



INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY  
UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION



INTERNATIONAL CENTRE FOR THEORETICAL PHYSICS  
34100 TRIESTE (ITALY) - P.O.B. 586 - MIRAMARE - STRADA COSTIERA 11 - TELEPHONES: 224281/23456  
CABLES: CENTRATOM - TELEX 460392 - I

SMR/112 - 17

IV<sup>e</sup> SEMINAIRE SUR L'ENERGIE SOLAIRE

(10 - 21 septembre 1984)

---

LA CONCENTRATION DU RAYONNEMENT SOLAIRE

M. ARDIERI

C.N.R.S.  
Université de Marseille St. Jérôme  
Marseille Cedex  
France

---

Ces notes sont préliminaires. Vous trouverez les copies qui vous manquent et des supplémentaires au Bureau 231.



# LA CONCENTRATION DU RAYONNEMENT SOLAIRE.

M. AUDIBERT. (CNRS).

## DEFINITION.

Concentrer le rayonnement solaire consiste à augmenter à l'aide d'un dispositif optique approprié, la puissance reçue par un récepteur solaire comparativement à la puissance qu'il recevrait s'il était exposé directement au rayonnement incident.

L'appareil qui réalise cette fonction est appelé un concentrateur et permet de diriger sur la surface du récepteur  $S$ , toute ou partie de la puissance arrivant sur la surface de captation  $S_c$  (fig 1).

En général un concentrateur solaire présentera soit un plan de symétrie, soit un axe de symétrie et se caractérisera par (fig 2):

- de rapport entre  $S_c$  et  $S$  que l'on appelle la concentration géométrique  $C$ .
- d'angle d'acceptance  $\theta_0$  qui est la limite de l'angle  $\theta$  (angle entre la normale à  $S$  et la direction du Soleil) au delà de laquelle le rayonnement arrivant sur  $S_c$  n'atteint plus  $S$ .

1

## QUAND EST-IL NECESSAIRE DE CONCENTRER LE RAYONNEMENT SOLAIRE ?

2

Pour répondre à cette question, nous considérons un récepteur plan de surface  $S$  que nous supposons (fig 3):

- parfaitement isolé du point de vue thermique sur ses faces arrière et latérales.
- soumis à un rayonnement solaire dont la valeur de l'éclairement direct est égale à  $E$  ( $W/m^2$ )
- traversé par un fluide caloporteur permettant d'extraire une partie de la puissance absorbée par le rayonnement.

Si on désigne par:

$\alpha$  = l'absorptivité solaire de la surface du récepteur (sans dimension)

$\epsilon$  = l'émissivité hémisphérique totale de la surface du récepteur à la température de fonctionnement considérée (s.d.)

$T$  = la température moyenne de la surface du récepteur ( $^{\circ}K$ )

$T_a$  = la température ambiante ( $^{\circ}K$ )

$h_{rv}$  = coefficient de perte par convection du récepteur ( $W.m^{-2}.K^{-1}$ )

Le bilan thermique du récepteur en régime permanent s'établit comme suit

Puissance solaire absorbée par le récepteur	$S \alpha E$
Puissance reçue de l'environnement	$S \epsilon \sigma T_a^4$
Puissance perdue par rayonnement	$S \epsilon \sigma T^4$
Puissance perdue par convection	$S h_{rv} (T - T_a)$
Puissance transmise au fluide	$P_u$

En écrivant que la puissance reçue est égale à la puissance perdue on a :

$$S \alpha E + S \epsilon \sigma T_a^4 = S \epsilon \sigma T^4 + S h_r (T - T_a) + P_u$$

d'où :

$$P_u = S [\alpha E - \epsilon \sigma (T^4 - T_a^4) - h_r (T - T_a)]$$

et le rendement qui est égal au rapport entre la puissance récupérée dans le fluide et la puissance incidente est égal à :

$$\eta = \frac{P_u}{S E} = \alpha - \frac{\epsilon \sigma (T^4 - T_a^4) + h_r (T - T_a)}{E}$$

Le rendement est maximal et égal à  $\alpha$  lorsque  $T = T_a$ .

Mais, récupérer l'énergie solaire à une température égale à la température ambiante ne présente pas beaucoup d'intérêt.

Dans la pratique,  $T$  est imposée par l'utilisation que l'on veut faire de la chaleur, de sorte que les quantités  $(T^4 - T_a^4)$  et  $(T - T_a)$  sont fixées.

Pour des valeurs de  $T$  relativement grandes par rapport à  $T_a$ , si on veut avoir un rendement <sup>acceptable</sup> ~~adéquat~~, c'est à dire proche de  $\alpha$ , il faut donc diminuer  $\epsilon$  et  $h_r$  c'est à dire utiliser des surfaces sélectives et de dispositif anti-convectif.

Mais, en pratique, on sera rapidement limité dans la réduction de  $\epsilon$  et  $h_r$  et à partir d'une certaine température le rendement ne sera plus économiquement acceptable, la seule façon d'améliorer les performances sera alors d'augmenter  $E$  donc de concentrer le rayonnement solaire.

La réponse à la question posée dans le titre de ce paragraphe est donc qu'il sera nécessaire de concentrer lorsque la

température d'utilisation sera telle qu'il ne sera pas possible, soit techniquement soit économiquement d'obtenir les valeurs de  $\epsilon$  et  $h_r$  nécessaires pour avoir un rendement convenable.

### 3. RENDEMENT D'UN CAPTEUR A CONCENTRATION.

Si on désigne par  $S$  la surface d'entrée du concentrateur et par  $\rho$  ~~le~~ coefficient de transmission (rapport entre la puissance arrivant sur le récepteur et la puissance entrant dans le concentrateur) le bilan thermique du récepteur devient alors (fig 4)

$$S \alpha \rho E \cos \theta + S \epsilon \sigma T_a^4 = S \epsilon \sigma T^4 + h_r (T - T_a) + P_u$$

soit :  $P_u = S \alpha \rho E \cos \theta - S [\epsilon \sigma (T^4 - T_a^4) + h_r (T - T_a)]$

et  $\eta = \frac{P_u}{S E \cos \theta} = \alpha \rho - \frac{S [\epsilon \sigma (T^4 - T_a^4) + h_r (T - T_a)]}{S E \cos \theta}$

on en tire

$$\eta = \alpha \rho - \frac{\epsilon \sigma (T^4 - T_a^4) + h_r (T - T_a)}{E \cos \theta}$$

$\alpha \rho$  qui est la valeur maximale de  $\eta$  est appelé rendement optique car il ne dépend que des caractéristiques optiques du capteur.

Pour avoir  $\eta$  le plus proche de  $\alpha \rho$  il faut donc augmenter  $C$  et/ou diminuer  $\epsilon$  et  $h_r$ .

Pour une application donnée, le capteur optimal sera celui qui réalise le meilleur compromis entre ces paramètres de façon à obtenir ~~les meilleures performances~~ la température désirée, le meilleur rapport performance/coût.

Le compromis se fera sur la base de considérations technico-économiques qu'il n'est pas possible d'aborder dans le cadre de cet exposé. Nous nous limiterons simplement à dire que sur le plan purement de la Physique ~~après~~:

- il serait vain de diminuer  $E$  sans diminuer en même temps  $h_r$ .
- diminuer  $E$  et  $h_r$  entraîne, pratiquement dans tous les cas, une diminution de  $\alpha_f$ . Ce que l'on gagne sur  $E$  et  $h_r$  d'un côté ne compense pas, dans certains cas, ce que l'on perd sur  $\alpha_f$  de l'autre côté.

#### 4. LIMITATION THERMODYNAMIQUE DE LA CONCENTRATION

Nous avons vu qu'un concentrateur se caractérise par sa concentration  $C$  et par son angle d'acceptance  $\theta_0$ .

Un capteur plan à une concentration de 1 et un angle d'acceptance de  $30^\circ$  ne peut être utilisé quel que soit la direction du Soleil dans la demi-espace situé devant le capteur.

Dans le cas d'un concentrateur, la surface d'entrée peut intercepter le rayonnement solaire de la même façon qu'un capteur plan, le Soleil peut se trouver n'importe où dans le demi-espace situé devant l'ouverture du concentrateur. Mais, le rayonnement intercepté par la surface d'entrée n'atteindra la surface du récepteur que si l'angle d'incidence est inférieur à l'angle d'acceptance  $\theta_0$ .

Il est relativement intuitif que plus la concentration sera élevée, plus l'angle d'acceptance  $\theta_0$  sera petit.

On peut démontrer, en appliquant le second principe de la thermodynamique à l'ensemble Soleil-Concentrateur-Récepteur, qu'il y a une relation entre  $C$  et  $\theta_0$ .

#### Concentrateurs présentant un axe de symétrie.

On démontre que, dans ce cas, un concentrateur ayant un angle d'acceptance  $\theta_0$  aura une concentration  $C$  inférieure ou au plus égale à :

$$C_{\text{Max}} = \frac{1}{\sin^2 \theta_0}$$

(Le Soleil est dans un cône de demi-angle d'ouverture égal à  $\theta_0$ )

#### Concentrateurs présentant un plan de symétrie.

Un concentrateur de ce type ayant un angle d'acceptance égal à  $\theta_0$  (cela signifie que le Soleil peut se trouver dans un cône de demi-angle  $\theta_0$  et admettant le plan de symétrie comme plan bissecteur) ~~recevra~~ aura une concentration  $C$  inférieure ou au plus égale à :

$$C_{\text{Max}} = \frac{1}{\sin \theta_0}$$

$\theta_0$	0.15	0.5	1	2.5	5	10	20	30	60	90
$\frac{1}{\sin \theta_0}$	2.29	1.15	1	0.23	0.15	0.08	0.04	0.02	0.01	0
$\frac{1}{\sin^2 \theta_0}$	53.10	13.10	3.28	0.26	0.13	0.03	0.01	0.005	0.001	0

On peut voir d'après le tableau ci-dessus que  $C_{\text{Max}}$  varie beaucoup avec  $\theta_0$ .

Jusqu'ici, nous n'avons considéré que le rayonnement direct. Or, en plus du rayonnement direct le capteur reçoit du rayonnement diffusé par l'atmosphère.

La portion du rayonnement total diffus captée par un concentrateur diminue avec l'angle d'acceptance  $\theta_0$  donc avec  $C$ . Elle est donnée par :

$$E_d = E_{d\text{total}} \times \frac{1}{C}.$$

En conclusion de ce que nous venons de voir depuis le début de cet exposé nous dirons que, d'une façon générale :

- plus la température recherchée <sup>est</sup> élevée, plus il faudra concentrer et plus faible sera l'angle d'acceptance  $\theta_0$  du capteur. Ceci aura une double conséquence d'un côté de nécessiter un miroir de Soleil plus précis et d'autre part de réduire la part du rayonnement diffus qui sera convertie en chaleur.

## 5. DIFFERENTS TYPES DE CONCENTRATEURS.

On peut classer les concentrateurs en trois grandes familles suivant leur niveau de concentration :

- Les dispositifs de renforcement (faible concentration)
- Les dispositifs à moyenne concentration.
- Les dispositifs à haute concentration.

### LES DISPOSITIFS DE RENFORCEMENT.

Une technique pour augmenter les performances d'un capteur par

consiste à disposer deux miroirs plans de part et d'autre du concentrateur. On s'efforce alors de réaliser le meilleur compromis entre :

- le taux de concentration
- l'angle d'acceptance
- le gain énergétique moyen dû au renforcement

La figure 5a représente un tel système qui présente un plan de symétrie. L'angle d'acceptance  $\theta_0$  correspond au rayon incident dont le réfléchi passe par le bord du récepteur et le bord opposé du miroir opposé.

Si on désigne par  $\varphi$  l'angle entre les miroirs et le plan de symétrie, on démontre que la concentration est égale à :

$$C = \frac{\sin(3\varphi + \theta_0)}{\sin(\varphi + \theta_0)}$$

Pour une valeur donnée de  $\theta_0$ ,  $C$  est maximum pour une valeur de  $\varphi$  égale à  $\varphi^*$  telle que

$$2 \sin 2\varphi^* = \sin(4\varphi^* + 2\theta_0)$$

La figure 6 représente les variations de  $C$  en fonction de  $\varphi$ , pour différentes valeurs de  $\theta_0$ . On peut voir que  $C$  ne dépasse pas la valeur 3.

On peut imaginer des dispositifs similaires à celui-ci, mais avec des inclinaisons différentes pour les deux miroirs, ou encore avec quatre miroirs (fig. 5b).

## 7. DISPOSITIF A MOYENNE CONCENTRATION

### LE CONCENTRATEUR PARABOLIQUE COMPOSE. (CPC)

Les CPC ont été utilisés comme concentrateurs solaires dès 1958 par Tabor. Ils ont été également utilisés pour des expériences de détection de rayonnement de ~~CHERENKOV~~ en physique des ~~hautes~~ particules et haute énergie.

Le principe de base est représenté sur la figure 7.

Considérons une parabole de foyer F. A partir du foyer, faisons une droite quelconque qui coupe l'une des branches de la parabole en un point F'. Traçons maintenant la médiatrice de FF' et cherchons sur la branche de parabole au delà de F' le point A où la tangente à la parabole est parallèle à cette médiatrice. Traçons enfin l'arc FB symétrique de ~~FA~~ FA' par rapport à la médiatrice de FF' on obtient la figure 8 qui représente la section droite d'un CPC. On peut réaliser des CPC de révolution et des CPC à concentration linéaire. Seuls ces derniers présentent un intérêt en tant que capteurs solaires.

Le concentrateur est constitué de deux miroirs de section FB et F'A, et le récepteur est un récepteur plan dont la section est confondue avec FF'.

AB constitue l'ouverture du CPC et l'angle d'acceptance  $\theta_0$  correspond à l'angle entre FA et la médiatrice de FF'.

La concentration est égale à :

$$C = \frac{1}{\sin \theta_0}$$

C'est à dire au maximum que l'on peut obtenir avec un certain angle d'acceptance égal à  $\theta_0$ .

Si, à partir de la même parabole que celle de la figure 6, on ~~traverse~~ modifie la direction de FF' par rapport à l'axe de la parabole, on obtient un autre CPC (figure 9 et 10) ayant un angle d'acceptance différent, et par suite une concentration différente.

La partie haute du CPC contribue peu à la captation du rayonnement incident. On peut donc, pour des raisons économiques, diminuer la hauteur du CPC. On obtient alors, à partir du même CPC toute une famille de concentrateurs appelés CPC tronqués qui ne diffèrent l'un de l'autre que par leur hauteur.

Le fait de tronquer un CPC ne modifie pas son angle d'acceptance, mais modifie (dans le sens d'une diminution) sa concentration.

L'étude du CPC permet d'établir les courbes portées sur la figure 11 qui représentent respectivement la variation du rapport  $\frac{\text{hauteur du CPC}}{\text{largeur de l'ouverture}}$  et le rapport  $\frac{\text{surface du réflecteur}}{\text{surface de l'ouverture}}$  en fonction de la concentration, l'angle d'acceptance  $\theta_0$  étant en paramètre.

### AUTRES TYPES DE CPC.

Afin de réduire les pertes par convection on peut placer le récepteur horizontalement, face vers le bas et réaliser le CPC représenté sur la figure 12. Ce concentrateur nécessite d'utiliser un miroir supplémentaire d'où une perte qui ne doit pas être supérieure au gain obtenu par réduction de la convection.

D'autres types de CPC ont été réalisés dans lesquels le récepteur reçoit le rayonnement sur ses deux faces (fig. 13).  
De tels concentrateurs présentent, par rapport au CPC normal les différences essentielles suivantes :

- il n'y a pas de perte par la face arrière du récepteur
- le coefficient de transfert de chaleur par convection libre peut différer de 30% par rapport au CPC.
- le facteur de forme entre l'ouverture et le récepteur est plus faible que celui du CPC.
- le nombre moyen de réflexions est plus élevé que pour le CPC.

## 8. DISPOSITIFS A HAUTE CONCENTRATION.

### 8.1 CONCENTRATEURS CYLINDRO-PARABOLIQUES.

La surface d'un concentrateur cylindro-parabolique correspond à la surface engendrée par une parabole que l'on translate perpendiculairement à son axe. (fig. 14a) lorsqu'un tel concentrateur est orienté en direction du Soleil, c'est à dire de telle sorte que la direction du Soleil soit confondue avec la normale à la surface d'entrée, alors on obtient une concentration ~~selon~~ du rayonnement incident le long d'une droite appelée ligne focale. On dit que le concentrateur cylindro-parabolique réalise une concentration linéaire.

Le récepteur doit être placé le long de cette ligne focale. Il peut avoir soit une forme cylindrique (section circulaire) soit une forme rectangulaire (section <sup>linéaire</sup> ~~rectangulaire~~).

Dans le cas où le récepteur est cylindrique, on démontre que la concentration est égale à :

$$C = \frac{\sin \alpha}{\pi \gamma}$$

$\alpha$  étant le demi angle sous lequel on voit le bord du miroir depuis le foyer et  $\gamma$  étant le demi diamètre apparent du Soleil soit  $\gamma = 16$  minutes d'angle (fig. 15a)

Cette valeur est maximale lorsque  $\alpha = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$  et vaut alors

$$C_{\max} = \frac{1}{\pi \gamma} \approx 68.$$

Dans le cas d'un récepteur plan rectangulaire on montre que (fig. 15b) :

$$C = \frac{\sin 2\alpha}{2\gamma}$$

Il est maximal pour  $2\alpha = \frac{\pi}{2}$   $\alpha = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$  et il vaut alors

$$C_{\max} = \frac{1}{2\gamma} \approx 107$$

Ces valeurs correspondent au cas où la direction du Soleil est confondue avec la normale à la surface d'entrée du concentrateur. Si la direction du Soleil, qui doit impérativement rester dans le plan de symétrie du récepteur, fait un angle  $i$  avec la normale à la surface d'entrée ~~(fig. 15b)~~ (fig. 15b) alors, la tache focale s'élargit, il faut augmenter la largeur du récepteur et de ce fait on diminue la concentration d'un facteur égal à  $\cos i$ .



## Orientation d'un capteur cylindro-parabolique. (~~deuxième cas~~)

En règle générale, on oriente un capteur cylindro-parabolique en le faisant tourner autour d'un axe parallèle à la ligne focale et situé dans le plan de symétrie, de façon à maintenir la direction du soleil dans ce plan de symétrie.

L'axe de rotation, dont la direction est fixe, peut être disposé soit horizontalement suivant la direction Est-Ouest du lieu; soit parallèlement à l'axe de rotation de la Terre, c'est-à-dire suivant une direction Nord-Sud et incliné d'un angle  $\alpha$  égal à la latitude du lieu.

Dans les deux cas, au cours de la parabolité du Soleil, ce dernier reste dans le plan de symétrie, mais l'angle  $i$  entre la normale à la surface d'entrée et la direction du soleil varie. Ceci a une double conséquence: d'une part il faudra une concentration plus faible que la concentration maximale si on veut capter le rayonnement arrivant sous une incidence  $i \leq i_{\max}$  que l'on se fixe, et d'autre part la puissance interceptée sera également réduite. Ceci se traduira en définitive par une diminution du rendement. En effet au lieu d'avoir  $\eta = \alpha \rho - \frac{\text{pertes unitaires}}{C E_{\max}}$

$$\text{on aura } \eta = \alpha \rho - \frac{\text{pertes unitaires}}{C E \cos^2 i}.$$

Dans le cas de l'axe Est-Ouest  $i$  varie au cours d'une même journée entre 0 et  $30^\circ$ . Si on limite  $i$  à  $45^\circ$ , le produit  $C_{\max} E$  sera multiplié par 0,5.

Dans le cas de l'axe orienté Nord-Sud (axe du monde),  $i$  ne varie pratiquement pas au cours d'une journée, il est égal à la déclinaison du soleil et varie au cours de l'année entre  $\pm 23^\circ 24'$ . Dans ce cas  $C_{\max} E$  est multiplié par 0,84. D'un point de vue purement de la Physique, le capteur cylindro-parabolique à axe N-S est plus performant que celui à axe Est-Ouest.

## 8.2 CONCENTRATEUR PARABOLIQUE.

La surface d'un concentrateur parabolique correspond à la surface engendrée par une parabole que l'on fait tourner autour de son axe. (~~deuxième cas~~)

Le concentrateur est orienté en permanence de telle sorte que son axe soit dirigé vers le centre du Soleil.

La tâche focale est localisée autour du foyer du paraboloïde. On dit qu'un tel concentrateur réalise une concentration focale.

Le récepteur peut avoir soit la forme d'une sphère, soit la forme d'un disque plan. (fig 16)

On démontre que dans le cas d'un récepteur sphérique la concentration est égale à

$$C = \frac{\sin^2 \alpha}{4 \gamma^2}$$

elle est maximale pour  $\alpha = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$

et vaut:  $C_{\max} = \frac{1}{4 \gamma^2} = 11500.$

Dans le cas d'un récepteur plan,  $C = \frac{\sin^2 2\alpha}{4\delta^2}$

elle est maximale pour  $2\alpha = \frac{\pi}{2}$   $\alpha = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$   
et vaut également:  $C_{\max} = \frac{1}{4\delta^2} \approx 11500$

d'axe du paraboloïde devant être dirigé en permanence vers le centre du Soleil, le concentrateur doit être orienté par deux rotations autour de deux axes perpendiculaires.

La précision du pointage ainsi que la qualité de miroir ont une influence primordiale sur la valeur de la concentration du capteur. A titre d'exemple, si la précision du pointage est égale à 32 minutes d'angle (angle apparent du Soleil) la concentration du concentrateur parabolique est diminuée dans un rapport 4 et celle du cylindre parabolique dans un rapport 2.

## 9 - APPLICATION AUX CENTRALES SOLAIRES

Les centrales solaires sont des systèmes permettant de convertir, en quantités importantes, le rayonnement solaire capté au sol en une énergie directement utilisable : énergie thermique, mécanique ou électrique. En l'état actuel des développements techniques, c'est la voie dite "conversion héliothermique" qui est jugée plus intéressante pour produire ces trois formes d'énergie à partir de l'énergie solaire. Elle consiste à remplacer dans une installation classique la source chaude traditionnelle (chaudière à fuel, au gaz ou au charbon) par une source chaude solaire et à conserver les autres éléments du système de façon à réduire au minimum

les transformations technologiques. Ceci a pour principale conséquence d'imposer de produire de la chaleur à haute température et par suite d'utiliser des dispositifs à concentration du rayonnement solaire.

Deux techniques s'offrent pour réaliser cette concentration:

- l'une dite "à champ d'héliostats" utilise un certain nombre de miroirs plans ou légèrement focalisants, d'une surface de l'ordre de  $50 \text{ m}^2$ , qui jouent le rôle des miroirs élémentaires dont nous avons parlé au paragraphe précédent. Ces miroirs sont assujettis par un système d'orientation automatique, à renvoyer le flux solaire intercepté vers un récepteur unique placé au sommet d'une tour, d'où le nom de centrale à tour (figure 17).
- l'autre dite "à collecteurs distribués" utilise des miroirs orientables qui focalisent le flux solaire capté, chacun sur son propre récepteur. Chaque récepteur effectue sa propre conversion héliothermique. La chaleur ainsi produite est extraite par un fluide caloporteur circulant dans un réseau collecteur reliant l'ensemble des récepteurs à l'installation d'utilisation, d'où le nom de centrale à collecteurs distribués (figure 18).

Les deux systèmes sont équivalents, à peu près, quant au résultat, chacun d'eux ayant ses avantages et ses inconvénients.

Les collecteurs distribués présentent l'avantage de conduire à des systèmes modulaires, de capter le maximum de flux solaire ( $\cos\theta = 1$ ) et de n'avoir d'effet d'ombre que sur le rayonnement incident.

Ils présentent par contre l'inconvénient de nécessiter un réseau de collectage du fluide caloporteur qui entraîne :

- un investissement en canalisation et calorifugeage important.
- des pertes thermiques et une consommation d'énergie pour la circulation du fluide non négligeables.

Ces avantages et ces inconvénients relatifs font que l'on s'accorde actuellement pour considérer que les centrales à tour sont mieux adaptées pour les puissances importantes, supérieures à 10 MWe, alors que les centrales à collecteurs distribués sont préférables pour

des puissances comprises entre une centaine de kW<sub>e</sub> et quelques MW<sub>e</sub>.

## VII - LE PROGRAMME FRANÇAIS DE CENTRALES SOLAIRES

### VII.1. Centrales à tour

Dans le domaine des centrales à tour, la France a entrepris la réalisation à TARGASSONNE, dans les Pyrénées Orientales, d'une centrale à tour expérimentale appelée TREMIS. Cette centrale délivrera une puissance électrique de 2 MW. Elle est composée de 350 héliostats de 50 m<sup>2</sup> environ et d'une tour de 80 mètres de haut. Le fluide caloporteur est un sel fondu (Hitec) chauffé à 450°C. Le cycle thermodynamique utilise de la vapeur d'eau surchauffée à 50 bars et 410°C.

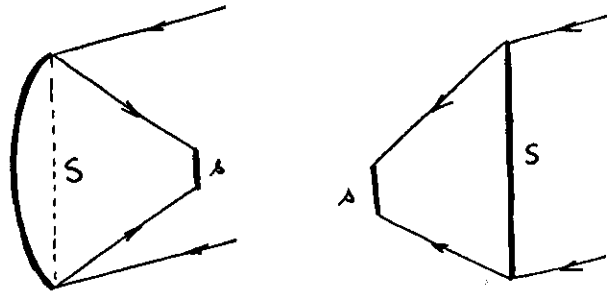
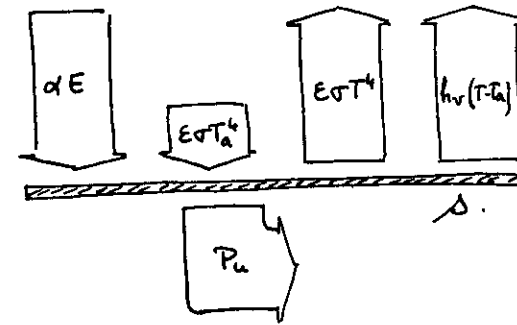
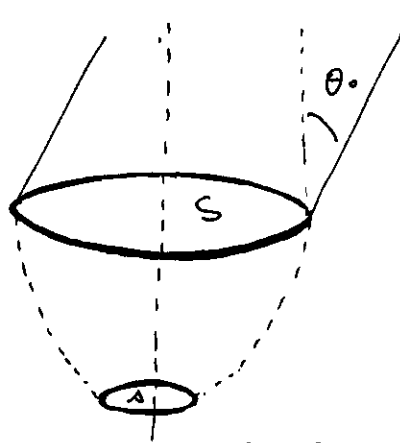
### VII.2. Centrales à collecteurs distribués

Différents types de capteurs ont été développés :

- . un capteur sphérique fixe à chaudière mobile, Projet PERICLES, permettant de chauffer une huile thermique à 300°C (L.A.S., Marseille)
- . des capteurs cylindro-paraboliques (CEA et BERTIN) qui seront utilisés pour une centrale expérimentale en Corse. Ces capteurs ont une surface de 50 m<sup>2</sup> et permettent de chauffer une huile thermique à 250°C.
- . des capteurs pseudo-paraboliques, capteurs THEK (Département d'Héliophysique à Marseille). Six prototypes industriels sont en cours de réalisation chez trois industriels français (SICOPA, SEP et BERTIN-CREUZOT LOIRE). Ces capteurs de 50 et 75 m<sup>2</sup> permettent de chauffer de l'huile thermique à 325°C. Ils seront utilisés :
  - pour une centrale expérimentale de production de chaleur industrielle, le projet THEK 2 (10 capteurs), installée à SAINT CHAMAS.
  - pour une centrale expérimentale de production d'électricité qui sera installée en Corse (10 capteurs).

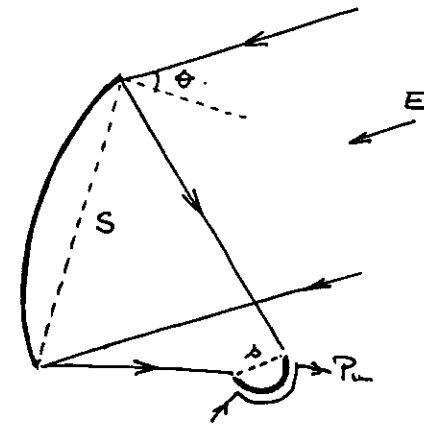
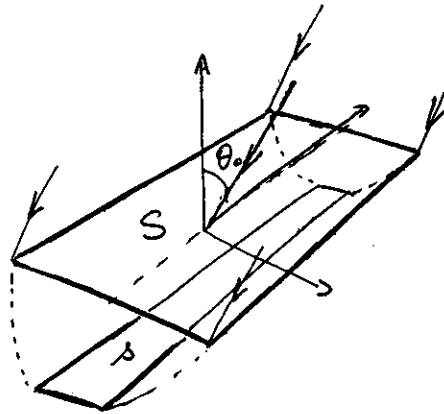
- pour une centrale opérationnelle devant fournir de la vapeur à une distillerie dans la région de PERPIGNAN (30 capteurs).
- enfin, 11 capteurs de 75 m<sup>2</sup> seront intégrés dans la centrale à tour TREMIS pour le préchauffage du sel, le traçage des canalisations, le préchauffage de l'eau du cycle thermodynamique et le chauffage des locaux.

o°o

Fig. 1Fig. 3Fig. 2.

$$C = \frac{S}{\Delta}$$

$$\theta_{max} = \theta_0$$

Fig. 4

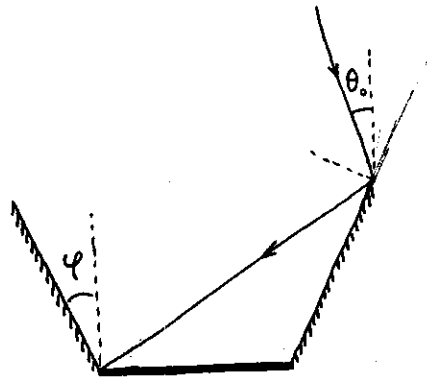


Fig 5a.

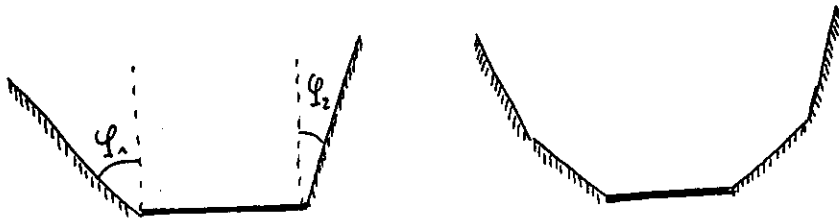


Fig. 5b.

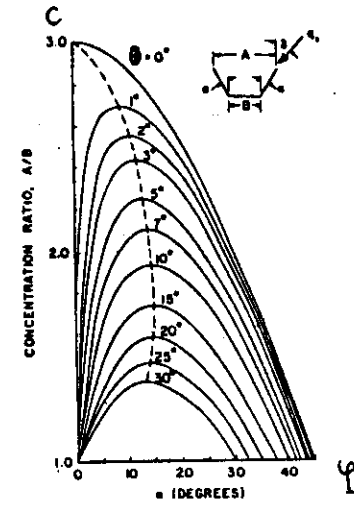
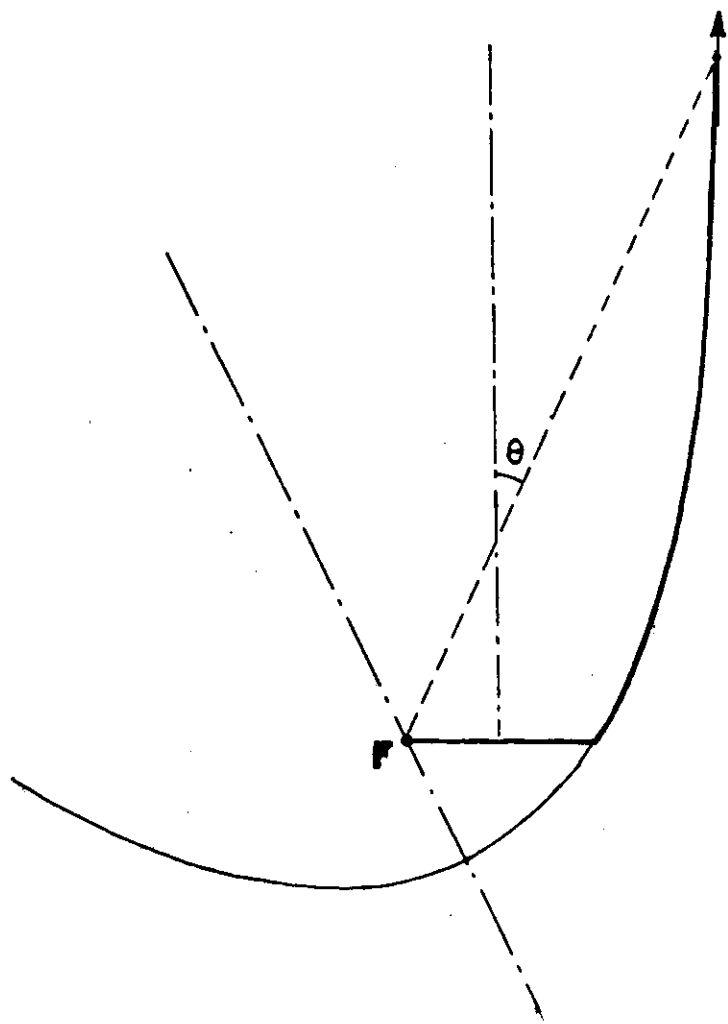
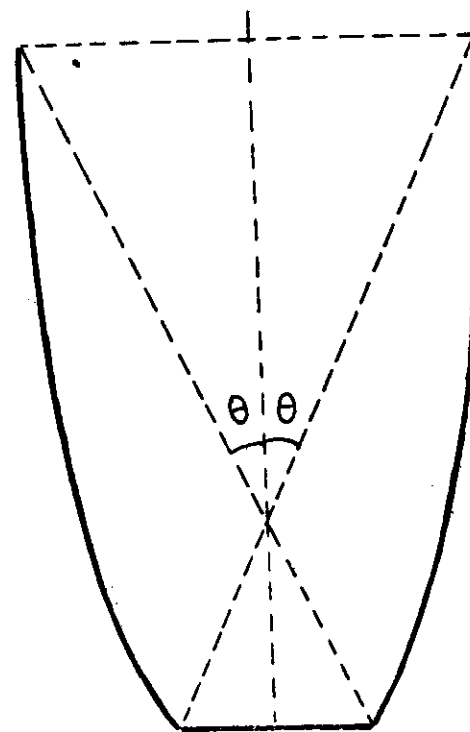


Fig. 6

Fig. 7Fig. 8

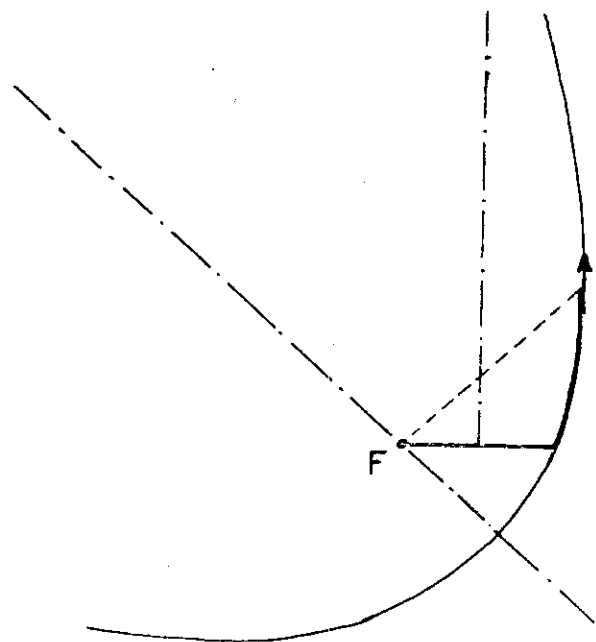


Fig. 9

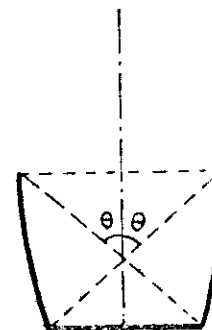


Fig. 10

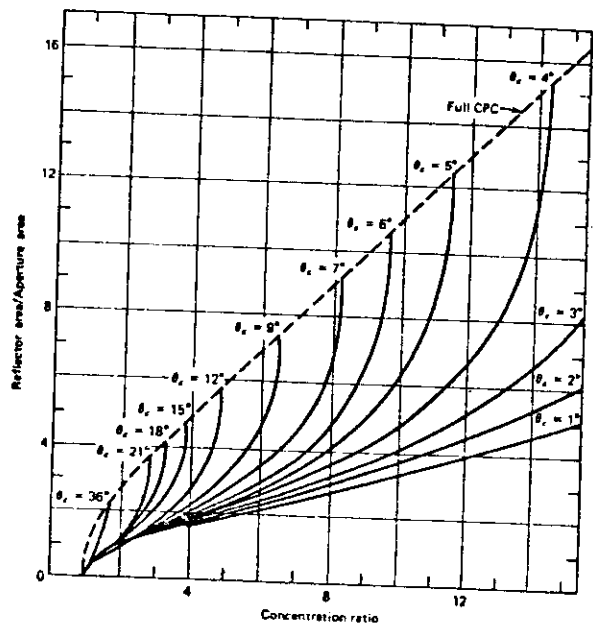
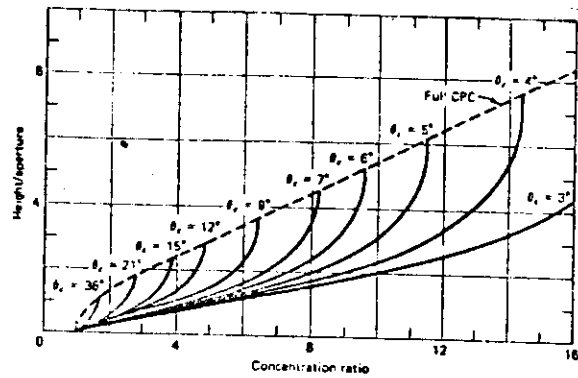


Fig. 11

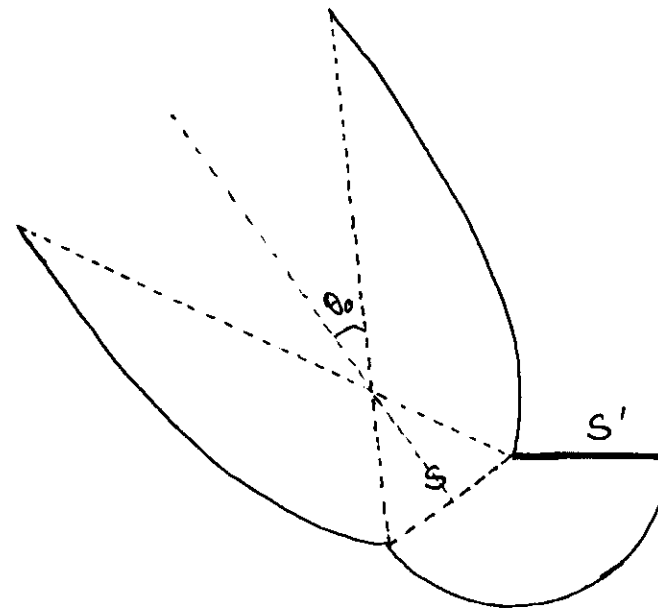


Fig. 12



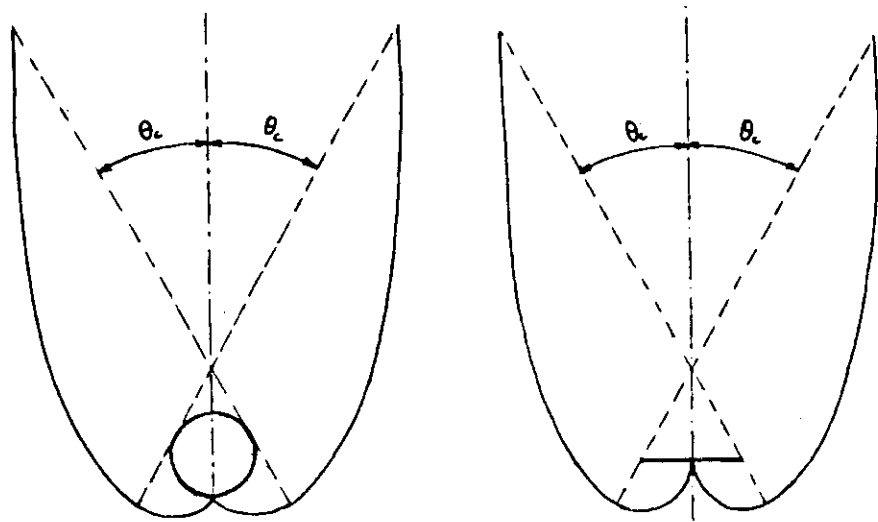
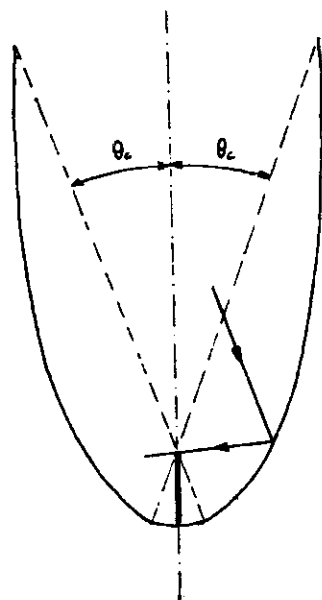


Fig. 13

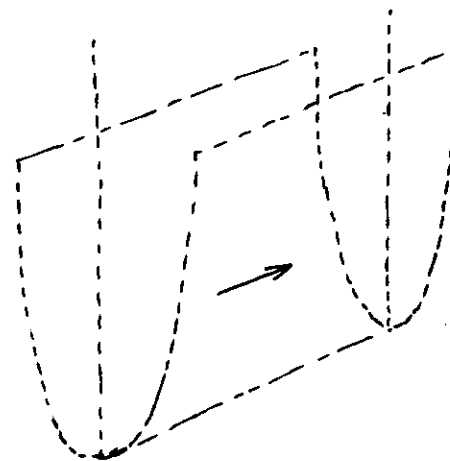


Fig. 14a

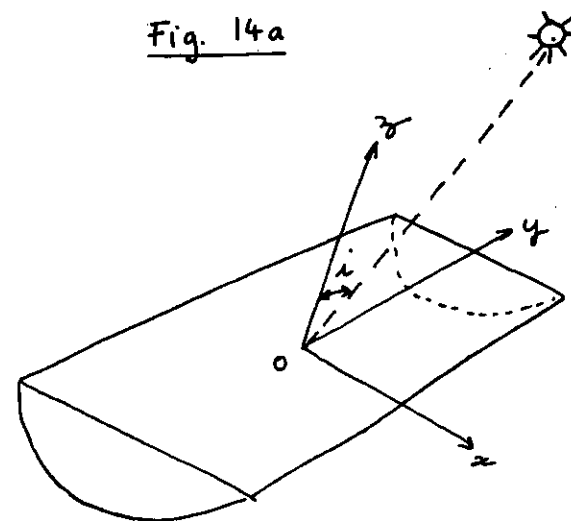


Fig. 14b.

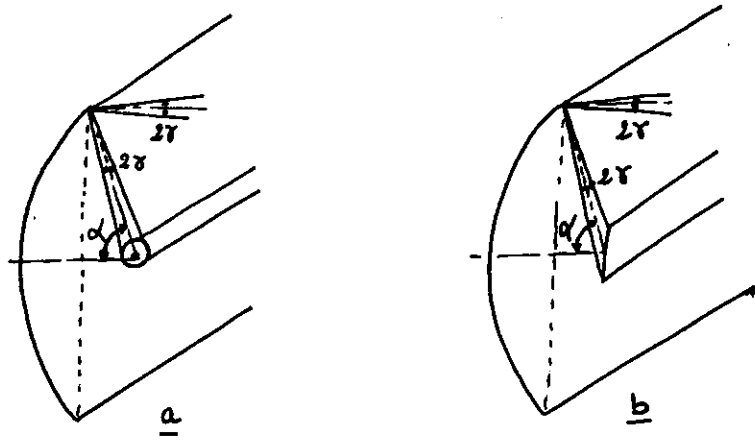


Fig. 15a

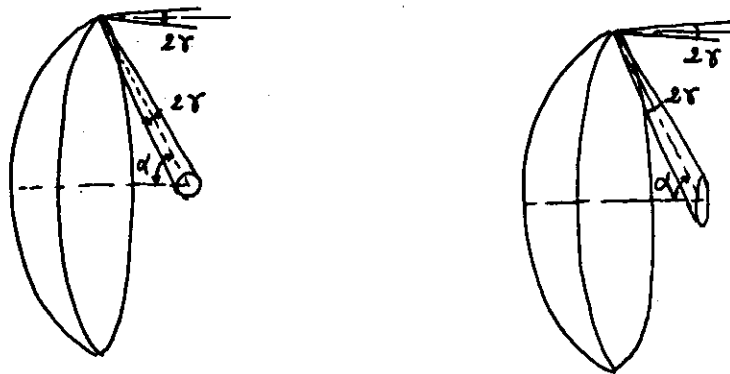


Fig. 16

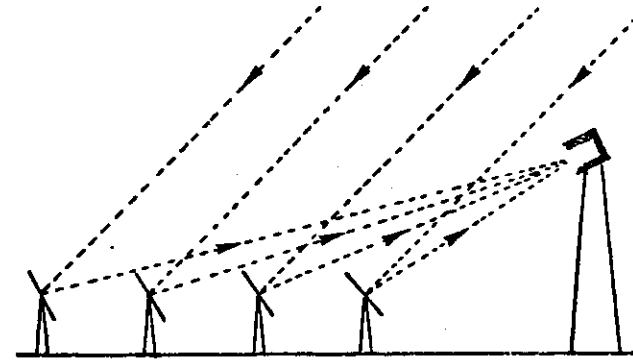


FIGURE 17

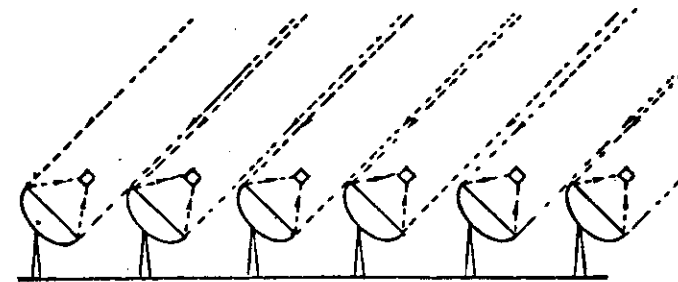


FIGURE 18