

Recherche énergétique	Programme de recherche énergétique XY	sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie OFEN
-----------------------	--	---

Rapport annuel 2002, 14 janvier 2003

# Solar Power System SPS

## Projet d'une mini centrale pilote électro-thermo-solaire de 10 kW<sub>e</sub>

Auteur et coauteurs	C. Pécoud, R. Breguet, Y. Allani
Institution mandatée	COGENER Sàrl
Adresse	PSE-A / EPFL, 1015 Lausanne
Téléphone, e-mail, site Internet	021/693.70.81, cogener@epfl.ch, www.cogener.ch
N° projet / n° contrat OFEN	2618 / 84754
Durée prévue du projet (de - à)	1.3.2001 au 30.11.2001

### RÉSUMÉ

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre d'un mandat de l'Office Fédéral de l'Energie (OFEN) pour la réalisation d'un capteur extra-plat (CEP) couplé à un cycle ORC (Organic Rankine Cycle) en partenariat avec le Laboratoire d'Energie Industrielle (LENI-EPFL).

COGENER s'est penché sur le développement du CEP faisant suite aux recherches conduites par Dr Y. Allani, au sein de l'EPFL.

Ce rapport rend compte des modifications apportées sur une des lignes du capteur solaire sur le site du PSE (ligne ouest). Un rapport complémentaire sera fourni ultérieurement pour faire état des essais effectués sur le capteur modifié.

Les prospections pour des réalisations concrètes ont dépassé le stade de perspectives et font l'objet actuellement de plusieurs confirmations. (Suisse, Australie, Pakistan, Qatar, Tunisie). Les projets suisses et australiens ont abouti à des expressions formelles de budgets provenant des clients.

## 0 Buts du projet

La concentration solaire permet de nombreuses applications et fait l'objet de nombreuses recherches à travers le monde. Le but est d'obtenir la meilleure efficacité à des coûts aussi faibles que possibles.

Dans cette optique, COGENER s'est consacré au développement et à la construction du capteur CEP 3, issu des recherches et développements des deux premiers modèles de capteurs (CEP 1 et CEP 2) conduits par M. Y Allani, au sein de l'EPFL. Le présent rapport fait état des modifications apportées au capteur ouest, notamment sur le collecteur en vue d'augmenter si possible son efficacité tout en réduisant son coût (système CPC).

Tout au long du développement du capteur CEP 3, COGENER a noué d'importants contacts pour l'intégration des modules CEP 3 dans des projets industriels viables. Nous sommes actuellement dans une phase pré-commerciale nécessaire à toute unité de cette importance. Aussi les négociations entreprises avec divers industriels, bailleurs de fonds et autres partenaires institutionnels laissent présager des applications concrètes imminentes.

En outre, il a été demandé par le LENI de faire des adaptations afin de faciliter les tests effectués par ce département. Celles-ci consistent avant tout dans l'ajout de réflecteurs-supports autour du capteur du LENI.

### 0.1 Intérêts du projet

Le projet rentre dans le cadre d'un développement de l'énergie éco-industrielle propre. Actuellement, les coûts de production d'énergie à l'aide de source renouvelable, telle que l'énergie solaire, ne sont pas concurrentiels face aux énergies fossiles telles que le gaz naturel, le fuel, etc.

Ce projet a pour but de permettre un développement des énergies renouvelables qui induirait une diminution des coûts de production et une diminution de l'impact sur l'environnement. En effet, nous parlons sans cesse des problèmes induits par les combustibles fossiles, notamment le réchauffement de la planète, la diminution de la couche d'ozone et l'émission croissante des gaz à effet de serre. La production d'énergie à partir du soleil demande actuellement une infrastructure importante et ne permet qu'une faible flexibilité. De plus, une augmentation du potentiel énergétique à l'aide des énergies renouvelables induirait des coûts de production concurrentiels.

Ainsi une production d'énergie électrique ou thermique à l'aide de l'énergie solaire ne peut que diminuer les problèmes précédents et augmenter notre qualité de vie.

De par les modifications effectuées concernant le capteur ainsi que ses réflecteurs, il est maintenant possible d'avoir une meilleure concentration des rayons solaires sur l'élément collecteur. Le montage de ce nouveau capteur n'ayant pas encore été effectué par le LENI, nous n'avons pas encore pu mettre en valeur l'avantage de ces modifications.

En outre, les différents contacts noués ces dernières années dans le domaine des utilisateurs potentiels de capteurs solaires portent ses fruits par la finalisations de deux projets, l'un en Suisse – près de Bâle–, l'autre en Australie, dans l'état du Queensland.

### 0.2 Buts principaux

Les buts principaux définis dans la requête adressée par COGENER à l'OFEN proposaient l'entreprise de travaux de modification et d'études d'amélioration des performances ainsi que l'optimisation des coûts de fabrication. Ces travaux se sont principalement axés sur l'utilisation de nouveaux collecteurs. Ceux-ci reprennent la technologie de la double réflexion afin de compenser les pertes induites par l'abandon des collecteurs sous vide SOLEL, jugés trop onéreux. Une phase d'essais sur cette centrale modifiée a été prévue afin de définir l'efficacité du prototype. Ces essais doivent mettre en évidence l'amélioration de la rentabilité et de l'efficacité de la centrale ainsi que les modifications nécessaires à apporter en vue d'une application concrète en cours de finalisation. Le but final est de prouver l'autonomie de la centrale en vue de promouvoir des applications dans divers projets industriels en cours de négociation.

Finalement ce projet envisage l'étude de cas concrets d'application des capteurs CEP en Suisse ainsi que sur des sites dans des pays à plus fort potentiel d'ensoleillement et d'applications.

### 0.3 Contretemps

Suite à des imprévus d'ordre techniques (délais de livraison plus longs, travaux de conception plus importants que prévus) et climatiques, tous les essais n'ont pu être achevés à ce jour. Ceux-ci reprendront dès que possible afin de définir la courbe caractéristique de la nouvelle centrale.

### 0.4 Commercialisation et industrialisation

Suite à diverses prospections dans le but de trouver des partenaires industriels pour la commercialisation du CEP, des opportunités substantielles d'économies des coûts de production se sont dessinés. L'adaptation des lignes existantes pour des applications concrètes fera l'objet d'une nouvelle requête de la part de COGENER auprès de l'OFEN.

Dans le rapport actuel ne figureront que les considérations conceptuelles liées au projet. Pour les aspects relatifs à l'efficacité, un rapport complémentaire sera remis à l'OFEN ultérieurement. Néanmoins nous pouvons mentionner les pays / clients ayant confirmé leur intérêt pour étudier et réaliser une centrale solaire avec un champ de CEP (Suisse 2 projets, Australie 3 projets, Pakistan 1 projet, Qatar 2 projets, Tunisie 2 projets). Le degré d'avancement diffère d'un projet à l'autre et sera mentionné dans le rapport commercial avec des preuves d'engagement ou d'intérêt à l'appui

# 1 Modifications

## 1.1 Définition de l'ampleur de la modification de la ligne

Après concertation entre les différentes parties du projet et pour des raisons économiques, les modifications à apporter au capteur solaire implanté sur le site du Parc Scientifique de l'EPFL se sont restreintes à une longueur de 9 mètres de capteurs. Ce choix a pour avantage de supprimer les effets de bord dus à la déclinaison solaire, effet d'autant plus importants que la planification du projet prévoyait les tests en hiver. Ce choix est motivé principalement par la longueur des tubes en verre disponibles au LENI. Ces tubes ayant été récupérés sur d'anciens capteurs.

## 1.2 Choix de la technologie du collecteur

Les modifications apportées sur le capteur implanté sur le site de l'EPFL ont pour but de réduire les coûts de production des collecteurs, principalement en abandonnant la technologie des tubes sous vide appliquée dans les tubes SOLEL.

De plus, dans le cadre du contrat OFEN pour l'année 2001, il a été décidé d'étudier la possibilité d'augmenter le taux de concentration du rayonnement solaire. Cette augmentation n'est envisageable qu'en augmentant la surface de miroirs (élancement de la centrale) ou par la réduction du diamètre du tube collecteur. Pour des raisons évidentes de coûts engendrés par l'augmentation de la surface de réflexion solaire (nouvelle optimisation du plan miroir et fabrication d'une nouvelle structure de capteurs), il a été décidé de réduire le diamètre du tube collecteur.

De façon à réduire les pertes thermiques dues notamment à l'abandon de la technologie sous vide ainsi que les risques de fuite des rayons solaires, nous avons décidé d'intégrer un réflecteur CPC dans le but d'améliorer la focalisation des rayons réfléchis.

## 1.3 Choix des tubes absorbeurs

Le choix des tubes absorbeurs devaient répondre à plusieurs critères:

1. Tube de faible section pouvant s'insérer dans les tubes en verre disponibles et permettant le taux de concentration souhaité.
2. Tubes recouverts d'une couche sélective de forte absorption et faible rayonnement.
3. Tubes rapidement disponibles et de coût abordable, impliquant le choix de fournisseurs produisant des dimensions standards.

Le choix s'est finalement porté sur les tubes SUNSTRIP de la société TECHNOTERM. Ces tubes, de section en losange d'environ 1 cm sur sa grande diagonale, comportent des ailettes pour une largeur totale de tube de 7 cm. Ces ailettes ont été sectionnées dans le sens de la longueur du tube de façon à pouvoir insérer le tube absorbeur dans un tube en verre d'environ 4 cm de diamètre.

## 1.4 Les réflecteurs

Le matériau et la forme générale du réflecteur ont été décidés en se basant sur les études préalables réalisées sur des capteurs développés au LENI.

Le matériau choisi (inox poli miroir de 1 mm d'épaisseur) doit respecter 2 critères principaux:

1. Résistance à la corrosion
2. Fort pouvoir réfléchissant

La géométrie du réflecteur se base sur une développante de cercle. La forme est identique à celle des réflecteurs installés sur un capteur au LENI. La dimension du réflecteur a été réduite de telle sorte que la réflexion soit adaptée à la dimension du tube absorbeur.

En raison de la petitesse du tube absorbeur et des contraintes de manufacture des réflecteurs (pliage des tôles, faibles rayons de courbures) la géométrie idéale du réflecteur a dû être approchée par une forme présentant des facettes dans les zones de forte courbure.

## 1.5 Tube en verre

Afin de réduire les coûts d'investissement pour les essais sur le nouveau collecteur, il a été décidé d'utiliser d'anciens tubes en verre disponibles au LENI. Ces tubes de diamètre intérieur d'environ 40mm et extérieur de 47mm ont une longueur de 3,04 mètres. Tenant compte de leur disponibilité, la ligne complète, y compris les raccords, présente une longueur totale d'environ 9,40 mètres.

## 1.6 Montage du réflecteur

Après discussion entre le LENI et COGENER, il a été convenu que les réflecteurs seraient maintenus par des gabarits distants de 1,5 mètres (longueur maximale pour une manufacture tolérable des réflecteurs). Ces gabarits sont maintenus par des tôles de rigidité.

### 1.6.1 Tôles de rigidité

3 tôles de rigidité courent sur toute la longueur du nouveau collecteur. Elles se présentent sous la forme d'un profilé en U en acier inoxydable. Les différentes tôles sont fixées entre elles par un système de flasques de connexion.

### 1.6.2 Gabarits et support

Les gabarits et supports de réflecteurs sont des tôles en acier inoxydables de 12mm d'épaisseur dont le profil extérieur s'insère dans les tôles de rigidité. Chaque gabarit et support sont découpé d'une fente à la géométrie similaire au profil du réflecteur. Les gabarits et supports de réflecteurs ont pour but non seulement de maintenir la forme du réflecteur mais agissent également comme raccord entre 2 réflecteurs successifs.

## 1.7 Montage du collecteur

Le collecteur est composé de tubes absorbeurs, de tubes en verre et de manchons de raccord et de fixation.

### 1.7.1 Manchon de fixation

Le manchon de raccord est composé d'un raccord de capteur, sur lequel deux bagues filetées viennent sertir les tubes en verre pour leur maintien. Un tube coulissant en cuivre vient s'insérer dans ce manchon. Ce tube, qui est brasé à chaque extrémité des tubes absorbeurs a pour but de reprendre les dilatations de ces derniers lors de la mise en température. Celle-ci est estimée au cas extrême (180°C) à environ 35 mm sur les 9 mètres de collecteur. Etant donné que la dilatation n'est pas dépendante d'un point fixe, un débattement maximum de 2,5 cm en extrémité du collecteur a été pris en compte. Après calcul, une longueur effective de chaque tube absorbeur de 2,96 mètres a dû être pris en compte.

### 1.7.2 Montage du collecteur

Le montage du collecteur (tubes et manchons) se fait en laboratoire par le LENI. D'une manière générale l'assemblage s'effectue de manière systématique à savoir:

1. Soudure du tube en cuivre aux deux extrémités d'un tube absorbeur
2. Insertion du tube absorbeur dans les tubes en verre
3. Insertion du tube en cuivre dans le manchon
4. Soudure du tube en cuivre aux deux extrémités du tube absorbeur suivant... et ainsi de suite.

Pour plus de détail sur le montage du collecteur au laboratoire, nous renvoyons le lecteur au rapport d'activité du LENI dans le cadre de ce projet.

## 1.8 Fixation du collecteur - réflecteur au module de la centrale

### 1.8.1 Fixation du réflecteur sur la centrale

Le montage du réflecteur sur la centrale s'effectue à l'aide de supports en H soit soudé sur le gabarit de réflecteur (à une extrémité du collecteur), soit vissé sur la tôle de rigidité.

## 1.9 Défauts constatés

Plusieurs défauts de jeunesse du nouveau système de collecteur ont pu être mis en évidence. Certains ont déjà pu être corrigés, d'autres feront l'objet d'une amélioration ultérieure.

### 1.9.1 Faiblesse du maintien des réflecteurs

Les réflecteurs, une fois insérés dans leurs gabarits, présentaient une faiblesse de maintien. En effet, la fente des gabarits prévoyait une tolérance de découpe de sorte à faciliter la mise en place. Or il apparaît, soit pour des raisons de découpe des fentes, soit pour des variations au niveau du pliage des tôles de réflecteur, que les différents éléments ne soient pas suffisamment maintenus.

Pour cette raison, nous avons décidé de confectionner des gabarits intermédiaires. Ces gabarits sont ajourés (ne provoquant aucune ombre sur le réflecteur) et ont pour simple but de fixer par pincement le réflecteur en son milieu. Ainsi tout risque de glissement est évité.

### 1.9.2 Mauvaise précision au niveau du réflecteur CPC

Nous relevons en première approche des imprécisions au niveau du réflecteur (réflexion non homogène donnant des effets de bulles lumineuses). Ces distorsions de la réflexion se localisent d'une manière plus importante au niveau des gabarits intermédiaires. Les causes probables de ces déformations peuvent être de plusieurs types:

1. Contraintes dues au pincement des réflecteurs au niveau des gabarits. Toutefois la déformation ne se localise pas exactement au niveau du pincement (partie haute du réflecteur), mais à sa base. De plus la tolérance de découpe est réduite à ce niveau ce qui nous indique que le problème se situe principalement sur les causes suivantes.
2. La tolérance de découpe sur les gabarits principaux (gabarits et support de réflecteurs) étant trop importante, le réflecteur peut donc s'adapter aux tensions internes dues notamment aux variations de température ambiante.
3. La précision de pliage des réflecteurs. Les réflecteurs n'ont pas été estampés mais pliés au rouleau puis à la plieuse. Il est évident que chaque réflecteur subit des imprécisions inhérentes à la manufacture. De plus il faut également tenir compte du module d'élasticité de l'inox, paramètre difficilement maîtrisable dans le cas d'un pliage manuel et individuel. Lors de la fabrication à grande échelle, le matriçage des réflecteurs donnera une forme régulière à ceux-ci, permettant d'anticiper l'effet ressort de la tôle lors du pliage et ainsi retrouver la géométrie prévue.
4. Le décalage de la fixation aux bras de la centrale. Le prototype conçu prévoit la possibilité d'insérer des cales afin de faire varier la position du collecteur par rapport au point focal du plan miroir. Or cette option engendre une faiblesse au niveau de la fixation du collecteur au niveau des bras de support de la centrale (levier important en position de basculement extrême). Un ajustement est prévu en basculant la centrale dans sa deuxième position extrême et en resserrant au mieux ces points de fixation. Il faut noter que pour une centrale définitive la distance optimale au point focal sera définie et fixe, ce qui éliminera cette faiblesse.
5. Une déviation (torsion) des réflecteurs peut également être due à la simple flexibilité des bras de support de la centrale. Deux raisons sont en cause :
  - La première réside au niveau de la fixation du bras sur l'axe de rotation de la centrale. Ce manque de rigidité était prévu dans l'ancien concept de la centrale qui prévoyait la reprise de dilatation du collecteur par les soufflets intégrés et la flexibilité des bras. Ce système de fixation n'est plus d'actualité pour notre concept puisque toute la dilatation est reprise dans le tube en cuivre coulissant dans le manchon de soutien du collecteur. Toutefois, pour des raisons économiques, nous n'avons pas jugé opportun de changer le système de fixation des bras, du moins avant les premiers essais.

- La deuxième raison est inhérente aux matériaux utilisés pour les bras de la centrale. La flexion en position extrême subit les contraintes dues au poids même du collecteur, calculé à 110 kg.

Il est à noter également que lors de la mise en œuvre des réflecteurs il sera possible par matriçage de rendre la forme idéale du réflecteur (suppression des facettes).

### **1.9.3 Manchon de raccord à améliorer**

La conception des manchons est adaptée pour des longueurs de ligne de capteur restreint. En effet le débattement autorisé par la longueur du tube en cuivre qui s'y insère limite le nombre de modules successifs. En effet la dilatation des tubes se répercute de module en module. Si nous voulons conserver le même principe de manchon il n'est d'autre solution que de raccourcir la longueur des tubes absorbeurs afin d'allouer un plus grand débattement au tube en cuivre. Par conséquent, dans le cadre d'une application à plus grande échelle, il faudra prévoir un système de manchon capable d'absorber uniquement les dilatations des tubes qui lui seront raccordés (éventuellement mini boas intégrés).

### **1.9.4 Tubes absorbeurs**

Les tests n'ayant à ce jour pas encore débuté, nous ne pouvons pas faire de commentaires objectifs sur la qualité des tubes absorbeurs choisis. Toutefois, nous pouvons supposer qu'il serait nécessaire dans le cadre d'une application à plus grande échelle (longueur de ligne supérieure à 9m) de trouver des tubes de section plus importante. En effet les calculs de dimensionnement révèlent des pertes de charges hydrauliques très importantes. Ces pertes de charges augmentent en fonction du débit ce qui nous contraint à limiter ce dernier. Or, à trop faible débit la montée en température à l'intérieur même du tube risque d'être très importante. Ainsi nous nous exposons à l'impossibilité de préserver une phase liquide du fluide caloporteur sans augmenter de manière démesurée la pression statique dans le circuit hydraulique. De plus, la conception même du tube absorbeur ne résisterait pas à de telles pressions.

Par conséquent il doit d'ores et déjà être envisagé une plus grande section du tube absorbeur (contraintes hydrauliques). Afin de préserver le taux de concentration il sera nécessaire d'augmenter la surface de captage solaire (plan miroir). Cette solution permettra d'augmenter le débit tout en réduisant les pertes de charge dynamiques. De plus l'augmentation du débit permettra une réduction du niveau de température en sortie de ligne, et par conséquent une réduction de la pression statique à imposer au circuit hydraulique pour maintenir le fluide caloporteur en phase liquide.

### **1.9.5 Amélioration des gabarits de fixation des réflecteurs**

En raison des différences de pliage des réflecteurs, ainsi que du système général des supports engendrant des divergences de réflexion, une étude supplémentaire devra être effectuée afin de simplifier-optimiser cet élément vital dans la chaîne du CEP. Une des solutions possible serait de faire un profilé aluminium extrudé intégrant le double réflecteur dans sa structure.

## 2 Gestion de projet

### 2.1 Ressources humaines

Le contrat OFEN 2002 sur la centrale solaire SPS a débuté en avril 2002 (signature du contrat). Les ressources humaines impliquées dans ce projet sont :

- Jean-Sébastien Thély, ingénieur ETS en mécanique, mars à mai 2002
- Rémy Breguet, ingénieur ETS en mécanique, du 24 octobre 2002 à janvier 2003
- Christian Pécoud, ingénieur EPFL, responsable de projet, mars à janvier 2003
- Yassine Allani, Directeur Cogener, chef de projet, mars à janvier 2003

### 2.2 Collaboration externe

Cogener était principalement en charge de la partie conceptuelle du capteur solaire. Toutefois, nous avons bénéficié de la collaboration du laboratoire d'énergétique industrielle de l'EPFL (LENI), notamment en ce qui concerne la réalisation technique du collecteur (montage).

Le montage du nouveau système de réflecteur a été effectué début décembre. Il est encore prévu en collaboration avec le LENI, d'effectuer des tests d'efficacité du nouveau capteur réalisé. Les conditions climatiques nécessaires au montage du tube collecteur sur le système de réflecteurs de la centrale n'étant pas réunies, l'installation de celui-ci ainsi que les essais de fonctionnement de la centrale n'ont pas encore été entrepris. Le LENI compte sur une amélioration météorologique nécessaire au montage des capteurs pour pouvoir effectuer cette opération ainsi que les tests y relevant. Ce rapport n'inclut donc pas les tests et résultats de fonctionnement.

La firme Gtec (Vallée) est intéressée par l'industrialisation du CEP. Plusieurs discussions ont eu lieu et d'autres sont en cours. Il convient de noter que Gtec maîtrise une technologie de production d'hydrogène et souhaiterait compléter sa panoplie de composants écologiques par l'acquisition de savoir-faire au niveau concentrateur solaire

### 2.3 Fournisseurs

Par l'optimisation des fournisseurs, en diminuant le nombre de ceux-ci, il a été possible de diminuer les frais de fabrication des différents éléments constitutifs. Une liste de pièces avec le nom des fournisseurs est jointe à ce rapport.

### 2.4 Prospection de projets en Suisse et à l'étranger

Un effort particulier, dans le cadre de ce contrat, a été fourni dans la recherche de projets de réalisation concrète. Il ressort notamment de ces prospections que des opportunités de réalisations se concrétisent tant en Suisse (Bâle) qu'à l'étranger (entre autre : Australie, Queensland). Ces deux sites feront l'objet d'une requête de Cogener auprès de l'OFEN.

Des lettres d'intention sont parvenues durant le mois de décembre 02 et janvier 03 allant dans ce sens et présageant de très belles opportunités industrielles, crédibilisant par là les efforts fournis par Cogener dans l'application de ces nouvelles technologies. Les clients identifiés s'impliquent financièrement au niveau des études et de la réalisation et prévoit d'ores et déjà des budgets de réalisation (exemple pour le client australien, la puissance thermique du champ CEP sera de 2 à 2,5 MWth, budget étude Aus 450'000 \$ et pour la réalisation Aus 8 moi \$). Des informations complémentaires à ce propos figurent dans le rapport commercial qui sera fourni en marge de ce présent rapport. Une première mission en Australie est prévue durant le premier semestre 2003 (avril), dans le but d'établir une étude de faisabilité sur le site envisagé.

Une autre mission est confirmée au Qatar et Pakistan sur des sites d'usines textiles entre le 24 et le 31 janvier 2003. Les clients sont astreints à des normes environnementales qui les obligent à mettre à niveau leurs unités industrielles pour pouvoir exporter en Europe

### 3 Observations générales sur le capteur

Outre les différents aspects exposés dans les rapports précédents, nous constatons que la conception même de la centrale CEP répond aux attentes et à la fiabilité requise. Le système d'entraînement, le logiciel de tracking ainsi que les matériaux utilisés ont fait leurs preuves depuis la réalisation de la première ligne de capteurs en 1999, par rapport aux attentes envisagées à ce moment de la conception. Il est cependant clair que les différentes optimisations réalisées depuis, ainsi que celles à venir, tiennent compte de l'expérience acquise à ce jour. Une optimisation des différents éléments doit intervenir avant toute installation industrielle, notamment dans le domaine de l'automatisation, du système de tracking et des matériaux constitutifs des lamelles.

## 4 Conclusion

Les différentes améliorations structurelles du capteur CEP ont permis de mettre en évidence le besoin de rationaliser la fabrication ainsi que la pose et le montage des différents éléments. Les constatations faites sont à prendre en compte dans le sens d'une réalisation industrielle pour ce type de projet. Un savoir-faire, lié aux technologies de mise en œuvre, devra être fourni par les différents intervenants liés à des projets de grandes dimensions (production locale et décentralisée).

Les essais qui seront effectués en 2003 s'inscriront dans le cadre du projet prévu pour la Suisse (Bâle). Ceux-ci détermineront l'efficacité du capteur, et par là son rendement ainsi que les différentes valeurs inhérentes à une production industrielle. Ces valeurs auront notamment pour but de projeter en termes de surface de capteur nécessaire, les besoins dans le cadre du projet précité. Leur incidence sur la réalisation des projets en cours nous impose une certaine réserve dans les valeurs à appliquer.

Aujourd'hui, d'importantes perspectives s'offrent à nous, aussi bien d'un point de vue commercial que pour le transfert de la centrale actuelle. Ces perspectives, tant internationales que nationales (Suisse, Australie, Pakistan, Qatar, Tunisie), feront l'objet du document annexe mentionné qui ne peut s'intégrer au présent rapport technique.

## 5 Références

- [1] Allani Y., Glauser E., Bucher M., « SPS Rapport final 1999, partie B », Cogener, 1015 Lausanne, 1999
- [2] Allani Y., Thély J.-S., Pécoud C., "SPS Rapport final 2000, améliorations de la première ligne et construction de la deuxième", Cogener, 1015 Lausanne, novembre 2000
- [3] Allani Y., Thély J.-S., Pécoud C., "SPS Rapport final 2001, Recherche d'amélioration du CEP, industrialisation et implantation d'une ligne sur un site externe", Cogener, 1015 Lausanne, janvier 2001
- [4] Schmutz B., Héritier J.-C., « Synthèse de transfert chaleur », Ecole d'Ingénieurs du Valais, 1950 Sion, 1998
- [5] Dind. P., « Introduction aux énergies renouvelables », Ecole d'Ingénieurs de l'Etat de Vaud, 1400 Yverdon
- [6] Allani Y., Favrat D., Hadorn J.-C., "Des systèmes hybrides pour passer la nuit", ENET-news, mars 2001, pages 12 et 13



Vue panoramique de la centrale avec le nouveau système de collecteur



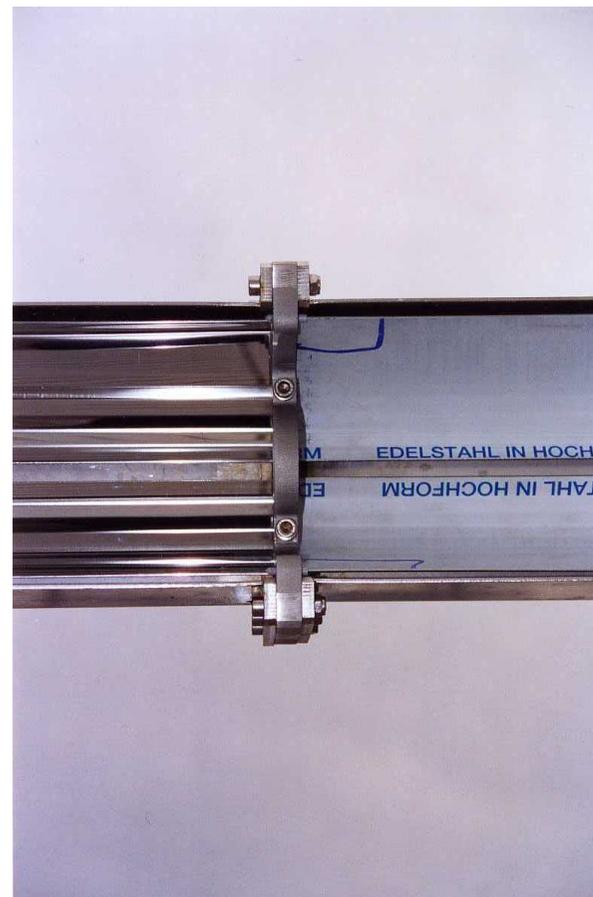
Système de fixation du réflecteur (support de réflecteur)



Système de fixation du réflecteur (Gabarit de réflecteur)



Vue longitudinale du réflecteur



Système de fixation du réflecteur (support de réflecteur)