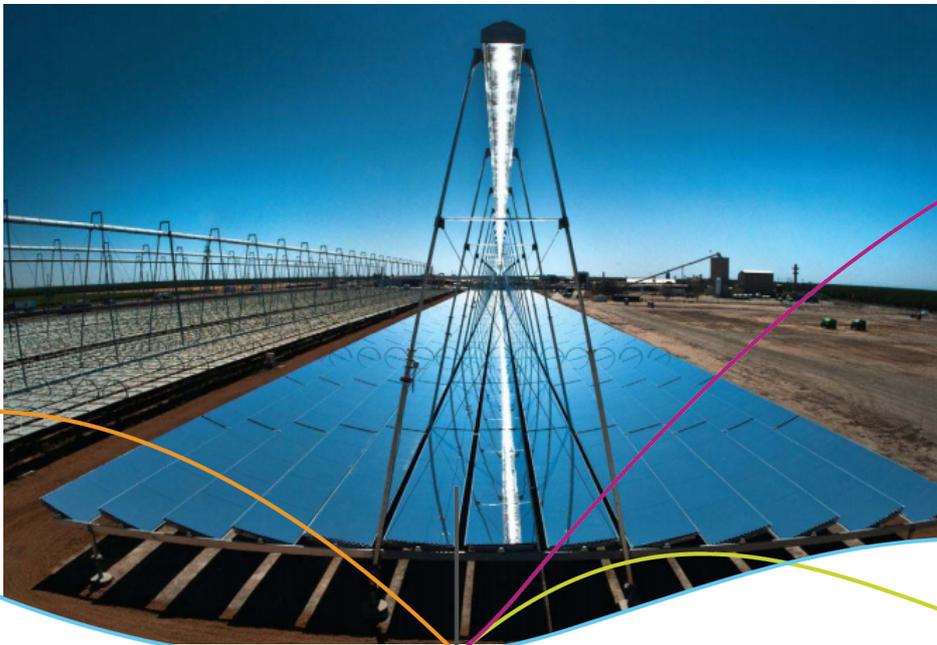


Concentrateurs solaires et production électrique



Enseignant responsable
J. Abdul Aziz

Étudiants :
Axel Augeard
Côme Cabriel
Clément Le Berre

Mingliang Pan
Xiasu Yang

Date de remise du rapport : 15/06/2014

Référence du projet : STPI¹/P6/2014 – 041

Intitulé du projet : Concentrateurs solaires et production électrique

Type de projet : Expérimental, Bibliographie

Objectifs du projet :

- Etudier les différents concentrateurs solaires et comparer leurs caractéristiques ainsi que leur fonctionnement.
- Etudier le principe de la production électrique solaire.
- Mettre au point une méthode de modélisation, réaliser une expérience et l'interpréter.

1. INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES DE ROUEN
DÉPARTEMENT SCIENCES ET TECHNIQUES POUR L'INGÉNIEUR
685 AVENUE DE L'UNIVERSITÉ BP 08- 76801 SAINT-ETIENNE-DU-ROUVRAY
TÉL : 33 2 32 95 66 21 - FAX : 33 2 32 95 66 31

Table des matières

1	Introduction	4
2	Méthodologie / Organisation du travail	5
3	Différence entre les concentrateurs solaires	7
3.1	Concentration Ponctuelle	7
3.2	Concentration linéaire	9
4	Aspects environnemental, économique et humain du solaire thermique	14
4.1	Introduction	14
4.2	Aspect écologique	15
4.3	Aspect économique	15
4.4	Aspect social	16
5	Production électrique	17
5.1	La génération de puissance	17
5.2	Le cycle de Rankine	17
5.3	Rendement	19
5.4	Les fluides caloporteurs	19
5.5	Le champs solaire	21
6	Les expériences réalisées	22
6.1	Présentation des dispositifs	22
6.2	Compte-rendu des expériences	23
7	Conclusions et perspectives	27
8	BIBLIOGRAPHIE	28
8.1	Aspects environnemental, économique et humain du solaire thermique	28
8.2	Différence entre les concentrateurs solaires	28
8.3	Production électrique	28
8.4	Etude d'une centrale solaire : Nevada Solar One	29
ANNEXE		30
	Histoire du solaire thermique	30
	Etude d'une centrale solaires : Nevada Solar One	31
	Schéma de montage	33

1 Introduction

Dans le cadre du projet de physique du semestre quatre, nous avons choisi le sujet « concentrateurs solaires et production électrique ». Cet intitulé nous a séduit, car nous sommes tous concernés par les énergies alternatives, qui sont au cœur de l'actualité, suite au récent incident nucléaire et à l'inflation considérable du prix du pétrole. Nous avons donc voulu nous consacrer à ce que pourrait être les centrales de demain, les centrales solaires thermiques. Nos connaissances sur ce sujet avant de commencer nos travaux étaient très minces, puisque nous connaissions plus l'énergie solaire photovoltaïque, qui est plus répandue en France, notamment chez les particuliers.

Ce projet va nous permettre d'appliquer la théorie à la pratique et surtout de perfectionner notre capacité à travailler en groupe, puisque nous ne nous connaissions pas vraiment avant cette matière. Nous avons donc dû rapidement trouver nos repères afin d'être efficaces. Ces aspects du projet sont fondamentaux dans le métier d'ingénieur, et nous préparent aux travaux que nous aurons à faire l'année prochaine. La mise en place d'une méthodologie pour la répartition des tâches va être fondamentale, afin d'optimiser notre efficacité dans le travail.

Dans ce rapport, nos objectifs seront de situer les centrales solaires thermiques dans la société actuelle, puis de comprendre le fonctionnement de celles-ci ; des différentes méthodes de concentration solaire jusqu'à la production d'énergie électrique ; afin de réunir les connaissances suffisantes à la mise en œuvre d'expériences. L'analyse de ces expériences va nous permettre de confronter les acquis théoriques avec la réalité, à une échelle réduite.

Les expériences que nous avons réalisées au cours de ce semestre ont été permises par l'INSA, qui nous a mis à disposition un miroir concave, un solarimètre, un thermomètre et des projecteurs.

2 Méthodologie / Organisation du travail



FIGURE 2.1: Organisation du travail

La première séance a été une séance de découverte. En effet, nous avons dans un premier temps découvert les autres membres de notre projet vu que nous nous ne nous connaissions pas. Est venu ensuite la découverte du sujet du projet. En naviguant sur internet nous avons découvert que nous ne connaissions pas grand chose sur le sujet. Nous l'avons donc étudié pour fixer les domaines que nous allons aborder.

Lors de la deuxième séance nous avons continué un peu à nous renseigner sur le sujet. Nous avons alors été capable de faire le plan de notre sujet et de nous répartir les rôles. Lors des 2-3 séances suivantes nous avons travaillé sur la partie théorique du sujet afin de bien être au point sur tout ce qu'il y a à savoir et ainsi avoir les connaissances nécessaires pour faire les expériences. Xiasu et Mingliang ont travaillé sur les concentrateurs solaires : ils ont étudié toutes leurs caractéristiques et leurs différences. Côme et Axel se sont occupés de la partie de la production d'électricité : l'étude des cycles des machines thermiques, des fluides caloporteurs... Clément, de son côté, a réalisé une étude complète d'une centrale thermique solaire pour bien mettre en relation les 2 parties précédentes.

Une fois que nous avons fini nos parties théoriques et bibliographiques nous nous sommes lancés dans les expériences. Il a d'abord fallu trouver différentes expériences à faire et rassembler le matériel nécessaire. Nous avons commencé par faire quelques mesures pour mesurer la distance focale du miroir que l'INSA nous a fourni, calculé le coefficient de concentration... Après nous avons été dépendant du soleil, car nous en avons besoin pour réaliser nos expériences en plein air. Nous nous sommes donc retrouvés des mardis ou jeudi après-midi pour faire nos expériences. Ensuite nous les avons interprétées, nous en avons tiré des conséquences. Nous aurions aimé faire d'autres expériences (nous avons des idées) mais

nous n'avons jamais retrouvé du soleil à un moment où plusieurs d'entre nous étaient disponibles pour aller faire les expériences.

Les dernières séances ont été consacrées à la rédaction et la finalisation du rapport. Nous nous sommes appliqués à réaliser un rapport propre et cohérent.

On peut dire que nous nous sommes bien entendus dans le groupe. Nous avons partagé le travail de manière équitable, il n'y avait pas de chef. Chacun a donné du sien et le projet s'est très bien passé.

3 Différence entre les concentrateurs solaires

3.1 Concentration Ponctuelle

3.1.1 Centrales à tour

Introduction

Ce type de concentration est constitué de nombreux miroirs concaves concentrant les rayons vers une chaudière située au sommet d'une tour centrale. Les miroirs uniformément répartis sont appelés héliostats. Ce type de concentration nous permet d'atteindre des températures importantes, de 800°C à 1000°C. La puissance maximale peut varier entre 1.5 MW (*Jülich Solar Tower* en Allemagne) et 600 MW (*Ivanpah Solar Power Facility* aux États-Unis). Le rendement total est approximativement 17% (Chiffre pris de la centrale *PS10* en Espagne).



FIGURE 3.1: La centrale Gemasolar, Séville

Avantages

- Ce type de concentration a une haute efficacité de conversion et une température potentielle au-delà de 1000°C.
- Stockage à une température haute.
- Il est possible d'effectuer de l'opération hybride.

Désavantages

L'investissement et le coût exigé sont importants, et il n'est pas pratique pour la commercialisation.

3.1.2 Les centrales à capteurs paraboliques(Plat/moteur)

Introduction

Ce système convertit l'énergie thermique du rayonnement solaire en énergie mécanique, puis en énergie électrique de la même manière que les centrales classiques convertissent l'énergie thermique provenant de la combustion d'un combustible fossile en l'électricité. Il utilise un réseau de miroirs pour réfléchir et concentrer le rayonnement direct entrant à un récepteur, afin d'atteindre les températures nécessaires pour convertir efficacement la chaleur à travailler. Cela exige que le miroir suive le soleil dans deux axes. Le rayonnement solaire concentré est absorbé par le récepteur et transféré à un moteur. La centrale à capteurs paraboliques entraîne un rendement haut de l'énergie solaire à électricité(entre 31% et 32%), sa puissance varie entre 10MW et 100MW.



FIGURE 3.2: Capteur parabolique "Dish-stirling" à Phoenix, Arizona

Les composantes importantes

– *Concentrateur*

Le concentrateur solaire est composé d'une surface réfléchissante de verre ou de plastique et concentre le rayonnement incident à son foyer. Sa taille dépend évidemment de la puissance solaire requise. Comme ordre de grandeur, on peut considérer qu'un concentrateur de 10 m de diamètre peut fournir jusqu'à 25 KW d'électricité sous un rayonnement de 1000 W/m^2 . Le concentrateur possède deux degrés de liberté afin de suivre efficacement le soleil. Ce suivi s'effectue de façon tout à fait autonome, contrairement aux capteurs cylindro-paraboliques.

– *Récepteur*

Le récepteur absorbe l'énergie réfléchiée par le concentrateur et la transfère au fluide thermodynamique. La température de la source chaude peut être adaptée en plaçant le récepteur plus ou moins loin du foyer du collecteur afin de réduire l'intensité du rayonnement lui parvenant.

Il existe deux types généraux de récepteurs, les récepteurs Stirling-éclairage directe (*direct-illumination receiver, DIR*) et les récepteurs indirects qui utilisent un fluide caloporteur intermédiaire.

Avantages

Systèmes plat / moteur sont caractérisés par une grande efficacité, modularité, autonomie de fonctionnement, et une capacité inhérente hybride (la capacité à fonctionner sur l'énergie solaire ou un combustible fossile, ou les deux). De toutes les technologies solaires, les systèmes plat / moteur ont montré la plus grande efficacité de conversion solaire-électrique, et donc le potentiel pour devenir l'une des sources les moins chères de l'énergie renouvelable. La modularité des systèmes plat / moteur leur permet d'être utilisés individuellement pour des applications à distance, ou regroupés pour une petite grille (puissance de village) ou des applications de services publics de fin de ligne. Les systèmes plat / moteur peuvent aussi être hybridés avec un combustible fossile pour fournir la puissance.

Désavantages

Cette technologie est en phase de développement d'ingénierie et de défis techniques restent concernant les composants solaires et la disponibilité commerciale d'un moteur.

3.2 Concentration linéaire

3.2.1 Miroir cylindro-parabolique

Introduction

La technologie des capteurs cylindro-paraboliques est actuellement la plus éprouvée des techniques de concentration solaire. De nombreuses installations ont déjà été testées et commercialisées, dont certaines dans les années 80. La centrale *Solana CSP Plant* est une centrale récemment construite aux états-unis, elle a une puissance maximale de 280MW et un rendement total de 20%.

Les composantes importantes

- *Le collecteur*



FIGURE 3.3: Le collecteur cylindro-parabolique

→Le réflecteur parabolique :

Les miroirs sont composés de verre pauvre en fer, dont la transmissivité atteint 98%. Ce verre est recouvert d'une pellicule d'argent en sa partie inférieure, et d'un enduit spécial de protection. Un réflecteur de bonne qualité peut réfléchir 97% du rayonnement incident. Le facteur de concentration pour un capteur cylindro-parabolique est d'approximativement 80%.

→Le système de poursuite solaire

Le rôle du mécanisme de poursuite est d'adapter l'inclinaison du capteur de manière à ce que la radiation solaire incidente soit toujours perpendiculaire au réflecteur. De cette manière, la radiation est réfléchi au foyer de la parabole et concentrée sur un tube récepteur dans lequel circule le fluide caloporteur.

→Le tube collecteur

Il doit avoir les caractéristiques suivantes :

(1) Bonne absorption du rayonnement : son coefficient d'absorption doit être aussi élevé que possible afin d'éviter toute réflexion du rayonnement incident.

(2) Pertes thermiques limitées : La température du tube dépassant généralement 400°C, les pertes par échanges convectifs et radiatifs sont très importantes. Afin de les limiter, le tube est entouré d'une enveloppe de verre sous vide.

– *Le champ solaire*

Le champ solaire est la partie réceptrice de l'installation : la radiation solaire y est transformée en énergie thermique. Les collecteurs sont connectés en série pour former de longues files qui à leur tour sont connectées en parallèle. La taille du champ solaire dépend de la puissance désirée et de la température du fluide caloporteur en sortie.

Les collecteurs sont alignés dans la direction nord-sud, et disposent d'un système mono-axial de poursuite du soleil dans la direction est-ouest. Un capteur permet de contrôler la position du soleil par rapport à la rangées de collecteur. Cette information est transmise au système de contrôle central qui ajuste l'angle d'inclinaison en fonction.

Avantages

- Disponible commercialement, avec une production de plus de 12 milliards kWh. La température atteinte s'élève à 500°C (400°C actuellement).
- L'investissement et le coût d'opération sont moins chers par rapport aux autres.
- Il a le meilleur facteur d'utilisation des terres de toutes les technologies solaires.
- Nécessite le moins de matériel.
- Le concept hybride est déjà utilisé.
- La capacité de stockage est plus grande.

Désavantages

L'utilisation du fluide caloporteur (huile) restreint la température atteinte à 400°C.

3.2.2 Collecteurs Fresnel Linéaires

Introduction

Un facteur de coût important dans la technologie des collecteurs cylindro-paraboliques est la mise en forme du verre pour obtenir la forme parabolique requise.

Afin de diminuer ce coût, plusieurs groupes de recherche travaillent sur des prototypes de collecteurs de Fresnel à focalisation linéaire. L'idée est d'approximer la forme parabolique du collecteur par une succession de miroirs plane (comme indiqué sur la figure). La puissance atteinte varie entre 5MW (*Kimberlina Solar Thermal Energy plant*, californie) et 30MW (*Puerto Errado 2*, espagne) avec un rendement maximal de 38% (*Puerto Errado 2*).

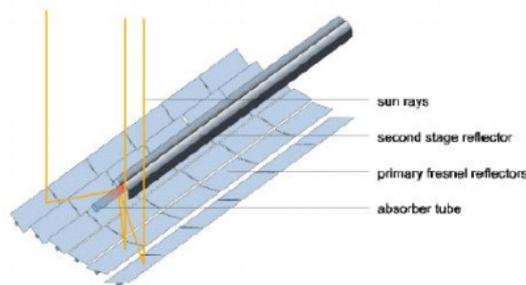


FIGURE 3.4: Collecteur Fresnel Linéaire

Les composantes importantes

– Les réflecteurs

Un premier étage de réflecteurs est installé sur le sol. Le rayonnement est réfléchi au foyer de la parabole approximée par le jeu de miroirs. Un deuxième étage de réflecteurs redirige le rayonnement vers le tube récepteur.

Ce second étage de réflecteurs, en plus de réfléchir le rayonnement, joue aussi le rôle d'isolant pour le tube récepteur. Il est en effet recouvert d'une importante couche d'isolation en sa partie supérieure. La partie inférieure est quant à elle isolée par une vitre.

– Les récepteurs

1. *Le tuyau non-évacué, avec un miroir secondaire* : Recouvert de verre afin de diminuer les pertes de chaleur.

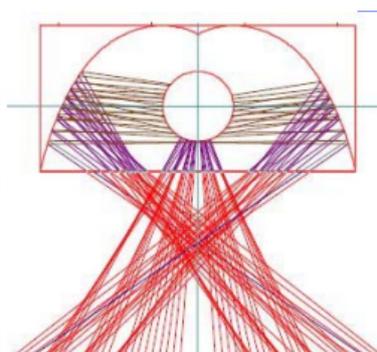


FIGURE 3.5: Tuyau non-évacué

2. *Le tuyau évacué, avec un miroir secondaire* : Pas de verre autour du tuyau rendement optique légèrement inférieur par rapport à celui du tube non évacué.



FIGURE 3.6: Tuyau évacué

3. *Plusieurs tuyaux parallèles* : Recouverts de verre afin de diminuer les pertes de chaleur.

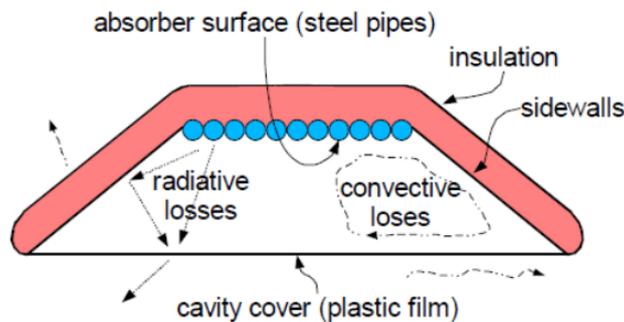


FIGURE 3.7: Tuyaux parallèles

Avantages

- Moins de miroirs utilisés.
- Pas de vide à l'intérieur du tube récepteur, ce qui facilite sa conception et sa durabilité.
- Les contraintes mécaniques dues à la poussée du vent sont réduites par la disposition plane des miroirs.
- Réduction du coût de la construction en raison d'un assemblage rapide.
- Faible risque d'entraîner des dommages.
- L'utilisation des terres est plus efficace.



FIGURE 3.8: Centrale Fresnel

Désavantages

- La performance optique est inférieure par rapport au miroir cylindro-parabolique.
- Un miroir secondaire est souvent demandé.
- Période d'opération moindre.

les différences entre le collecteur Fresnel linéaire et le miroir cylindro-parabolique

1. Le tube de récepteur est fixé quand le miroir suit le soleil
2. Le miroir creux se divise en plusieurs petites facettes de miroir

4 Aspects environnemental, économique et humain du solaire thermique

4.1 Introduction

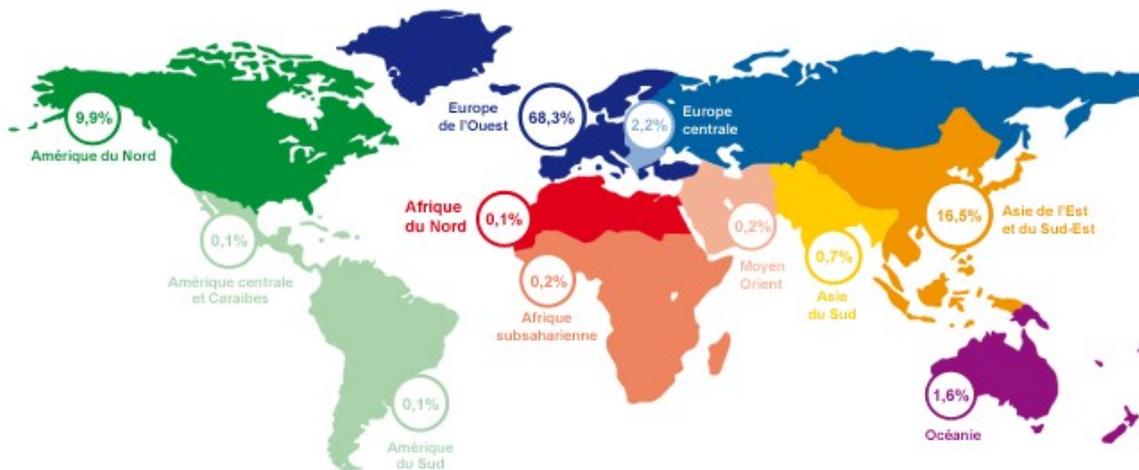


FIGURE 4.1: La répartition de la production solaire dans le monde en 2010

Cette figure nous montre la répartition de la production solaire dans le monde, concernant la utilisation d'énergie solaire thermique et photovoltaïque, voici les chiffres importants cités par EDF :

- 33.2TWh produits
- 0.2 % de la production électrique
- 38 452 Mwc de capacité installée, presque cinq fois plus qu'en 2007(8295 Mwc)
- 56.4 % de croissance en 2010
- 77.9 % de la production assurée par quatre pays : Allemagne, Espagne, Japon, États-Unis.
- 76,2 % des capacités situées dans l'Union européenne (29 321 Mwc)

4.2 Aspect écologique

Depuis trop longtemps tout le monde s'est appuyé sur les énergies fossiles pour se développer mais on savait très bien que ces ressources ne sont pas éternelles et que leurs gisements arriveront à terme dans les décennies à venir. Il faudra alors se tourner vers d'autres sources d'énergies, mais ceci prendra du temps. Donc si on ne veut pas connaître quelques années de récession à cause du manque d'énergie, on se doit de se tourner le plus rapidement possible vers ces autres sources d'énergies afin d'assurer une bonne transition énergétique.

De plus nos émissions de gaz à effet de serre augmentent continuellement depuis le début de la révolution industrielle, le trou dans la couche d'ozone s'agrandit de plus en plus, certaines villes comme Pékin sont sans arrêt dans un gros nuage de pollution. Notre planète est en train de mourir : nos eaux sont polluées, la déforestation gagne du terrain, les glaciers fondent, chaque jours des espèces animales et végétales disparaissent...

Même si nous avons fait déjà beaucoup de mal à notre planète, nous pouvons encore essayer au moins d'arranger la situation en nous tournant vers des énergies plus propres comme le solaire thermique. En effet, cette technique nous permet de produire de l'électricité au même titre que le nucléaire, le charbon et le gaz mais contrairement à ces deux derniers, la production d'énergie solaire ne rejette pas de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et à la différence du nucléaire, il n'y a pas de déchets toxiques. Il est indéniable que d'un point de vue écologique nous ferions mieux de favoriser les énergies renouvelables comme le solaire thermique au nucléaire-charbon-gaz.



4.3 Aspect économique

Le premier point positif est que le rayonnement solaire, nécessaire à la production d'énergie thermique, est totalement gratuit au même titre que le vent pour l'éolien. Ce n'est pas le cas dans tous les moyens de production d'énergie, ainsi les investisseurs sont à l'abri d'une augmentation des matières premières comme l'uranium, le charbon, la biomasse (bois ou granule)...

Cependant l'accès à l'énergie solaire pour les particuliers reste encore difficile, car les prix sont élevés et le retour sur investissement long (il faut compter au moins 10 ans). Mais plus

les gens vont s'acheter des systèmes solaires plus le secteur du solaire se développera et plus le prix de ces installations diminueront.

Néanmoins pour qu'une telle installation devienne le plus rapidement rentable il faut qu'il y ai régulièrement du soleil. Comme on a pu le voir sur une carte dans la partie précédente, toutes les régions du monde ne sont pas autant ensoleillée. Par exemple installer une centrale solaire thermique en Sibérie n'a aucun intérêt d'un point de vue financier (aussi énergétique puisqu'on ne produira rien). En effet l'installation d'une centrale solaire thermique coûte très cher, comme nous le verrons plus tard.

Si on s'intéresse aux coûts de production des différents types d'énergies on remarque que le solaire thermique coûte encore très cher. Ainsi, en France, le coût de production d'un Méga Watt heure d'énergie solaire thermique est d'environ 300. Si on veut comparer ce chiffre avec celui de l'énergie nucléaire (la principale source d'énergie en France) dont le prix est de 49.5/MWh, on constate que le solaire thermique est 6 fois plus cher que le nucléaire. Il est même 15 à 20 fois plus cher que l'hydraulique. C'est aujourd'hui une des sources d'énergies les plus chers en France. Cependant dans certains autres pays, plus ensoleillés le coût de production de cette énergie est moins important car ils l'ont plus développé. Or en France elle n'est pas assez développée pour le moment. Il faut donc qu'on développe le solaire thermique afin que son coût de production diminue, c'est d'ailleurs un des objectifs de la France en matière de politique énergétique. Grâce à nos futures avancées techniques et technologiques, le but est de baisser le coût de production autour de 50/MWh dans les régions les plus favorables de France (la meilleure région est la Corse). De plus développer l'énergie solaire thermique pourrait avoir un aspect social intéressant (plus que l'hydraulique) en créant des emplois notamment.

4.4 Aspect social

Tout d'abord, il est important de noter que développer les énergies renouvelables comme l'énergie solaire thermique permettra de créer beaucoup d'emplois, or ce ne serait pas un luxe dans des périodes comme en ce moment. Bien sûr ces emplois seront créés sur le long terme, entamer une révolution énergétique prendra du temps mais elle peut être génératrice d'une grande quantité d'emplois dans divers domaines et de divers niveaux de qualification. Ainsi on aura besoin de personnes dans tous ces corps de métier : fabrication, assemblage, plomberie, installation, construction, industrie minière, RD, haute technologie, consultation, ingénierie...

De plus on peut dire que le fait que grâce à une simple installation chez soi, chacun peut produire de l'énergie thermique, transformée en électricité, et la partager et ainsi se sentir concerné, impliqué par la question énergétique. L'exploitation de l'énergie solaire thermique est un très bon moyen de favoriser les projets collectifs. Le fait de partager l'énergie qu'on a produite dans son quartier ou sa ville amplifie le sentiment d'appartenance à un groupe et rassure les gens qui ont du mal à trouver leur place dans la société.

5 Production électrique

5.1 La génération de puissance

Comme on l'a vu les concentrateurs solaires servent à capter l'énergie thermique. Après avoir donc capté l'énergie thermique grâce aux concentrateurs, les fluides caloporteurs sont chauffés. Ces fluides suivent alors un cycle dont le but final est de générer dans un premier temps de la puissance mécanique puis de la puissance électrique. Pour cela les centrales thermiques utilisent le plus souvent un cycle de Rankine, du nom du chercheur qui l'a inventé.

5.2 Le cycle de Rankine

Le cycle de Rankine est un cycle moteur et c'est le cycle qui se rapproche le plus du cycle de Carnot. Le cycle de Carnot est le cycle « idéal », c'est celui qui est supposé amener le meilleur rendement possible, seulement il n'est pas réalisable en pratique (il faudrait des surfaces d'échanges infiniment grandes et des transformations infiniment lentes). Le cycle de Rankine se distingue de celui de Carnot en utilisant deux transformations isobares au lieu des deux transformations isothermes du cycle de Carnot, ce qui rend le cycle réalisable pratiquement. Par conséquent le rendement de ce cycle sera inférieur à celui du cycle idéal de Carnot.

On dit que le cycle de Rankine est un cycle endoréversible car les seules irréversibilités de ce cycle sont issues des échanges de chaleur avec l'extérieur. En revanche les autres transformations sont réversibles car il n'y a pas d'échanges de chaleur qui interviennent.

Voici les quatre transformations du cycle de Rankine :

1 → 2 : Il s'agit d'une compression qui est adiabatique et réversible, cette transformation est donc isoentropique.

2 → 3 : Le fluide subit une vaporisation isobare. Cette vaporisation se caractérise tout d'abord par une chauffe isobare du liquide puis ce liquide s'évapore de manière isobare et isotherme. Cette transformation est irréversible.

3 → 4 : Cette étape correspond à une détente adiabatique, la pression diminue sans échange de chaleur avec l'extérieur. Cette transformation est également réversible donc isoentropique.

4 → 1 : Enfin le fluide se liquéfie de façon isobare et irréversible.

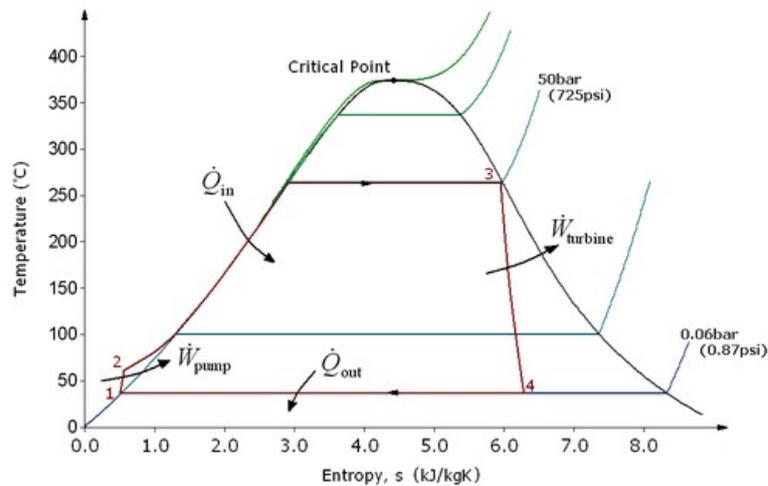
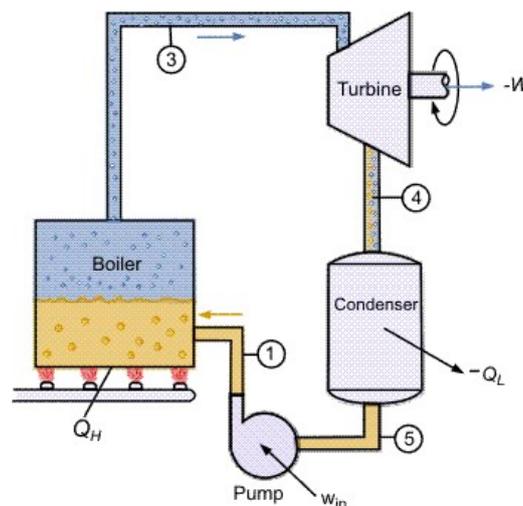


FIGURE 5.1: Cycle de Rankine

Après avoir fait une étude plus thermodynamique du cycle du fluide voyons quels types de machines thermiques il traverse et ce qui s'y passe.

Voici le cycle que suit le fluide :



Attention : Les numéros qui sont sur le dessin ne correspondent pas à ceux utilisés dans la présentation du cycle ci-dessus.

Tout d'abord le fluide arrive dans le cycle par la pompe, ceci nécessite un travail, certes pas important, à fournir. Il va alors se diriger vers le boiler (l'évaporateur), en effet le fluide tourne dans ce cycle dans le sens des aiguilles d'une montre. Nous en sommes donc au point numéro 1 qui correspond cependant au point numéro 2 de la partie thermodynamique.

Le fluide passe donc dans le boiler où il va être chauffé jusqu'à évaporation. Il va être chauffé grâce à la chaleur que contient le fluide caloporteur qui a été chauffé par le concentrateur solaire. Il s'agit d'un échangeur de chaleur : le fluide caloporteur a été chauffé par l'énergie thermique du soleil dans le concentrateur puis va « fournir » cette chaleur au fluide du cycle pour qu'il s'évapore. Le fluide est maintenant sous forme gazeuse et en est au point numéro 3 qui correspond bien au point numéro 3 de notre étude précédente.

Le fluide traverse alors une turbine. Je rappelle que le fluide est sous forme gazeuse et est échauffé. Il va alors actionner la turbine qui produira de la puissance mécanique dans un premier temps. Le fluide continue son chemin est en est au point numéro 4 du dessin qui correspond encore une fois au point numéro 4 de l'étude thermodynamique.

Le fluide passe ensuite dans un condensateur. Ainsi le fluide passe de la forme gazeuse à la forme liquide. Cette étape libère de la chaleur qui on le verra pourra être utilisée en complétant un peu ce cycle. Le fluide a maintenant fini son cycle est revient à l'étape 1 (et non 5). Il va être de nouveau pompé par la pompe qui va l'emmener dans le boiler etc...

5.3 Rendement

Dans la réalité des cycles de Rankine, qu'ils soient organiques ou pas, on a un rendement inférieur à 1 à cause des transformations irréversibles qui ont lieu. Le cycle de Rankine utilise une machine thermique ditherme (source chaude et source froide), son rendement se ramène donc à celui du cycle de Carnot qui est :

$$r = 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

T_f : température de la source froide (K)

T_c : température de la source chaude (K)

Dans la réalité on ne peut avoir une source froide à 0 K, c'est pourquoi on ne peut pas avoir un rendement de 100%. Mais on peut s'en approcher en jouant sur les températures de sources chaudes et froides, en essayant d'augmenter le plus possible l'écart de température entre la source chaude et froide. Néanmoins le rendement réel sera inférieur au rendement de Carnot car celui-ci ne prend pas en compte les irréversibilités qui ont lieu.

5.4 Les fluides caloporteurs

Le fluide caloporteur est le fluide chargé d'emmagasiner l'énergie des centrales sous forme de chaleur. En effet, les concentrateurs sont utilisés pour concentrer l'énergie solaire en un point ou sur une longueur. C'est en cette endroit que le fluide caloporteur est chauffé, pour être ensuite conduit là où son énergie thermique pourra être transformée en énergie électrique. On peut noter que c'est une méthode de récupération de l'énergie qui permet très bien de stocker celle-ci : la chaleur est conservée tout le temps que l'apport en chaleur est supérieur à la capacité de transformation de la centrale. Lorsque ce n'est plus le cas, la chaleur stockée peut être transformée ce qui assure une importante continuité dans le fonctionnement de la centrale.

Il existe de nombreux fluides caloporteurs présentant des caractéristiques différentes que nous allons détailler.

5.4.1 Le mélange eau-vapeur

Dans ce premier cas, on alimente le récepteur avec de l'eau à haute pression. Dès lors, un problème se pose déjà car c'est une méthode qui nécessite un entretien régulier qui diminue son rendement. On peut aussi ajouter que l'efficacité d'un tel système varie beaucoup selon qu'il se trouve de l'eau ou de la vapeur à l'endroit du panneau. Il faut donc gérer une cartographie régulièrement mise à jour de l'état des flux solaires. Il faut également teinter les tubes en noir pour une meilleure absorption de la chaleur mais c'est encore une fois un aménagement qui nécessite un certain entretien.

En ce qui concerne le stockage avec ce type de mélange, c'est encore une fois une technique obsolète car la centrale ne supportant pas de fonctionnement trop haché, et le stockage de la vapeur très chaude étant malaisé, cette technique n'est désormais plus utilisée.

Ce sont autant de raisons qui font que ce mélange n'est pas le plus utilisé dans les centrales modernes.

5.4.2 Les sels fondus

Les méthodes utilisées sont semblables aux précédentes à ceci près :

- Le sel est à l'état liquide et sans pression ce qui permet de ne pas solliciter et de ne pas user la résistance mécanique des tubes. Ceux-ci peuvent donc être conçus plus fins.
- Le circuit doit être parcouru à grande vitesse pour maximiser les échanges de chaleur, mais ceci entraîne de fortes pertes de charges qui doivent être compensées par de puissantes pompes (et donc une consommation électrique interne importante).
- Le problème récurrent de la corrosion des tubes par les sels si ces tubes ne sont pas maintenus en-dessous d'une température critique. Ces tubes doivent être réchauffés préalablement avant d'accueillir les sels (à une température élevée, de l'ordre de 150-200°C).

5.4.3 Le métal fondu

Le principal avantage de ce fluide vient du fait que le métal est très bon conducteur et présente donc des coefficients d'échange thermiques très favorables. De ce fait, la surface à présenter au flux peut être bien moins importante et cela minimise les pertes de charges. L'inconvénient majeur de l'utilisation des métaux fondus (comme le sodium) est le risque non-négligeable d'incendie, car ces métaux fondus sont en effet très inflammables (par exemple, la centrale d'Almeria fut partiellement détruite par un incendie de sodium).

Le reste du fonctionnement est assez similaires aux précédentes techniques.

5.4.4 Les fluides organiques

Par la suite, pour améliorer l'efficacité du cycle de Rankine on a commencé à utiliser des cycles de Rankine organiques. La différence avec le cycle standard est qu'on utilise des fluides organiques à la place de l'eau dans les conduits qui passent dans les concentrateurs. Ces fluides organiques peuvent être des alcanes, des éthers ou encore des alcanes ou éthers fluorés. Leurs avantages sont que leur température d'ébullition est plus basse, ce qui nous

permet de chauffer le fluide à moins haute température, ce qui est plus facile et plus économique en énergie. Leur second avantage est une masse molaire plus élevée que celle de l'eau. Une masse molaire plus élevée permet une diminution de la vitesse de rotation du turbo-générateur et de la pression. L'usure générale du système sera également plus lente.

5.4.5 Autres fluides caloporteurs

Il existe de nombreux autres fluides caloporteurs qui peuvent être utilisés dans des centrales solaires. Certains le sont déjà, d'autres ne sont que des idées ou utilisés seulement dans des prototypes mais ils forment tous une alternative crédible à ceux cités plus haut.

Parmi eux on retrouve :

- les huiles ,portées à 400C, sont des fluides à une seule phase présentant un bon coefficient d'échange. Elles sont utilisées dans les centrales à capteurs cylindro-paraboliques principalement.
- certains gaz spécifiques comme l'hélium ou l'hydrogène sont utilisés avec des capteurs paraboliques pour entraîner un moteur Stirling.
- L'air, encore à l'état théorique, son utilisation pourrait être au centre du fonctionnement des centrales futures.

5.5 Le champs solaire

Le champs solaire constitue l'ensemble chargé de la réception de l'énergie solaire. Son organisation revêt une importance toute particulière, basée sur le type de centrale, la puissance désirée, du fluide caloporteur utilisé,... Ce sont autant de critères qui permettent d'adapter la tuyauterie pour améliorer le rendement de la centrale.

5.5.1 Installation à retour direct

Il s'agit de la configuration la plus simple : son seul inconvénient est le déséquilibre des pressions entre les entrées et les sorties, dû aux différences de distances parcourus selon la rangée. Les conséquences sont les suivantes : le débit n'est pas le même selon la rangée et des vannes sont mises en places pour ajuster les pertes de charges dues à ces différences.

5.5.2 Installation à retour indirect

Ici, la longueur de la tuyauterie est équilibrée pour chaque rangée ce qui minimise les pertes de charge. Cependant la longueur de la tuyauterie est légèrement augmentée, augmentant de ce fait les pertes dues au contact avec le milieu extérieur.

5.5.3 Installation à alimentation centralisée

Ce système minimise la longueur de la tuyauterie mais comme pour l'installation à retour direct, des vannes sont nécessaires à cause des pertes de charge.

6 Les expériences réalisées

Nous avons choisi d'axer la partie expérimentale de notre projet sur la réalisation d'un système de concentration solaire ponctuel à capteur parabolique, grâce au matériel rendu disponible par l'INSA. Pour ce faire, nous avons utilisé deux sources lumineuses, le soleil et un projecteur.

6.1 Présentation des dispositifs



FIGURE 6.1: Pendant l'expérience avec un projecteur

Nous nous sommes servis d'un miroir concave comme concentrateur. Nous avons fait quelques recherches sur le site Internet du constructeur, pour obtenir certaines données clés (distance focale $f=46\text{cm}$, diamètre du miroir $d=55\text{cm}$). Cependant, selon notre mesure, la distance focale est en réalité plus courte, elle est approximativement 40cm .



FIGURE 6.2: Le miroir concave

Nous avons également utilisé le solarimètre KIMO SL200, puisqu'il nous était nécessaire de faire des mesures. Cet appareil est composé par une cellule solaire pour détecter le rayon-

nement et un instrument SL200 pour traiter les données obtenues, il permet de mesurer le rayonnement ambiant et le rayonnement focal(en W/m). Nous avons étudié les caractéristiques de l'appareil (notice et site du fabricant) dans la préparation de nos expériences et nous avons trouvé que l'étendue de mesure est 1-1300W/m²(figure 6.3).

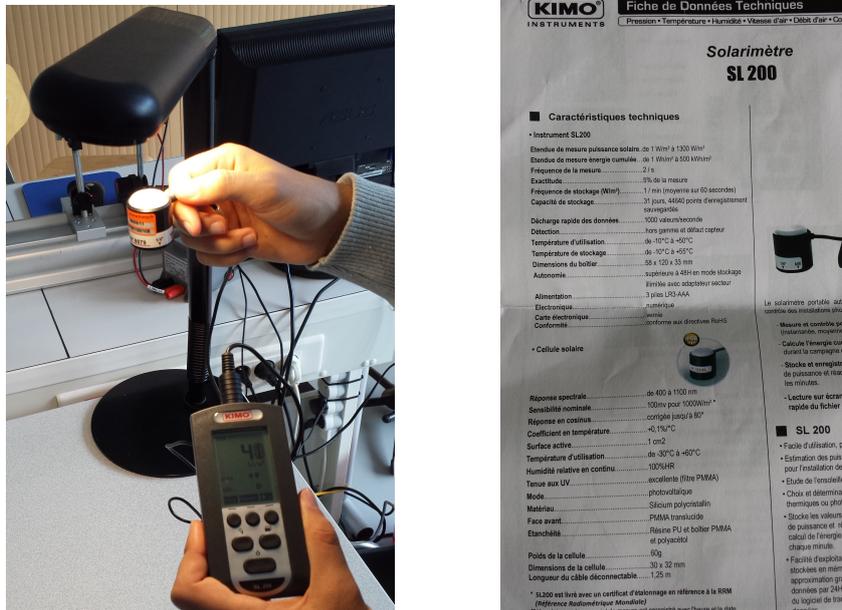


FIGURE 6.3: Le solarimètre et ses données

Un thermomètre classique nous a également été mis à disposition, et il nous a servi pour mesurer la température de différentes zones proches du miroir.

6.2 Compte-rendu des expériences

6.2.1 Expérience avec le thermomètre

Nous avons mesuré la température, en déplaçant le thermomètre dans l'espace proche de la parabole. Nous avons remarqué que l'écart de température entre le foyer et tous les autres points est important : si pour tous les points, la température avoisine 25°C, au foyer elle monte jusque 125°C. La concentration des rayons lumineux fait donc augmenter la température.

6.2.2 Expérience avec le solarimètre

Nous avons testé de trouver le coefficient de concentration du miroir avec l'aide du solarimètre. Nous avons placé ce dernier à la distance focale du miroir, que nous avons déterminée à l'aide d'une feuille de papier (en jouant sur sa distance avec le miroir, la distance focale est celle où la « tache » de lumière réfléchié par le miroir est la plus petite, et en tenant compte de la donnée du constructeur).

Soit f la distance entre le foyer et le sommet, nous avons déterminé :

$$f = 40\text{cm}$$

Pour trouver le coefficient de concentration, nous voulions utilisé la formule suivante :

$$C = \frac{\frac{1}{S} \int_S I(S) dS}{I_a}$$

- S : surface de l'image
- $I(s)$: l'éclairement en fonction de la surface
- I_a : l'éclairement ambiant

plus généralement, on peut approximer cette formule à :

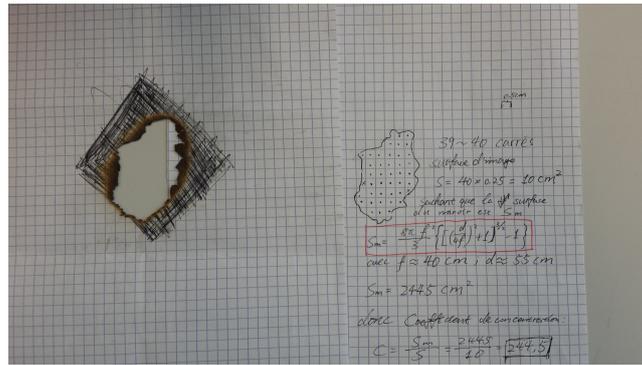
$$C = \frac{I_f}{I_a}$$

si on considère l'éclairement sur la surface de l'image comme uniforme.

Malheureusement, la capacité du solarimètre n'est pas adaptée à l'expérience : elle n'ex-cède pas $1300\text{W}/\text{m}^2$

méthode géométrique

Nous avons dû trouver une autre méthode pour calculer l'éclairement : nous avons colorié en noir une feuille de papier afin de permettre la combustion de celle-ci. Nous l'avons ensuite positionnée à la distance focale déterminée. Notre observation a été la suivante : la feuille de papier a brûlé instantanément, ce à quoi nous nous attendions. En effet, nous avions précédemment essayé de mesurer la température sans réfléchissement et au foyer, et nous avons obtenu les résultats suivant : $T = 25^\circ\text{C}$ et $T_f = 125^\circ\text{C}$. La surface de la partie brûlée de la feuille a été mesuré ainsi que celle du miroir. Sachant que la formule géométrique du coefficient de concentration est donné par :



$$C_1 = \frac{S_m}{S} = 244.5$$

avec S_m la surface du miroir, et S la surface de la tâche.

Nous avons déterminé S_m grâce à la formule :

$$S_m = \frac{8\pi f^2 \times \left\{ \left[\left(\frac{d}{4f} \right)^2 + 1 \right]^{\frac{3}{2}} - 1 \right\}}{3} = 244.5 \text{ cm}^2$$

- d : diamètre du miroir
- f : distance focale

Pour déterminer S , nous avons utilisé une feuille cadrillée (0,5cm x 0,5 cm) placée derrière la partie brûlée de la feuille en noir. Nous avons retracée la surface brûlée sur la feuille cadrillée, puis nous avons calculé son aire à l'aide des carreaux. Nous avons procédé de manière suivante : si plus de la moitié d'un carreau est inclus dans la surface, nous comptons l'aire d'un carreau, et si moins de la moitié d'un carreau est inclus dans la surface, nous comptons l'aire d'un demi carreau.

Ce qui nous a donné :

$$S = 40 \times 0.25 = 10 \text{ cm}^2$$

méthode optique

Par la suite, nous avons essayé de refaire l'expérience avec le solarimètre avec une lumière moins puissante, celle d'un projecteur.

Afin d'obtenir une lumière incidente la moins puissante possible, nous avons positionné le projecteur à 2.5m du sommet de la parabole. En plaçant le solarimètre au sommet du miroir et à la distance f déterminée précédemment, nous avons obtenu :

$$I_a = 2W/m^2$$

et

$$I_f = 511W/m^2$$

Ce qui nous a permis d'obtenir :

$$C_2 = 255.5$$

Les deux méthodes concordent, puisque si on fait le rapport entre les 2 valeurs on obtient :

$$\frac{C_2}{C_1} = 1.04$$

7 Conclusions et perspectives

Nous avons découvert à travers ce projet le fonctionnement et l'organisation d'une centrale solaire thermique. La partie théorique nous a permis de comprendre comment la concentration des rayons solaires permettait la production d'énergie via une machine thermique. Grâce à cette étude, nous avons mis en parallèle la thermodynamique et l'optique, qui nous ont été enseigné pendant nos deux premières années à l'INSA.

La partie expérimentale nous a quant à elle focalisé sur l'optimisation de la concentration solaire : dans un premier temps, nous avons appris à calculer l'éclairement sur le miroir, puis sur le récepteur, ce qui nous a permis de prévoir les résultats. Les positionnements du miroir et du solarimètre, ont donc été prévus, afin d'éviter que ce dernier soit trop exposé.

Grâce à l'étude théorique de la concentration solaire, de la production d'énergie et de la centrale Nevada Solar One (annexes), nous avons compris que les centrales solaires thermiques étaient en développement. Bien que les différents modèles de centrales (centrale à tour, miroirs cylindro-parabolique...) permettent de s'adapter à différents environnements, ce sont les grands espaces vierges et arides qui sont privilégiés pour l'implantation de grandes centrales, dans le but de produire plus. De plus, l'énergie est produite de manière écologique (peu de rejet de CO_2) ce qui peut annoncer un futur faste pour ces centrales.

Nous sommes d'accord pour dire que ce projet nous a permis d'améliorer notre capacité à travailler en groupe, et le fait de devoir prendre des initiatives pour mener à bien nos travaux a également été intéressant. Nous avons dû nous organiser pour réaliser les expériences en dehors des heures prévues pour le projet, ce qui était quelque chose de nouveau pour nous. C'était également enrichissant de travailler sur un sujet que nous ne connaissions pas du tout au départ, nous l'avons découvert au fur et à mesure de l'avancée du projet.

Notre étude expérimentale n'a été réalisé que sur les concentrateurs, donc une poursuite de ce projet pourrait être de placer une machine thermique réduite pour illustrer la production d'énergie. Une nouvelle expérience avec un autre type de concentrateur (ici nous avons utilisé un miroir concave) pourrait être envisagé.

8 BIBLIOGRAPHIE

8.1 Aspects environnemental, économique et humain du solaire thermique

https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2009/Funk_D_A09.pdf
http://fr.solarpedia.net/wiki/index.php?title=Le_solaire_thermique
<https://www.lenergieenquestions.fr/les-couts-de-production-des-differentes-sources-denergie-en-france-infographie/>
<http://energie.sia-partners.com/20100930/les-centrales-solaires-thermodynamiques-ont-elles-un-avenir-dans-le-mix-electrique-mondial/>
http://energie.edf.com/fichiers/fckeditor/Commun/En_Direct_Centrales/Solaire/Commun/documents/EDF2007_solairesherm.pdf
<http://www.slate.fr/story/46785/nucleaire-eolien-energie-moins-chere-france>
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/LPS130.pdf>

8.2 Différence entre les concentrateurs solaires

http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_thermal_energy
http://www.labothap.ulg.ac.be/staff/squoilin/files/centrales_solaires_SQ070925.pdf
http://www.enr.fr/docs/2010164842_STD01Fonctionnementmai2010.pdf
https://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/FTA_para_trough.pdf
http://www.solarpaces.org/CSP_Technology/docs/solar_dish.pdf
http://sfera.sollab.eu/downloads/Schools/Fabian_Feldhoff_Linear_Fresnel.pdf

8.3 Production électrique

http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_solaire_thermique
http://fr.wikipedia.org/wiki/Centrale_%C3%A9lectrique
http://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_combin%C3%A9
http://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_de_Rankine
<http://www.labothap.ulg.ac.be/cmsms/index.php?page=sylvain-quoilin>
http://www.labothap.ulg.ac.be/staff/squoilin/files/centrales_solaires_SQ070925.pdf
<http://electricite.solaire.free.fr/index-2.htm>
<http://www.cycle-organique-rankine.com/technologie.php#2>
http://www.cder.dz/download/Art11-3_11.pdf

<http://comite-expansion05.fr/sites/comite-expansion05.fr/files/pages/10/plaquetteser-solaire-thermo.pdf>
http://sfp.in2p3.fr/Debat/debat_energie/websfp/rivoire.htm
http://www.labothap.ulg.ac.be/staff/squoilin/files/centrales_solaires_SQ070925.pdf
<http://www.labothap.ulg.ac.be/cmsms/>

8.4 Etude d'une centrale solaire : Nevada Solar One

<http://www.ddmagazine.com/Coups-de-coeur-video/Centrale-thermoelectrique-Nevada-solar-one-la-geante.html>
http://fr.wikipedia.org/wiki/Nevada_Solar_One
http://www.acciona-energia.com/activity_areas/csp/installations/nevadasolarone/nevada-solar-one.aspx?desde
<http://www.acciona.com/business-divisions/flagship-projects/nevada-solar-one>
<http://nevadasolarone.net/clean-tech/>
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=20
<http://www.basinandrangewatch.org/SolarOneNV.html>
<http://www.lapresse.ca/international/correspondants/200910/23/01-914177-les-centrales-solaires-dobama-dans-la-ligne-de-mire-des-ecolos.php>
http://www.nytimes.com/2007/07/17/business/17thermal.html?_r=0
<http://www.ddmagazine.com/Coups-de-coeur-video/Centrale-thermoelectrique-Nevada-solar-one-la-geante.html>
http://fr.wikipedia.org/wiki/Nevada_Solar_One
http://www.acciona-energia.com/activity_areas/csp/installations/nevadasolarone/nevada-solar-one.aspx?desde
<http://www.acciona.com/business-divisions/flagship-projects/nevada-solar-one>
<http://nevadasolarone.net/clean-tech/>
http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/project_detail.cfm/projectID=20
<http://www.basinandrangewatch.org/SolarOneNV.html>
<http://www.lapresse.ca/international/correspondants/200910/23/01-914177-les-centrales-solaires-dobama-dans-la-ligne-de-mire-des-ecolos.php>
http://www.nytimes.com/2007/07/17/business/17thermal.html?_r=0
<http://webservices.itcs.umich.edu/drupal/recd/sites/webservices.itcs.umich.edu.drupal.recd/files/Chapter%208%20Socioeconomic%20Impact%20Analysis.pdf>

ANNEXE

Histoire du solaire thermique

L'histoire de l'énergie solaire thermique commence en Grèce au VIII^{me} av . JC. En effet, lors de la cérémonie d'ouverture des premiers Jeux Olympiques de 776 av. JC, la flamme olympique était allumée par les rayons du soleil à l'aide du skaphia, l'ancêtre du miroir parabolique.

En 1515, Léonard de Vinci invente un nouveau concentrateur solaire : un système du type CLFR (Compact Linear Fresnel Reflector). Cependant, ce système semble n'avoir d'avenir que sur le papier.

En 1774, Antoine Laurent de Lavoisier, chimiste, philosophe et économiste, invente un cuiseur solaire composé de lentilles convergentes afin de fondre des métaux.

Dans les années 1780, H.B. de Saussure invente un instrument de mesure lui permettant d'étudier les effets calorifiques des rayons du soleil, qu'il nomme « héliothermomètre ». Il ressemble à des boîtes "chaudes" avec des parois isolées et un ou plusieurs vitraux., il crée ainsi les premiers capteurs solaires thermiques à basse température.

En 1893, James Dewar, un physicien britannique, découvre l'effet thermos selon le principe d'un récipient à deux parois séparées par un vide d'air, assurant une isolation quasi-parfaite. Le principe de la bouteille isotherme permet par la suite le développement des capteurs solaires thermiques à tubes sous vide.

En 1910, l'américain Franck Shuman construit une centrale thermosolaire à taille industrielle en Egypte.

Dans les années 1910, les premiers chauffe-eau solaires individuels apparaissent en Californie.

En 1912, le physicien anglais Charles Vernon Boys invente et met en œuvre le premier capteur cylindro-parabolique.

En 1963, l'italien Giovanni Francia et le français Marcel Perrot installent le premier système CLFA à Marseille, près de 450 ans après son invention par Léonard de Vinci.

En 1970, le four solaire d'Odeille qui a une puissance de 1MW voit le jour en France.

En 1983, EDF et le CNRS construisent Thémis, la première centrale électrosolaire à tour française d'une puissance de 2500 kW.

Etude d'une centrale solaires : Nevada Solar One



FIGURE 8.1: photo prise du ciel de la centrale Nevada Solar One

Présentation

Nevada Solar One est une centrale solaire thermique, mise en activité en 2007 par l'entreprise espagnole Acciona, qui utilise des miroirs cylindro-paraboliques. La centrale est implantée dans le désert du Mojave, à 64km de Las Vegas (Boulder City, Nevada), puisque c'est une des zones les mieux exposée des États-Unis, et l'espace y est disponible à grande échelle. Lors de sa mise en activité, c'était la deuxième installation solaire thermique au monde. Acciona a investi 250 millions de dollars dans ce projet, pour recouvrir 1,3 millions de m² de panneaux solaires, soit l'équivalent de 170 terrains de football. Au cours des 16 mois de construction, 350 personnes par an étaient employées sur le chantier, mais aujourd'hui 30 personnes suffisent à assurer le fonctionnement de la centrale.



FIGURE 8.2: photo d'un miroir de la centrale Nevada Solar One

Principe de fonctionnement : les rayons du soleil sont reflétés par les miroirs cylindro-paraboliques sur le tube contenant le liquide de transfert de chaleur (la température du liquide peut atteindre 400C). Celui-ci est ensuite acheminé vers la centrale à vapeur. Une fois à la centrale, sa température permet de transformer l'eau en vapeur et celle-ci va activer une turbine. La turbine est reliée à un générateur qui va produire de l'électricité. Les miroirs sont reliés à un moteur, de façon à ce qu'ils soient constamment dirigés vers le soleil.

Grâce à ses 180 000 miroirs, Nevada Solar One dispose d'une puissance électrique de 64MW, et sa production annuelle s'élève à 196GWh (environ 173 fois moins que la centrale nucléaire de Paluel en Seine Maritime), ce qui permet de fournir suffisamment d'électricité pour 15 000 foyers.

Année	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Production (en GWh)	41,212	122,687	120,648	133,000	128,263	128,935	136,000

Une fois que l'énergie est produite par Nevada Solar One, elle est vendue par Acciona aux compagnies Nevada Power et Sierra Pacific Resources. Ces 2 firmes sont liées à la centrale par un contrat de 20 ans.

Acciona a sous-traité avec plusieurs entreprises pour construire cette centrale : les miroirs sont produits par la société allemande Flabeg ; Dowtherm A, le liquide pour le transfert de chaleur a été mis au point par Dow Chemical, une compagnie de chimie américaine ; et les collecteurs de chaleur ont été conçus par les firmes Solel (Israël) et Schott (Allemagne). Ces entreprises ont permis à Acciona de prouver que le projet était viable. Cela n'a pas pour autant entaché les valeurs de la compagnie espagnole, qui a pour but de faire du chiffre, tout en effectuant des progrès sociaux et en restant respectueuse de l'environnement. Nevada Solar One va donc pouvoir permettre à d'autres projets similaires de voir le jour, de plus que la politique du Nevada, de la Californie, de l'Arizona et du nouveau Mexique est d'encourager l'implantation de centrale solaire thermique. Acciona a, à ce jour, plusieurs projets dans ces états et également en Espagne.

Controverse

Cependant, Nevada Solar One suscite la controverse chez certains écologistes : sa consommation d'eau s'élève à 493 000 m³/an, et la centrale est située dans un des endroits les plus arides et reculés des États-Unis. De plus, la centrale est située à plusieurs centaines de kilomètres du lieu où l'énergie sera utilisée, ce qui entraîne des pertes lors de son acheminement.

Les 76km² de miroirs ont besoin d'être nettoyés régulièrement, puisque le désert est une zone poussiéreuse, afin d'améliorer le rendement ce qui génère une fois de plus une consommation d'eau importante. Cependant, les plaintes des écologistes contrastent avec la satisfaction de Dan Han, défenseur de l'énergie solaire et co-fondateur du site Internet Solar Power Rocks, qui se réjouit que l'énergie fournie par cette centrale thermoélectrique évite la production annuelle de 120 millions de kWh à partir de sources d'énergie fossile. Ce qui correspond à 9 millions de tonnes de CO₂ qui ne sont pas rejetés dans l'atmosphère.

L'université du Michigan a évalué l'impact socio-économique de la centrale :

Effets sur la communauté	impact
<i>Pendant la construction</i>	
Création d'emploi	Négligeable
Locations de logement	Négligeable
Restaurants et magasins	Négligeable
Transit	Négligeable
Services publics	Négligeable
<i>Depuis la mise en service</i>	
Création d'emploi	Négligeable
Rentes via location	Très bénéfiques
Taxes de propriété	Bénéfiques
Tourisme local	Bénéfiques
Industrie locale	Négligeable
Services publics	Négligeable

Schéma de montage

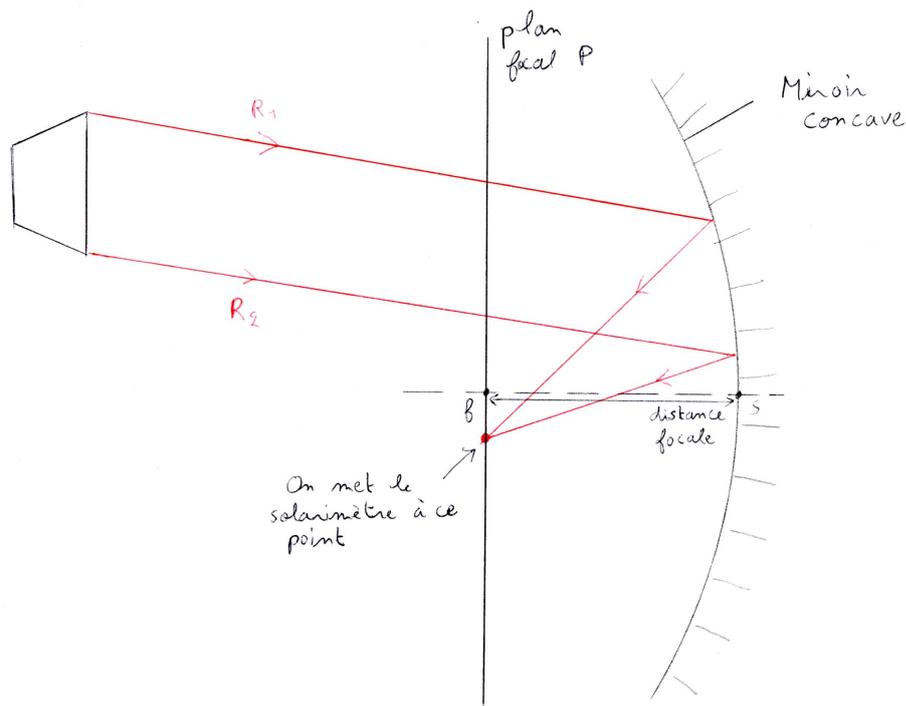


FIGURE 8.3: schéma de montage d'expérience avec projecteurs