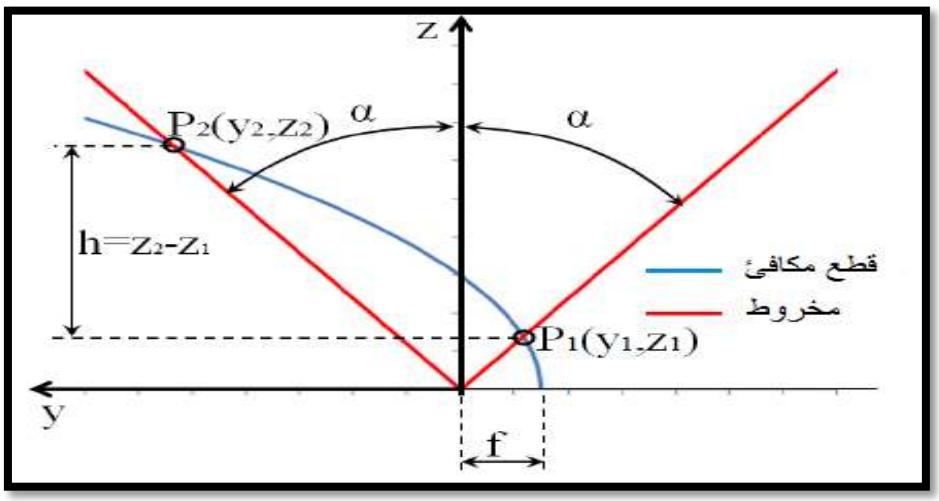
تتطلب التطبيقات الصناعية في معظم الحالات نسب تركيز عالية جدًا، الشكل الهندسي الذي يسمح بالحصول على أعلى نسب تركيز هو القطع المكافئ و تكون الأشعة القادمة موازية لمحور القطع المكافئ فتنعكس نحو نقطة محورية، لهذا السبب فإن النموذج المقترح يعتمد على هندسة القطع المكافئ.

علاوة على ذلك ينعكس الإشعاع الصادر من مرآة دائرية مكافئة الشكل مكونًا حزمة مخروطية من الأشعة تصل إلى نقطة التركيز، يجب أن يتم ترتيب هذه الأشعة بطريقة عمودية، الشكل المخروطي يساعد في تحديد المركز الشكل (2.3).



الشكل(2.3): تشكيل المركز خارج المحور.

من هذا المنطلق ينبثق المركز المقترح من تقاطع مجسمين: الأول قطع مكافئ والثاني مخروط.
تُعرَّف هندسته بأنها جزء من قطع مكافئ (محوره أفقي) يتقاطع مع مخروط حزمة الإشعاع الشمسي العمودية، ويكون رأسه في بؤرة القطع المكافئ الشكل (2.3).
تتميز الهندسة الناتجة بمقدارين رئيسيتين: نصف زاوية مخروط حزمة الإشعاع α والارتفاع h للمركّز والمبينة في الشكل (3.3).
α : تمثل زاوية المخروط الحد الأقصى الزاوي الذي يصل به الإشعاع الشمسي إلى البؤرة.
h: ارتفاع المكثف هو المسافة العمودية بين أعلى نقطة وأدنى نقطة (P_2 وP_1 على التوالي) حيث يتقاطع الجسمان الهندسيان ($h = z_2-z_1$).



الشكل (3.1): هندسة المركز خارج المحور.

بالنظر إلى العبارات الرياضية للمجسمين القطع المكافئ و المخروط قد تمت دراسة تقاطعهما من أجل الوصول إلى معادلة المركز خارج المحور.
يمكن كتابة العبارة العامة للقطع المكافئ على النحو التالي:

$$y = az^2 - f \qquad (1.3)$$

حيث f هو البعد البؤري للقطع المكافئ.

بالنظر إلى الشكل (3.3) واستبدال المعامل a بـ: (a = 1 / 4 f)، تصبح عبارة القطع المكافئ كما يلي:

$$y = \frac{z^2}{4f} - f \qquad (2.3)$$

من ناحية أخرى يمكن كتابة عبارتي الخطوط المستقيمة التي تمر بالنقطتين P_2 و P_1 على النحو التالي:

$$P_1 \rightarrow y = -\tan\alpha \,.\, z \qquad (3.3)$$

$$P_2 \rightarrow y = \tan\alpha \,.\, z \qquad (4.3)$$

يدرس التقاطع بين القطع المكافئ والخط المستقيم في النقطة P_2، فيتم الحصول على معادلة من الدرجة الثانية:

$$\frac{z_2^2}{4f} - f = \tan\alpha \,.\, z_2 \rightarrow \frac{z_2^2}{4f} - \tan\alpha \,.\, z_2 - f = 0 \qquad (5.3)$$

بعد ذلك يتم الحصول على z_2 كحل المعادلة السابقة:

$$z_2 = \frac{\tan\alpha \pm \sqrt{(-\tan\alpha)^2 - 4.\frac{-f}{4f}}}{\frac{2}{4f}} = \frac{\tan\alpha \pm \sqrt{(\tan\alpha)^2 + 1}}{\frac{1}{2f}} \qquad (6.3)$$

$$= \frac{\tan\alpha + \sqrt{(\tan\alpha)^2 + 1}}{\frac{1}{2f}}$$

فقط الحل الإيجابي لـ z_2 يجب أن يؤخذ في الاعتبار.

بعد ذلك يتم إتباع نفس الخطوات للتقاطع بين القطع المكافئ والخط المستقيم في النقطة P_1:

$$\frac{z_1^2}{4f} - f = -\tan\alpha \,.\, z_1 \rightarrow \frac{z_1^2}{4f} + \tan\alpha \,.\, z_1 - f = 0 \tag{7.3}$$

$$z_1 = \frac{-\tan\alpha \pm \sqrt{(\tan\alpha)^2 - 4.\frac{-f}{4f}}}{\frac{2}{4f}} = \frac{-\tan\alpha \pm \sqrt{(\tan\alpha)^2 + 1}}{\frac{1}{2f}} \tag{8.3}$$

$$= \frac{-\tan\alpha + \sqrt{(\tan\alpha)^2 + 1}}{\frac{1}{2f}}$$

أيضا:
بالنسبة لـ: z_1 يجب أن يؤخذ في الاعتبار فقط الحل الإيجابي كما كان الحال بالنسبة لـ: z_2.

يمكن الحصول على العبارة التي تعرف h مباشرة من المعادلتين 6 و8:

$$h = z_2 - z_1 \rightarrow h = \frac{\tan\alpha + \sqrt{(\tan\alpha)^2 + 1}}{\frac{1}{2f}} - \frac{-\tan\alpha + \sqrt{(\tan\alpha)^2 + 1}}{\frac{1}{2f}} \tag{9.3}$$

$$h = 4f\tan\alpha \tag{10.3}$$

أدت الدراسة الرياضية للمجسم الذي يمثل تقاطع القطع المكافئ والمخروط إلى معادلة بسيطة تبينها المعادلة(10.3) التي تميز هندسة المركز خارج المحور.
يستنتج من هذه العبارة أن كل من الارتفاع ونصف زاوية المخروط تحدد أبعاد وشكل المركز خارج المحور بمجرد أن يتم تحديد كلا المعاملين يتم تحديد البعد البؤري وبالتالي شكل المركز الشمسي بالكامل.

3.3 محاكاة المُركِّز خارج المحور:

في هذا الجزء سيتم تقديم أداة تصميم و نمذجة وتحسين أنظمة الليزر الشمسي المستعملة في هذه المذكرة.
يتم التحسين أولاً من خلال البرنامج ZEMAX، ثم بعد ذلك تتم نمذجة المقادير المميزة لمرنان الليزر بواسطة برنامج LASCAD لتحسين طاقة خرج الليزر وجودة حزمة الليزر.

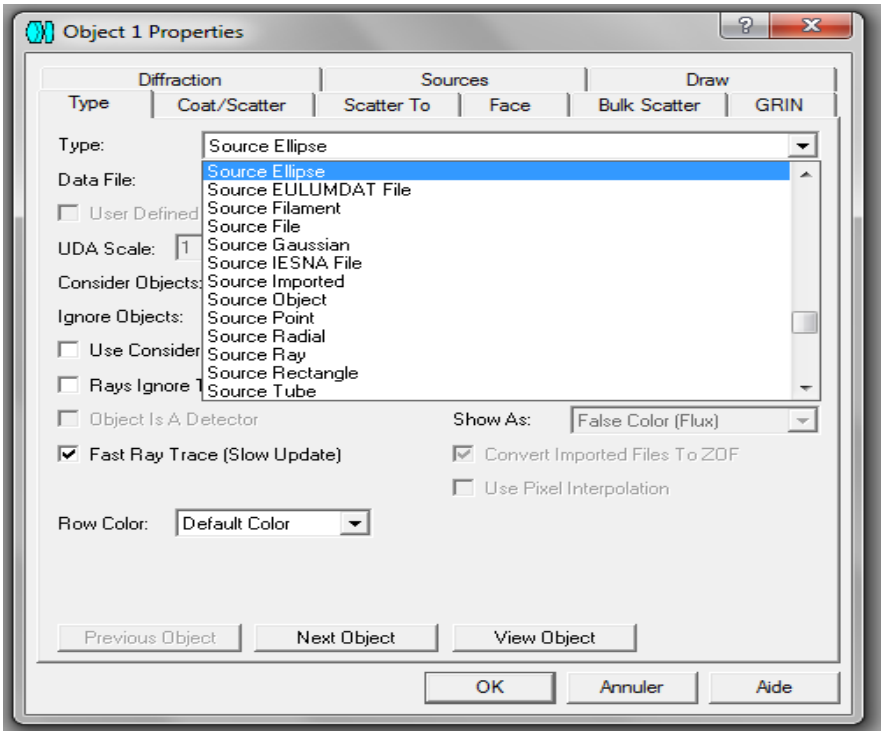
1.3.3 نمذجة نظام التركيز الشمسي باستعمال البرنامج ZEMAX:

1.1.3.3 البرنامج ZEMAX:

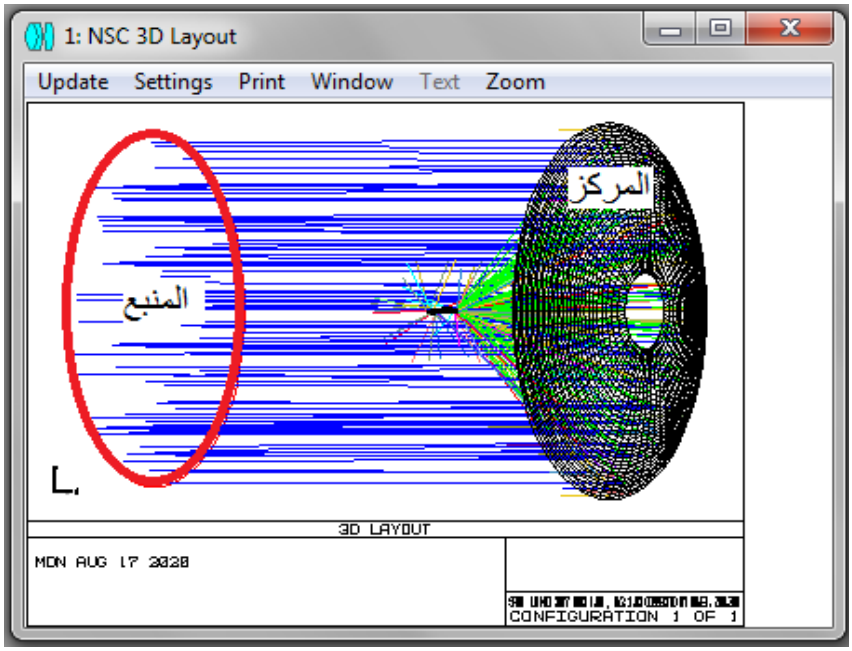
زيماكس ZEMAX هو برنامج يمكنه نمذجة الأنظمة البصرية وتحليلها والمساعدة على تصميمها، يمكن تقسيم العناصر المستعملة في هذا البرنامج إلى ثلاثة أنواع: المنابع، العناصر البصرية وأجهزة الكشف، كما هو موضح في الأشكال الموالية.

1.1.1.3.3 منبع الطاقة الشمسية:

توجد عدة أنواع من المنابع في برنامج ZEMAX، منها " Source Ellipse " وهو المنبع المستخدم لتمثيل مصدر الطاقة الشمسية، كما هو موضح في الشكلين(4.3) الذي يمثل نافذة المنابع و(5.3) صورة المنبع بمثابة مصدر الطاقة الشمسية.

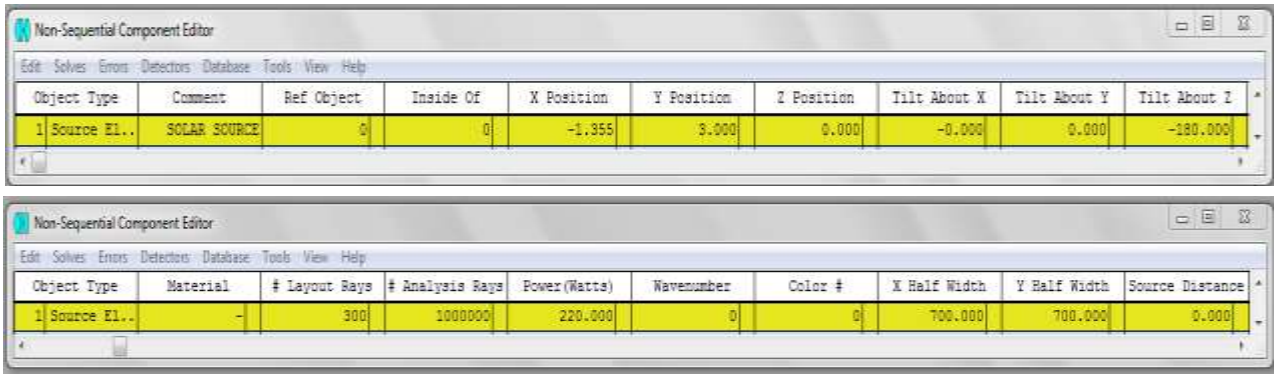


الشكل (4.3): نافذة المنابع في برنامج ZEMAX.



الشكل(5.3): المنبع الذي يمثل مصدر الطاقة الشمسية، "Source Ellipse".

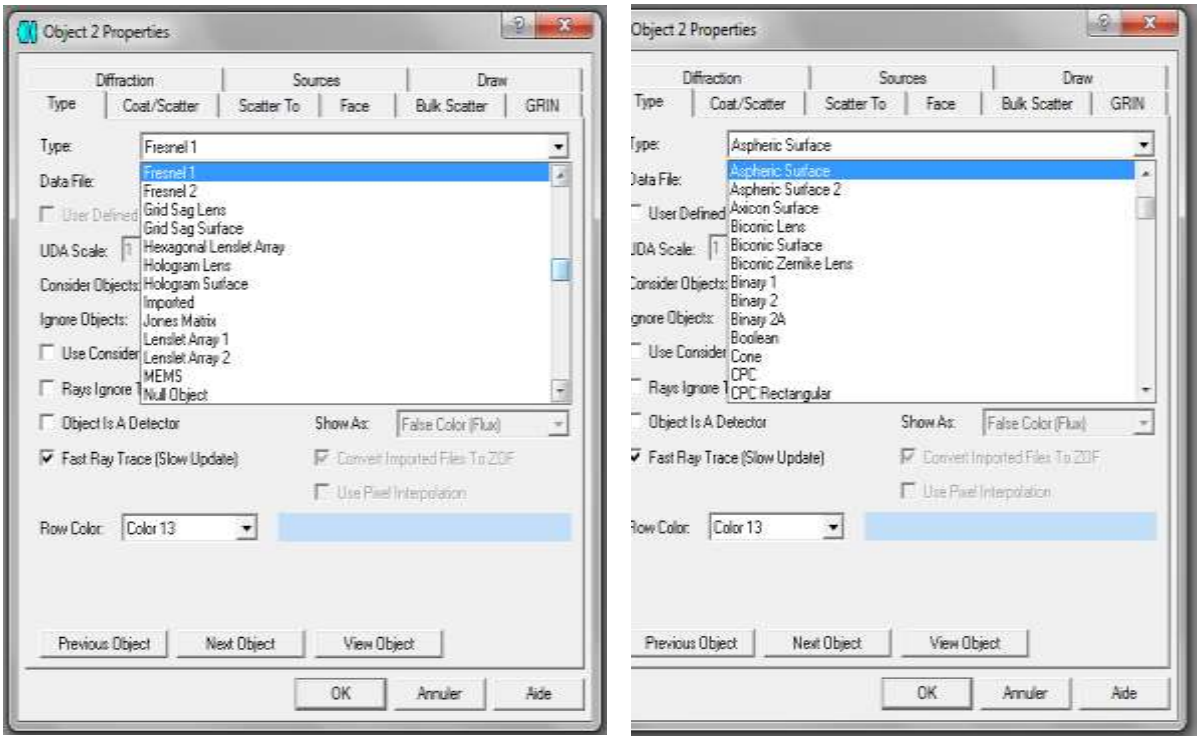
يملك كل عنصر في البرنامج إحداثيات على المحاور (x, y, z) وزوايا دوران حول هذه المحاور، أما الخانات الأخرى تختلف من عنصر إلى آخر، حيث تسجل فيها خصائص ومميزات كل عنصر في الشكل (6.3) أدناه والذي يمثل نافذة الإحداثيات والخصائص للمنبع الذي يمثل مصدر الطاقة الشمسية.



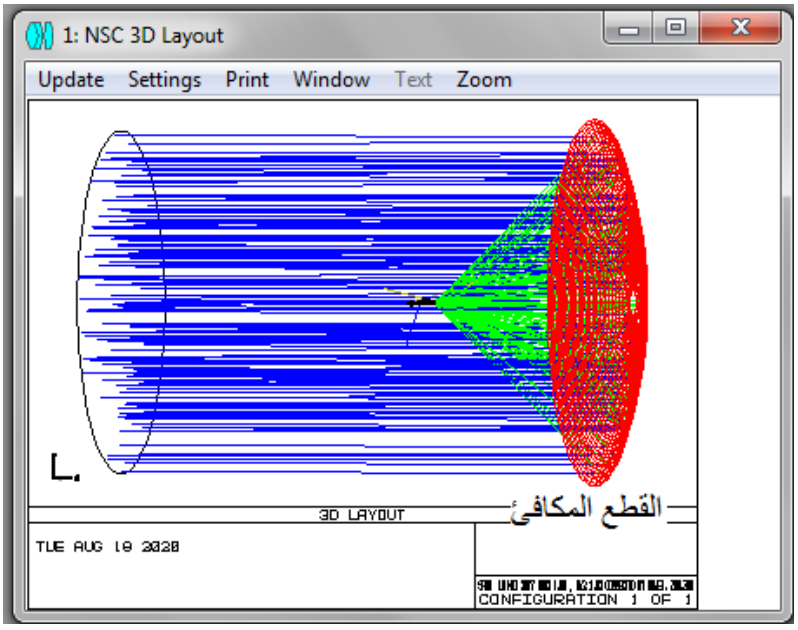
الشكل (6.3): نافذة الإحداثيات والخصائص في برنامج ZEMAX.

2.1.1.3.3 المركزات الشمسية:

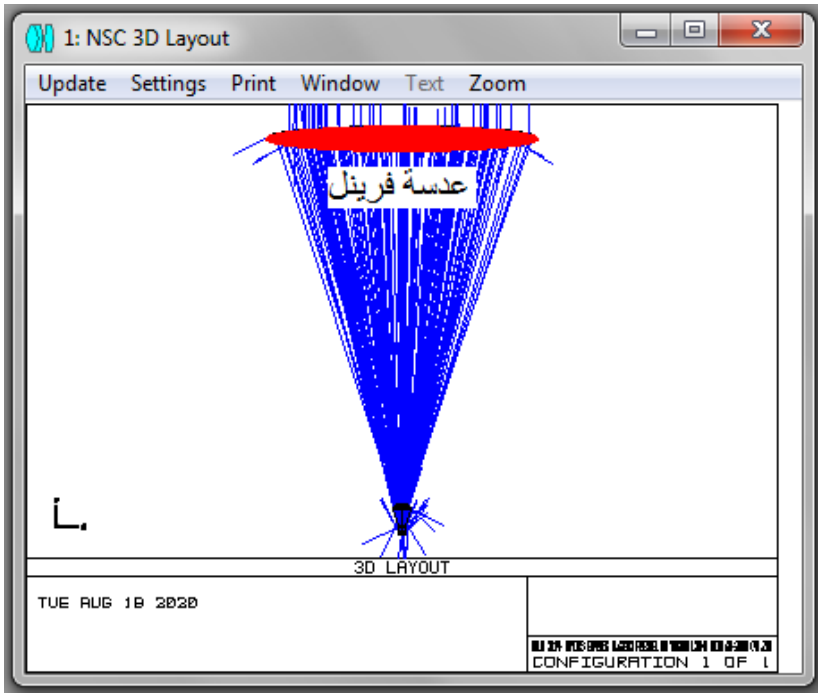
هناك عدة أنواع من المركزات في برنامج ZEMAX، من أهمها "Aspheric surface"و" Fresnel lens" وهما على التوالي القطع المكافئ وعدسة فرينل وهي المركزات الأكثر استخداما لتركيز الطاقة الشمسية، كما هو موضح في الأشكال (7.3) والتي تمثل نافذة المركزات، (8.3) المركز الشمسي ذو القطع المكافئ والشكل (9.3) الذي يبين المركز الشمسي بعدسة فرينل.



الشكل(7.3): نافذة المركزات في برنامج ZEMAX.

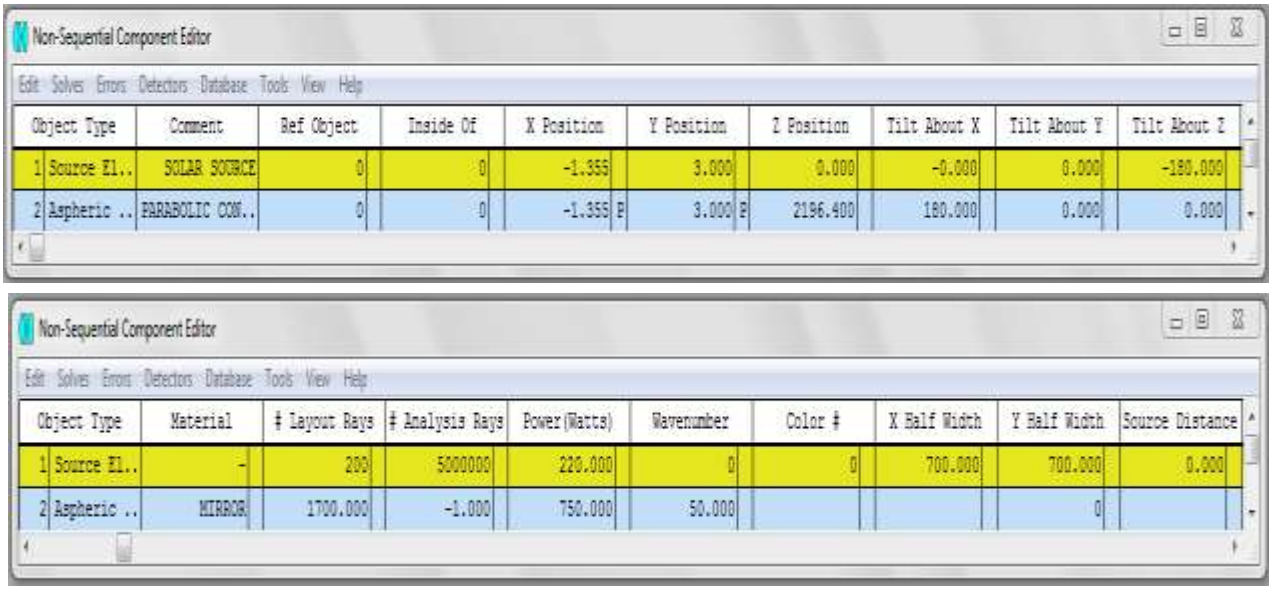


الشكل (8.3): المركز الشمسي ذو القطع المكافئ "Aspheric surface".

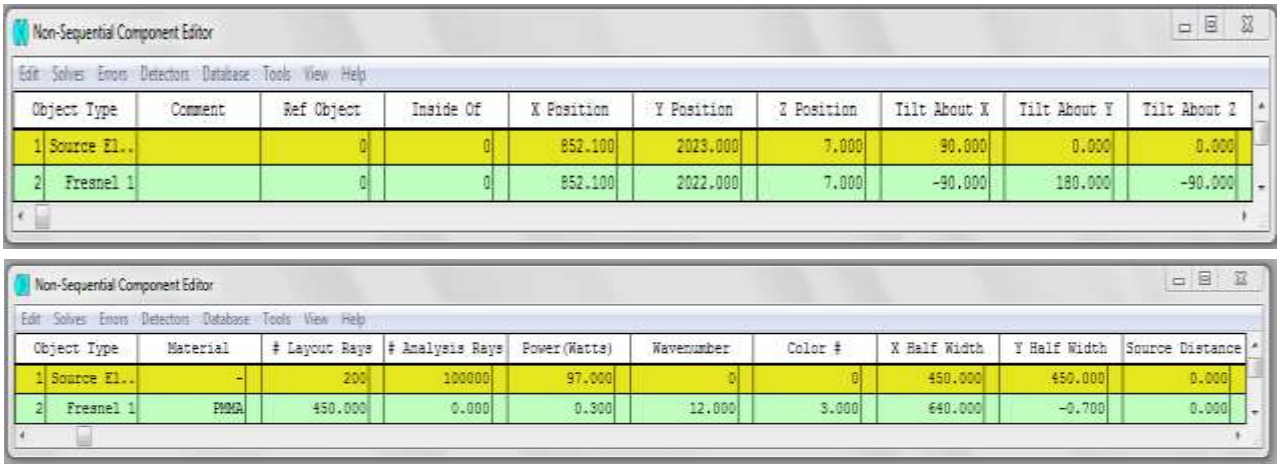


الشكل(9.3): المركز الشمسي بعدسة فرينل "Fresnel lens".

تمكن نافذة الإحداثيات والخصائص في برنامج ZEMAX من تحديد إحداثيات و زوايا الدوران حول المحاور وكذا خصائص ومميزات كل عنصر، كما في الشكل (10.3): النافذة الخاصة بالقطع المكافئ والشكل (11.3) النافذة الخاصة بعدسة فرينل.



الشكل(10.3): نافذة الإحداثيات والخصائص في برنامج ZEMAX للمركز ذو القطع المكافئ، "Aspheric surface".



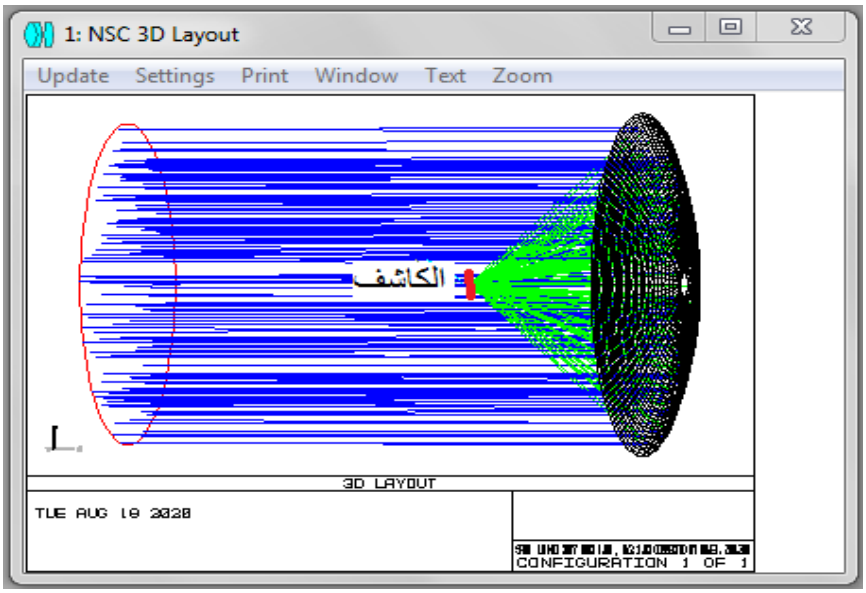
الشكل (11.3): نافذة الإحداثيات والخصائص في برنامج ZEMAX للمركز بعدسة فرينل، " Fresnel lens".

3.1.1.3.3 الكاشف الضوئي:

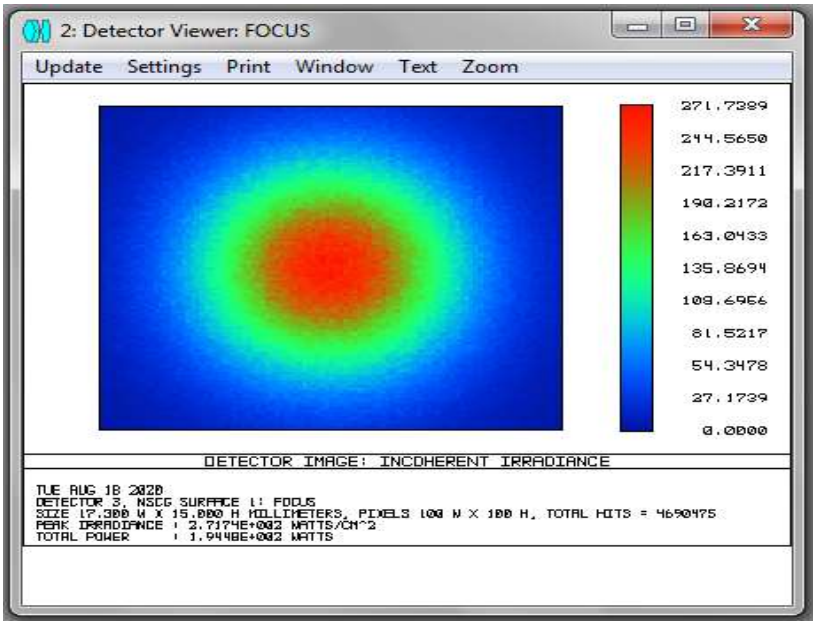
للحصول على معلومات تخص الطاقة الواردة أو الممتصة، من الضروري استخدام الكواشف الموجودة في برنامج ZEMAX. على سبيل المثال، لقياس الطاقة المركزة في بؤرة المركز الشمسي (القطع المكافئ وعدسة فرينل)، عادة ما يتم استخدام الكاشف المستطيل "rectangular detector" كما يظهر في الشكل (12.3).

يمكن وضع هذا النوع من الكواشف في أية نقطة من نقاط المنظومة البصرية حيث يمتص الكاشف الطاقة لأجل إعطاء المعلومات الخاصة بها الشكل (13.3).

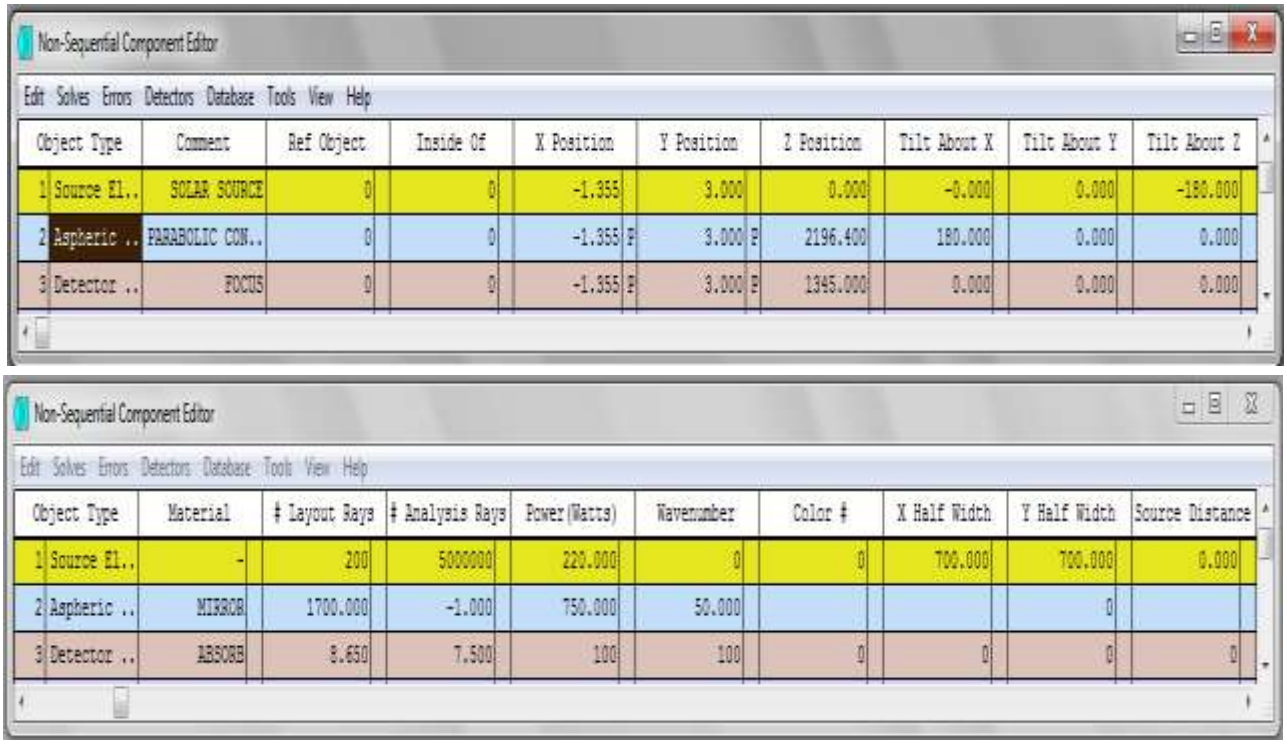
يسمح الكاشف المستطيل بتسجيل قدر كبير من البيانات، مثل قيمة الطاقة الواردة وتوزيع هذه الطاقة، كما يمكن وضع هذا النوع من الكواشف في أية نقطة من نقاط المنظومة البصرية حيث يمتص الكاشف الطاقة المركزة من أجل إعطاء المعلومات الخاصة بها.



الشكل (12.3): الكاشف الضوئي في بؤرة المركز، "rectangular detector".



الشكل (13.3): صورة تمثل توزيع الطاقة المركزة وكذلك قيمتها الكلية في بؤرة المركز ذو القطع المكافئ.



الشكل(14.3): نافذة الإحداثيات والخصائص في برنامج ZEMAX.

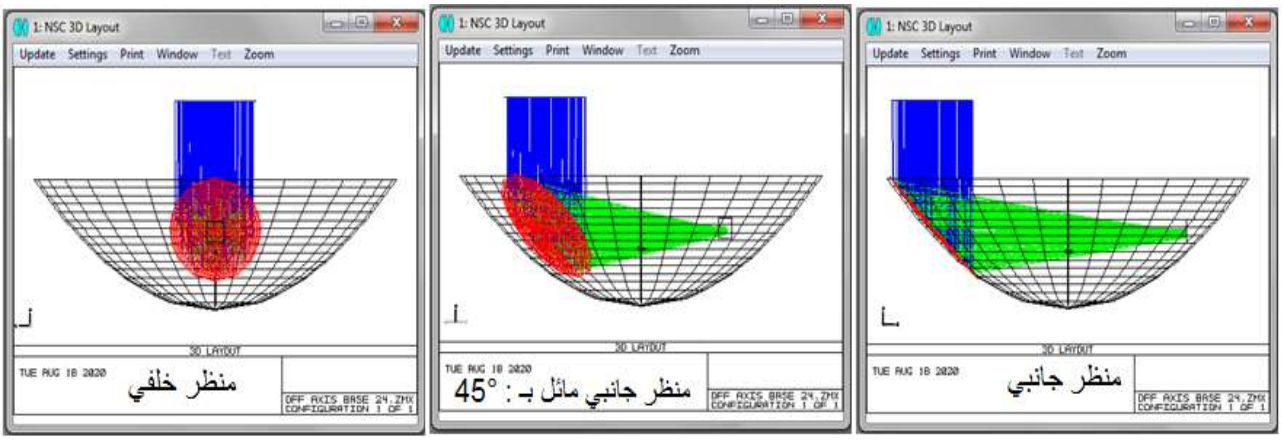
2.3.3 محاكاة تشكيل المُركِّز خارج المحور:

باستعمال البرنامج ZEMAX وانطلاقا من القطع المكافئ نقوم بتشكيل المُركِّز خارج المحور بالأبعاد التالية:

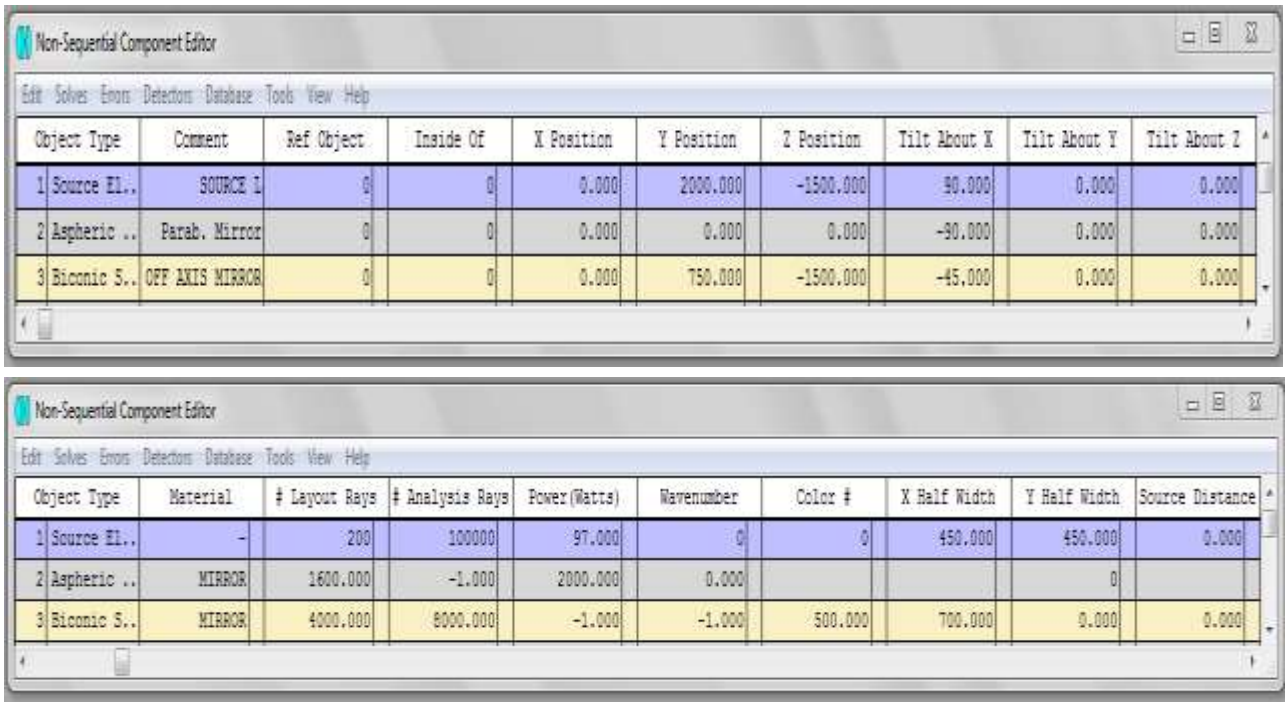
نصف القطر الكبير: 70 cm.

نصف القطر الصغير: 50 cm .

المثال الأول: المُركِّز خارج المحور ببعد بؤري قريب.



الشكل (15.3): المركز الشمسي خارج المحور (اللون الأحمر) ببعد بؤري قريب، " Concentrator Off - axis".



Non-Sequential Component Editor

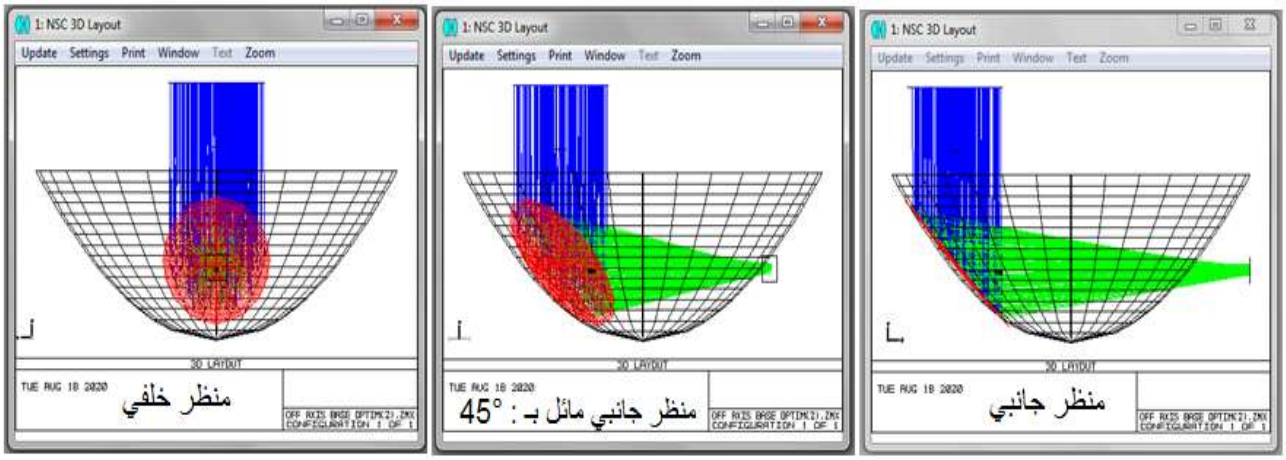
	Object Type	Comment	Ref Object	Inside Of	X Position	Y Position	Z Position	Tilt About X	Tilt About Y	Tilt About Z
1	Source El..	SOURCE 1	0	0	0.000	2000.000	-1500.000	90.000	0.000	0.000
2	Aspheric ..	Parab. Mirror	0	0	0.000	0.000	0.000	-90.000	0.000	0.000
3	Biconic S..	OFF AXIS MIRROR	0	0	0.000	750.000	-1500.000	-45.000	0.000	0.000

Non-Sequential Component Editor

	Object Type	Material	# Layout Rays	# Analysis Rays	Power(Watts)	Wavenumber	Color #	X Half Width	Y Half Width	Source Distance
1	Source El..	-	200	100000	97.000	0	0	450.000	450.000	0.000
2	Aspheric ..	MIRROR	1600.000	-1.000	2000.000	0.000			0	
3	Biconic S..	MIRROR	4000.000	6000.000	-1.000	-1.000	500.000	700.000	0.000	0.000

الشكل(16.3): نافذة الإحداثيات والخصائص في برنامج ZEMAX للعناصر التي من خلالها يشكل المركز الشمسي خارج المحور.

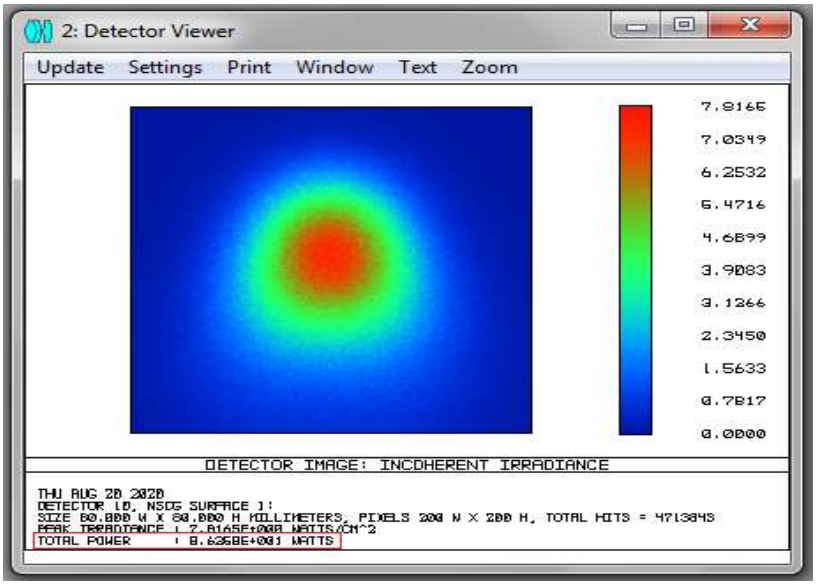
المثال الثاني: المُركِّز خارج المحور ببعد بؤري بعيد.

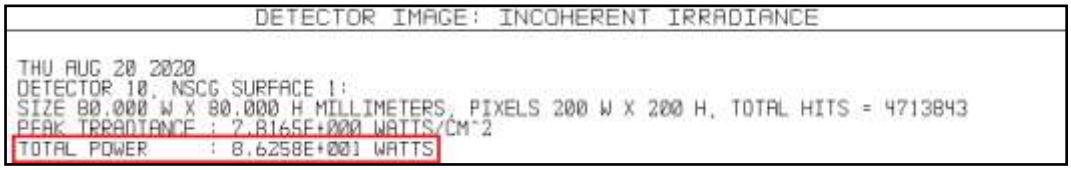


الشكل(17.3): المركز الشمسي خارج المحور (اللون الأحمر) ببعد بؤري بعيد، " Concentrator Off – axis".

3.3.3 نتائج محاكاة:

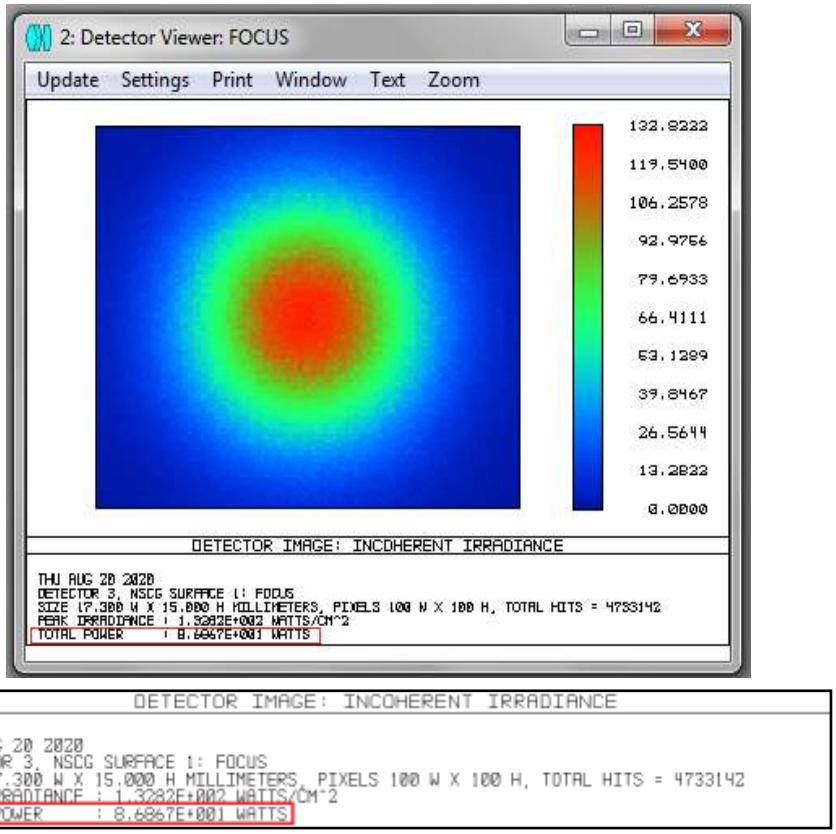
باستعمال الكاشف الضوئي الموضوع في بؤرة المركز الشمسي خارج المحور ذو المساحة $10995.6cm^2$ وبمصدر طاقة 97W تمكنا من قياس الطاقة الشمسية المركزة في هذه النقطة وكذلك تحديد توزيعها، فوجدنا أن الاستطاعة المركزة تساوي: 86.25W بتوزيع شبه قوسي كما في الشكل(18.3).





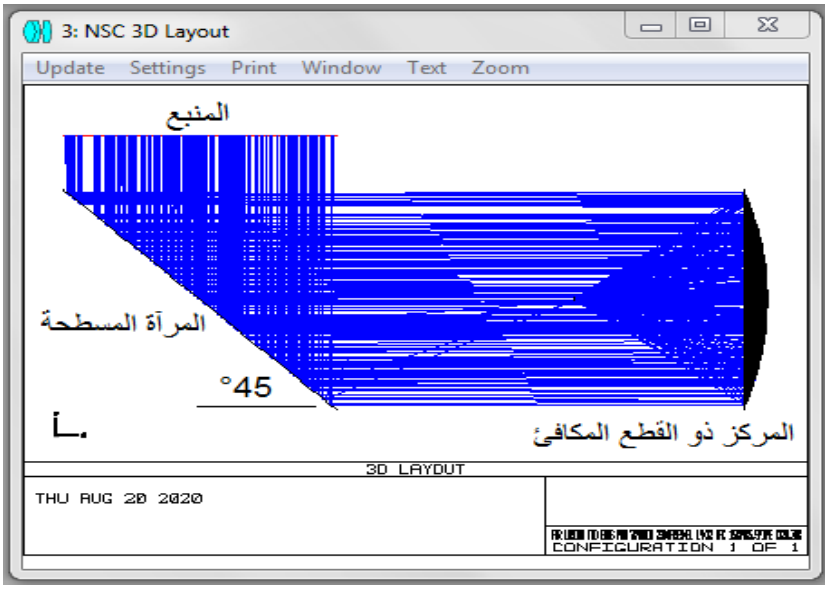
الشكل(18.3): صورة تمثل توزيع الطاقة المركزة وكذلك قيمتها الكلية في بؤرة المركز خارج المحور يجسدها الكاشف الضوئي.

بنفس الطريقة وباستعمال الكاشف الضوئي الموضوع في بؤرة المركز الشمسي ذو القطع المكافئ الذي لديه نفس مساحة المركز خارج المحور ($10995.6cm^2$) وبنفس مصدر الطاقة (97W) تمكنا من قياس الطاقة الشمسية المركزة في هذه النقطة وكذلك تحديد توزيعها، فوجدنا أن الاستطاعة المركزة تساوي 86.86W بتوزيع تقريبا قوسي كما في الشكل(19.3).

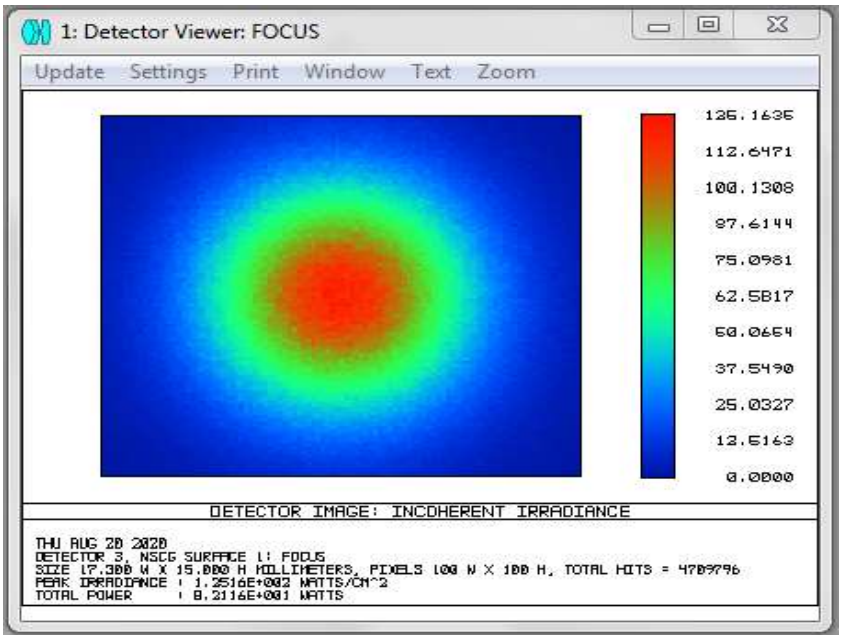


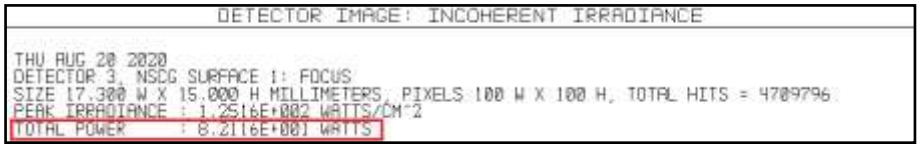
الشكل(19.3): صورة تمثل توزيع الطاقة المركزة وكذلك قيمتها الكلية في بؤرة المركز ذو القطع المكافئ يجسدها الكاشف الضوئي.

نستخدم منظومة تحتوي على مرآة مسطحة تستقبل الإشعاع الوارد عموديا من المنبع وتوجهه أفقيا نحو المركز ذو القطع المكافئ المبين في الشكل(19.3) وباستعمال الكاشف الضوئي الموضوع في بؤرة المركز الشمسي الذي لديه نفس مساحة المركز خارج المحور $10995.6cm^2$ وبنفس مصدر الطاقة 97W تمكنا من قياس الطاقة الشمسية المركزة في هذه النقطة وكذلك تحديد توزيعها، الاستطاعة المركزة تساوي 12.82W بتوزيع تقريبا قوسي الشكل (20.3)، ينتج عن استعمال المرآة المسطحة ضياعات يجسدها الفارق بين نتيجتي القياس: 86.86W (بدون مرآة مسطحة) و82.12W (باستعمال مرآة مسطحة).



الشكل (20.3): منظومة تجميع وتركيز الإشعاع الشمسي باستعمال برنامج ZEMAX (مرآة مسطحة ومركز ذو قطع مكافئ).





الشكل (21.3): صورة تمثل توزيع الطاقة المركزة وكذلك قيمتها الكلية في بؤرة المركز ذو القطع المكافئ وباستعمال مرآة مسطحة يجسدها الكاشف الضوئي.

الجدول (1.3): النتائج المسجلة للطاقة الشمسية المركزة (الاستطاعة) لمنظومات تجميع وتركيز الإشعاع ال

منظومة تجميع وتركيز الإشعاع الشمسي		
مرآة مسطحة ومركز ذو قطع مكافئ	مركز ذو قطع مكافئ	المركز خارج المحور
الاستطاعة المسجلة (W)		
82.12	86.87	86.25

4.3.3 تحليل نتائج المحاكاة:

انطلاقا من مصدر طاقة ذي 97W ، بلغت قيمة الاستطاعة المركزة بواسطة المركز الأولي وهو عبارة عن قطع مكافئ: 86.87W وانخفضت هذه القيمة إلى 82.12W نتيجة استعمال المرآة المسطحة. لتفادي هذه الضياعات تم تصميم المركز خارج المحور الذي يؤدي دوري المرآة المسطحة والمركز الأولي في نفس الوقت وبنفس مساحة المركز الأولي فأدت النتائج المسجلة إلى 86.25W وتم بذلك تعويض الضياعات الناتجة عن المرآة المسطحة.

4.3 خاتمة:

تنقسم عملية تركيز الطاقة الشمسية إلى قسمين: مرحلة التجميع والتوجيه وتتم عموما بواسطة مرآة مسطحة تستقبل الإشعاع الشمسي الوارد عليها عموديا (تتموضع مائلة بزاوية 45° بالنسبة للمحور البصري للمركز الأولي) لتوجهه أفقيا نحو المركز الأولي. يترتب عن هذه المنظومة ضياعات مضاعفة الأولى ناتجة عن المرآة المسطحة والثانية عن المركز الأولي وقصد تحسين مردود منظومة تجميع وتركيز الإشعاع الشمسي،

تدمج وظائف العنصرين (المرآة المسطحة والمركز الأولي) فيما يسمى بالمركز خارج المحور حيث تقتصر الضياعات على هذا الأخير.

وقد حققت نتائج المحاكاة ذلك حيث تحصلنا تقريبا على نفس الاستطاعة المركزة باستعمال المركز خارج المحور والمركز الأولي وحيدا (المركزين لهما نفس المساحة) أي انه تم تعويض الضياعات الناتجة عن المرآة المسطحة وبالتالي تحسين مردود منظومة تجميع وتركيز الإشعاع الشمسي التي سوف تؤدي بالضرورة إلى تحسن كفاءة الليزر الشمسي.

خاتمة عامة

خاتمة عامة

تعتمد تقنية الحصول على الليزر الشمسي على تركيز الاشعة الشمسية بواسطة المركزات الشمسية بغية الوصول إلى مستويات طاقة عالية، لهذا تعرفنا على منظومة تجميع وتوجيه وتركيز الإشعاع الشمسي باستعمال مرآة مسطحة ومركز قطع مكافئ باعتبارها وسيلة فعالة للاستفادة من أشعة الشمس، هذه الورقة يجعل استعراض حول التطور الأخير لتطبيقات الطاقة الشمسية المركزة باستخدام المرايا المسطحة.

تهدف هذه الدراسة إلى محاولة تحسين أنظمة التركيز الشمسي بالتقليل من الضياعات الناتجة من المرآة المسطحة والمركز ذو القطع المكافئ من خلال الجمع بين وظيفتي كل عنصر بصري في وحدة بصرية واحدة تسمى بالمركز خارج المحور المنبثقة من مجسمين مخروط ومركز قطع مكافئ، وبهذا تم العمل على جزئين، الجزء الأول يهتم بالدراسة الرياضية لتحديد المركز خارج المحور من خلال دراسة تقاطع القطع المكافئ مع مخروط حزمة الأشعة العمودية بغية الوصول إلى معادلة تربط مقادير مميزة للمركز خارج المحور من نصف الزاوية القصوى للمخروط والتي تجعل الاشعة تصل إلى بؤرة القطع المكافئ وإرتفاع مركز القطع المكافئ هذا ما يقودنا إلى معرفة البعد البؤري وبالتالي سهولة تصميم هذا المركزالشمسي ونمذجته، أما الجزء الثاني يتناول الدراسة التطبيقية عن طريق محاكاة المركز خارج المحور باستعمال برنامج ZEMAX من خلال وضع الكاشف الضوئي على بؤرة مركز خارج المحورذومساحة $210995.6cm^2$ وطاقة 97w لتحديد قيمة طاقة و توزيع الأشعة الشمسية على مستوى البؤرة المحورية، وتجدر الإشارة هنا أنه تم استخدام بلورة مادة النيوديوم الياغ (Nd:YAG) كوسط فعال.

بينت النتائج التجريبية أن قيمة الطاقة المركزة على البؤرة المحورية في حالة استعمال المرآة المسطحة تقدر82.12w، في حين تزداد هذى القيمة في حالة المركز خارج المحور لتصل إلى: 86.25w وهي مساوية بالتقريب قيمة الطاقة في حالة استعمال مركز القطع المكافئ والتي قدرت ب: 86.86 w وهذا راجع إلى تعويض الضياعات البصرية الناتجة عن المرآة المسطحة وبالتالي الكفاءة العالية لمنظومة المركز خارج المحور، كما أظهرت النتائج أن الاستطاعة ذات توزيع قوسي والذي تتناقص نسبته كلما ابتعدنا عن منطقة البؤرة.

إن هذه الدراسة أظهرت لنا نتائج واعدة قد تتيح استبدال نظام التجميع والتركيز للاشعاع الشمسي بنموذج المركز خارج المحور ذوالكفاءة العالية مما يفتح آفاقا لتطوير أنظمة التركيز البصرية لاستخدامها في توليد أشعة الليزر.

قائمة المراجع

قائمة المراجع

* مراجع اللغة العربية:

[1] كاميليا يوسف محمد، تكنولوجيا المركزات الشمسية CSP، دار الكتب و الوثائق القومية، السويس (2018).

[2] عفاف شارف وفتيحة سعود،إنتاج ليزر الطاقة الشمسية بواسطة المركزات الشمسية، مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة ورقلة (2018).

[4] سفيان بن حميدة ومبروك غوقالي، سلسلة الطاقات المتجددة، مطبعة الزوار، (2009).

[5] محمد أحمد بن خليل، الطاقة الشمسية واستخداماتها، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة.

[6] أحمد فتحي قدري، أسس إنتقال الحرارة، جامعة الملك عبد العزيز، النشر العالمي، الطبعة الاولى (1994).

[8] يوسف عياش سعود، تكنولوجيا الطاقة البديلة، عالم المعرفة، الكويت، (1981).

[9] نورخلف و لامية حشيفة، استعمال الطاقة الشمسية لتسخين المياه الصحية، مذكرة ليسانس أكاديمي، جامعة الوادي، (2012).

[13] نبيل شهيد، تقنيات الطاقة لحساب الإشعاع الشمسي الساعي بمساعدة الحاسوب، الطاقة و الحياة، العدد 23، (2006).

[17] كريستوف ردخر وآخرون، ترجمة دينا برهان ، مستقبل تكنولوجيا الطاقة الشمسية في العالم، جرين بيس، 44، (2009).

[18] حليمة أولاد سالم، تقدير الإشعاع الشمسي في منطقة ورقلة وتأثير طرق التتبع الشمسي وزوايا توجيه اللاقط على شدة الإشعاع الشمسي، مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة ورقلة، (2016).

[19] عبدالبار سوداني، دراسة نظرية لمجمع الشمسي أسطواني مقعر ذي غطاء زجاجي، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، (2016).

[22] الداوي تميم العلوي، الداوي رضا الطاقات البديلة و المتجددة، مذكرة ليسانس ،جامعة ورقلة ،2011.

[23] تجاني بثينة و.نصيرهيفه، دراسة المركز الشمسي ذي القطع المكافئ، مذكرة ماستر، (2017).

[30] سلمي سميحة و عوينات نور الهدى، دراسة كفاءة الليزر الشمسي بواسطة الضخ عند الطرف Nd:YaG مذكرة تخرج لنيل ماستر أكاديمي بجامعة حمه لخضر بالوادي، (2018).

[26] الضاوية مسعودي، تأثير مخروط عاكس على تركيز مركز شمسي، مذكرة ماستر جامعة قاصدي مرباح بورقلة، (2016).

*** مراجع الغة الأجنبية:**

[3] Rahmani Djelloul, "Analyse de système de concentration solaire pour la production d'hydrogène (cas de L'Algerie)", le diplôme de magester, universite Hassiba Ben Bouali de Chlef, Algérie, (2012).

[7] A.ASAYIGH, Characteristics Of Solar Radiation, Solar Energy Conversion, Pergamum Press, Ontario, (1979).

[10] Hamani 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, mémoire de magister, Université Mohamed Khider- Biskra, (2005).

[11] Stine WB, Diver RB. A compendium of solar dish/Stirling technology Reportno, SAND93-7026 Sandia national labs albuquerque nm, (1994).

[12] Belhadj Mohammed, Analyse et Conception d'un Système autonome de captage solaire hybride (photovoltaïque/thermique) à Concentration, Thèse de doctorat de l'Université Tahri Mohammed, Béchar, (2017).

[14] Hernández H, Bibiana C. El concentrator solar come media alternative de un horns, Division de processos de processor de production, Universidad technological de Tabasco. TabascoP: 1-84, Trabajo recepional (2010).

[15] A.A SFEIR G. GUARRACINO, ingénieur des systèmes solaires, application a l'habitat, technique et documentation, Edition paris, (1981).

[16] K-Messaitfa, Evaluation de l'apport quantitatif des inclinaisons optimales d'un Système de pompage photovoltaïques– enersole'01-adrar- Algérie p:255-272, (2001).

[20] Newton, C. Christopher. A, Concentrated Solar Thermal Energy System, The Florida State University FAMU-FSU College of Engineering, A Thesis submitted to the Department of Mechanical Engineering in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, (2007).

[21] Abdalhadi YASSER, devellopement of optical systems for directly solar pumped laser systems, thése de doctorat, University de Berlin, (2005).

[25] M. Mouzouris and M. J. Brooks, Construction of a Composite Material Solar Concentrator for High Heat Flux Applications University of KwaZulu-Natal, Durban, 4041, South Africa, (2014).

[27] Ghani A, Ruddin M, Gan CK, Affandi R. Development of design parameters forthe concentrator of parabolic dish (PD) based concentrating solar power (CSP) under Malaysia environment. J Appl Sci Agric, 9:42–8, (2014).

[29] Tabet Ismail, Etude, Realisation et simulation d'un capteur solaire, thèse de doctorat, Universite des freres mentouri Constantine, (2016).

[31] Thakkar V, Doshi A, Rana A. Performance analysis methodology for parabolic dish solar concentrators for process heating using thermic fluid. IOSR J12(1):101–14 Mech Civ Eng, (2015).

[32] Sebastián Mendoza And Al, modeling generation systems from using solar stirling engines parabolic dishes (solar / dish), p05, (2012).

***المواقع الإلكترونية:**

[24] http://www.andi.dz/index.php/ar/les-energies-renouvelables (20/04/2020)

[28] http://dx.doi.org/10.2172/1013041(21/04/2020)

الملخص:

يهدف تحسين مردود أنظمة الليزر الشمسي إلى الحصول على أكبر طاقة ليزر انطلاقا من الطاقة الشمسية المركزة المستعملة في تحفيز الوسط الليزري مما يتوجب تحسين أداء منظومة تجميع وتركيز الطاقة الشمسية وكذلك منظومة توليد أشعة الليزر (رأس الليزر).

في هذا العمل تركز التحسين على تطوير أداء منظومة تجميع وتركيز الطاقة الشمسية وهذا باستبدال المجمع والمركز بالمركز خارج المحور، باستعمال عنصرين منفصلين للتجميع و التوجيه (مرآة مسطحة) ثم التركيز (قطع مكافئ) سجلت المحاكات قيمة الاستطاعة المركزة التالية: 82.12watt بينما باستعمال المركز فقط تحصلنا على: 86.87watt، هذا الانخفاض ناتج عن الضياعات على مستوى المرآة المسطحة، لتفادي هذا الانخفاض في الطاقة تم تصميم المركز خارج المحور الذي يؤدي دوري المرآة المسطحة والمركز الأولي في نفس الوقت وبنفس مساحة المركز الأولي أدت النتائج المسجلة إلى: 86.25watt وتم بذلك تعويض الضياعات الناتجة عن المرآة المسطحة، هذا التحسين بالتاكيد يؤثر بالايجاب على قيمة طاقة الليزر المولدة.

الكلمات المفتاحية: تركيز الاشعاع الشمسي، المركز الشمسي ذو القطع المكافئ، المركز الشمسي خارج المحور، كفاءة منظومة التركيز

Résumé:

L'amélioration de l'efficacité des systèmes laser solaires vise à obtenir une puissance laser maximale à partir de la lumière solaire concentrée optimale stimulant un milieu laser, ce qui nécessite l'amélioration des performances du système de collection et de concentration de l'énergie solaire ainsi que du système de génération de faisceau laser (tête laser). Dans ce travail, l'amélioration s'est focalisée sur le développement du système de collection et de concentration solaire, en assemblant le collecteur et le concentrateur en un seul élement appelé, off-axis concentrateur. En utilisant deux éléments séparés, le premier pour la collection et l'orientation de la lumière solaire (miroir plan), le deuxième pour la concentration (concentrateur parabolique) les resultats de simulation ont donné puissance concentrée de: 82,12 watts, en n'utilisant que le concentrateur parabolique nous avons obtenu: 86,87 watts, cette diminution est due aux pertes du miroir plan. Pour éviter cette chute de puissance, le off-axis concentrateur, qui joue la role du miroir plan et du concentrateur parabolique, est conçu avec la même surface que le concentrateur parabolique, le résultat enregistré est: 86,25 watts, éliminant ainsi les pertes résultant du miroir plan. Cette amélioration affectera positivement par la suite la puissance laser générée.

Mots clés: concentration du rayonnement solaire, concentrateur solaire parabolique, concentrateur solaire off- axis, efficacité du système de concentration