

# **PROJET ABSORBEUR AS<sup>+</sup> - PHASE 2**

**Développement d'une couche sélective améliorée**

(voir aussi Rapport Phase 1 - décembre 1997)

## **RAPPORT FINAL**

### **Auteurs de l'étude**

Energie Solaire SA, Sierre

Jean-Pierre Rossy, Yves Roulet, Vincent Stauffer

**Avec le soutien financier de l'Office Fédéral de l'Energie**

**(contrat DIS 56479 - 16986)**

Sierre, le 2 décembre 1999

## Résumé:

Débuté en 1996 le projet ABSORBEUR AS<sup>+</sup> avait pour objectif l'amélioration des caractéristiques de la couche sélective produite par Energie Solaire SA depuis 1980. La couche C3-97 développée en laboratoire durant 1996 (cf. rapport annuel 1996) allait au delà du cahier des charges avec des valeurs  $\alpha$  de 0.959 et  $\varepsilon$  de 0.048. La poursuite de l'étude, avec pour but la simplification de la fabrication, a permis de mettre au point la couche C4-97 qui avec des valeurs  $\alpha$  et  $\varepsilon$  pratiquement identiques et les mêmes résultats aux tests de vieillissement (cf. rapport annuel 1997), a été considérée qualifiée pour le passage à la production industrielle.

Les résultats sur la ligne de production modifiée permettent de garantir,  $\alpha \geq 0.95$  et  $\varepsilon \leq 0.07$ . Depuis septembre 1998, les absorbeurs et capteurs sans vitrage fabriqués par Energie Solaire SA, peuvent être produits avec la nouvelle couche C4-97, sans augmentation de prix

Testés au SPF, le capteur sans vitrage a vu une augmentation importante de ses performances de 12.7 % à  $x=0.03$  (rendement élevé de 0.55 à 0.62) et de 29 % à  $x=0.05$  (rendement élevé de 0.31 à 0.40). En ce qui concerne les capteurs vitrés, l'augmentation du rendement est de 0.03 à 0.065 à  $x=0.10$ , selon les modèles.

Des tests complémentaires réalisés à L'EMPA, avec des critères plus contraignants que la norme ISO/CD 12592.2, ont démontré une sensibilité non acceptable au SO<sub>2</sub>. En conséquence, la couche C4-97 n'est aujourd'hui commercialisée que pour l'application absorbeur pour capteur vitré.

En laboratoire, une couche résistant au SO<sub>2</sub> a été mise au point. Cependant, vu son coût élevé et l'importance des investissements qu'implique la modification de l'installation de galvanoplastie, sa mise en production a été reportée.

## **1 Objectifs**

Débuté en 1996 le projet ABSORBEUR AS<sup>+</sup> avait pour objectif l'amélioration des caractéristiques de la couche sélective produite, par Energie Solaire SA, depuis 1980 et donnée pour une absorption supérieure à 0.92 et une émissivité inférieure à 0.20 (valeurs typiques:  $\alpha=0.957$  à 0.969 et  $\varepsilon=0.140$  à 0.177). Le procédé recherché devait ne pas augmenter le prix du produit final, en conséquence il devait ne pas multiplier les opérations, être peu gourmand en énergie et ne pas utiliser des techniques présentant des risques ou difficultés de traitement (voir rapport phase 1, décembre 1997).

Le passage en production était prévu pour le début 1998. Cependant, la prolongation de la phase de développement, qui a permis d'obtenir d'excellents résultats en ce qui concerne les aspects économiques et écologiques de la couche, ainsi que l'impossibilité d'interrompre la production pour exécuter les modifications de la ligne de fabrication et les tests vraie grandeur ont repoussé cette phase à septembre 1998.

Pour les mêmes raisons, les premières pièces destinées aux tests de performance et de qualité au SPF n'ont pu être livrées qu'en mai et juin 1998. En conséquence, les résultats desdits tests pour les capteurs vitrés n'ont été disponibles qu'en août 1999.

## **2 Adaptation de la ligne de production**

Durant la période traditionnellement creuse, de décembre 1997 à fin février 1998, la production a été interrompue afin de permettre les opérations importantes de transformation de la ligne de galvanoplastie. Outre les modifications indispensables à l'application de la nouvelle couche, divers perfectionnements ont été apportés à l'installation afin, d'une part, de diminuer les temps de transfert et, d'autre part, d'améliorer les conditions de travail.

Ainsi ont été ajoutés, différentes cuves, une installation de filtration du bain de cuivre, un équipement pour l'entrée sous courant, un automatisme pour la phase de cuivrage, un nouveau système de ventilation des bains, de nouvelles rampes de rinçage et une nouvelle motorisation du chariot de transfert.

Le système de fixation des pièces sur les cadres tel qu'utilisés pour la couche précédente s'est avéré inapproprié. En effet, du fait de la rétention de liquide dans les pinces, malgré un rinçage attentif, la couche présentait des défauts d'homogénéité. Une étude approfondie du phénomène ainsi qu'un grand nombre d'essais ont permis de mettre au point un système de pinces en acier inox offrant un minimum de points de contact et une très faible capacité de rétention.

Une fois l'installation modifiée, l'adaptation des paramètres de traitement (concentration, temps, tension, courant) fut une opération longue et fastidieuse. Chaque procédure était reproduite sur l'installation de laboratoire afin de vérifier et de comprendre toutes les interventions. Une fois les paramètres dégrossis, c'est à dire lorsque les tôles présentaient une surface homogène, sans effets de bords ni poudrage ou autre défaut, les résultats optiques et de résistance ont été mesurés afin d'affiner les paramètres et de déterminer leur variations en fonction de l'évolution des bains.

Parallèlement le laboratoire a été équipé afin de pouvoir contrôler régulièrement la dérive des bains, des procédures de titrage ont été définies pour déterminer les conditions limites de travail garantissant la qualité de la couche.

En comparant les résultats des tests et mesures effectués chez Energie Solaire SA avec ceux du SPF ou du ISE des méthodes simplifiées de test de performance et de durabilité ont été établis de façon à être en mesure de vérifier sans délai la qualité des échantillons.

### 3 Passage en production

La ligne de galvanoplastie étant équipée pour la réalisation tant de l'ancienne couche que de la nouvelle, les premiers absorbeurs équipés de la nouvelle couche ont pu être fabriqués, sans interrompre la production, dès le mois de mai. Ces premières pièces ont été livrées à Agena SA et à Fritz Krebs AG pour la fabrication des capteurs vitrés destinés aux tests du SPF. Un échantillon de TOITURE SOLAIRE AS<sup>+</sup> a été remis à ce même institut en juin 1998. Parallèlement une première installation, avec 81 m<sup>2</sup> de TOITURE SOLAIRE AS<sup>+</sup> de pré-série, a été réalisée Vissoie (VS).

### 4 Test de performance et de qualité de la couche

Les caractéristiques de la couche réalisée sur la ligne de production ont été mesurées par le SPF sur différents échantillons représentant les variations possibles des paramètres. Les résultats:

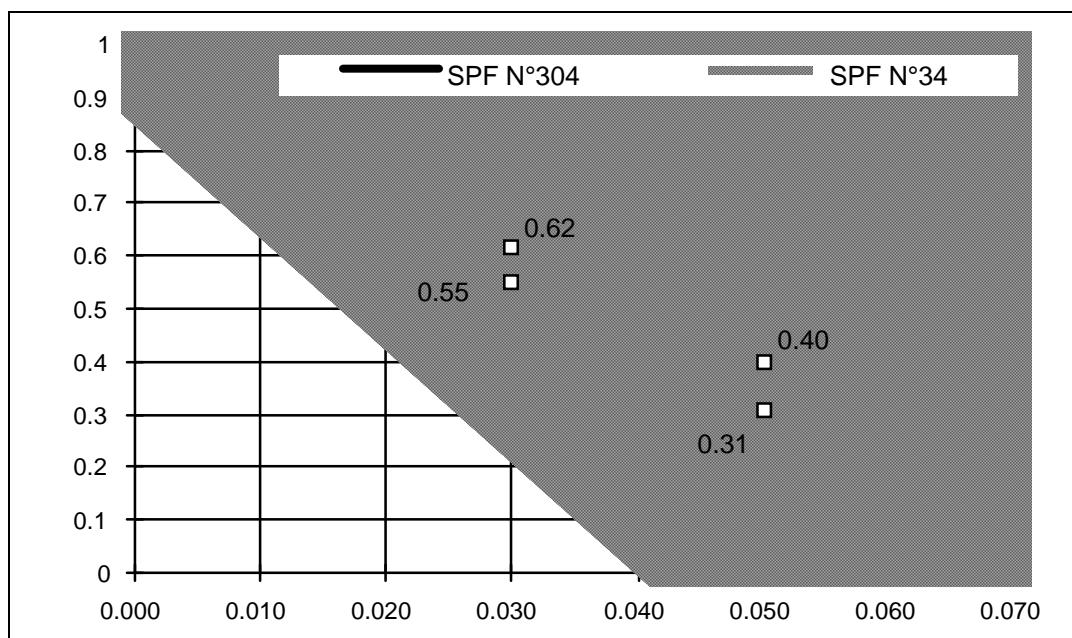
Echantillon 121.5 : $\alpha = 0.963$	$\varepsilon = 0.071$
Echantillon 121.4 : $\alpha = 0.959$	$\varepsilon = 0.055$

sont conformes aux attentes et permettent de définir les valeurs garanties :  $\alpha \geq 0.95$  et  $\varepsilon \leq 0.07$ .

En outre, la couche C4-97 a été qualifiée lors des tests de vieillissement accélérés selon ISO/CD 12592.2 effectués par le ISE (Frauenhofer Institut).

### 4 Test de rendement

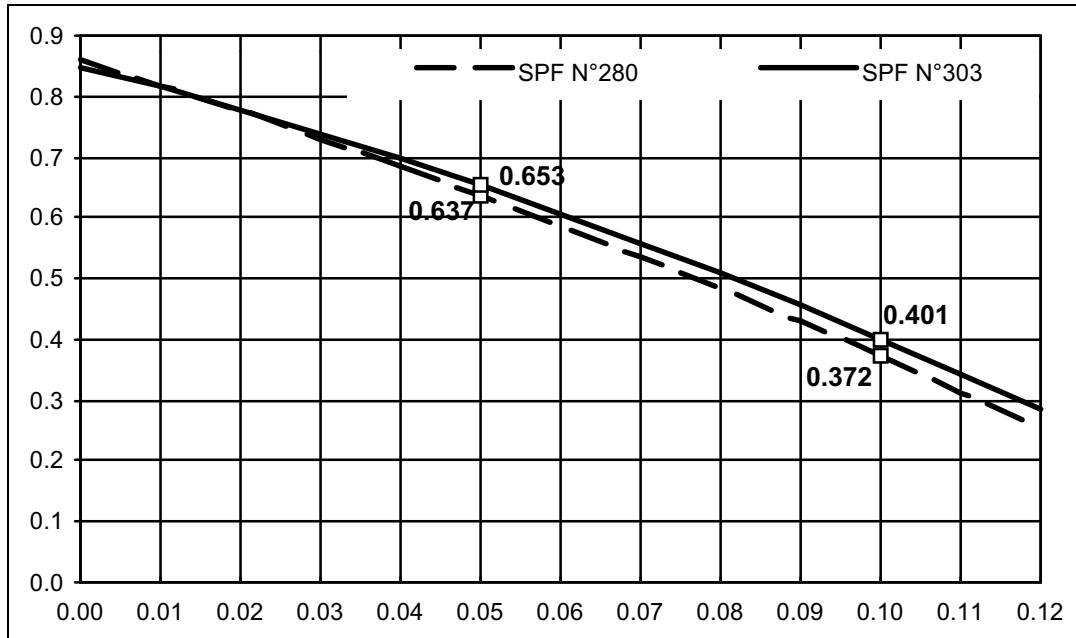
Un élément de TOITURE SOLAIRE AS+ (capteurs sans vitrage) a été testé par le SPF. L'augmentation de rendement correspond aux attentes et aux objectifs du projet (Fig. 1).



**Fig. 1 :** rendements comparés des couches C2-80 (SPF N°34) et C4-97 (SPF N°304) - Capteur sans vitrage AS

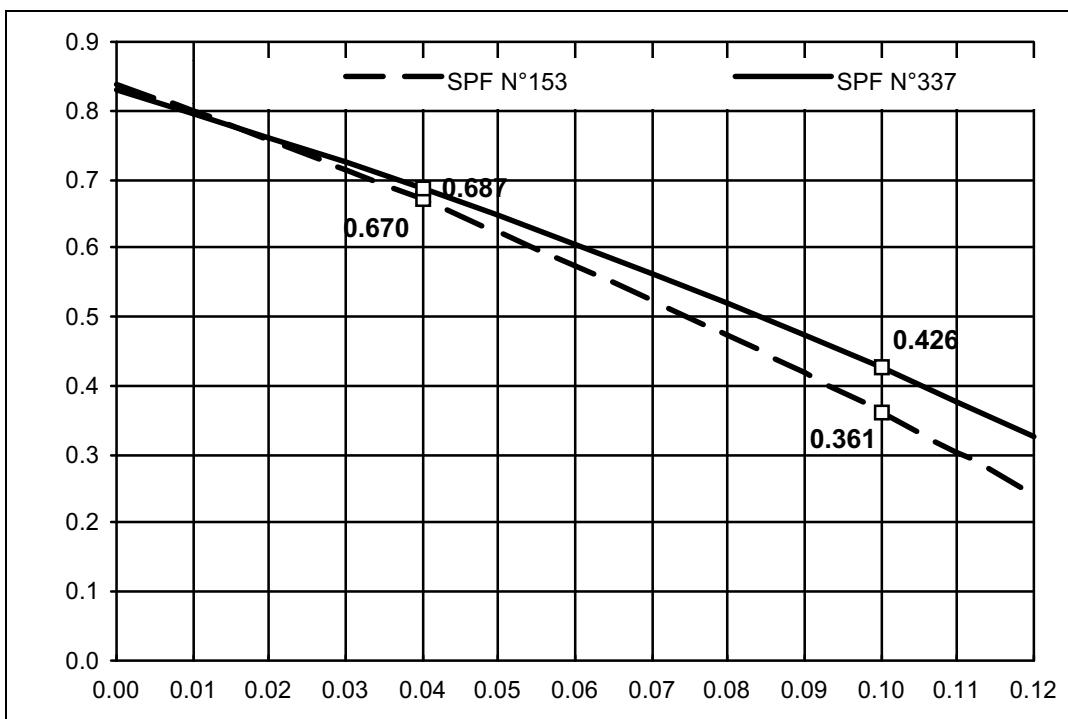
Deux fabricants de capteurs vitrés, utilisant les absorbeurs d'Energie Solaire SA depuis de nombreuses années, ont soumis aux tests du SPF leurs capteurs équipés d'absorbeurs avec la couche C497.

Dans un cas (Agena SA), l'augmentation de rendement est de l'ordre de 0.015 à  $x=0.05$  et de 0.03 à  $x=0.01$ , soit une augmentation de performance de 2.5%, respectivement 8% (fig.2),



**Fig. 1 :** rendements comparés des capteurs vitrés AGENA SA avec couches  
C2-80 (SPF N°280) et C4-97 (SPF N°303)

dans l'autre (Fritz Krebs AG), elle est de 0.017 à  $x=0.05$  et de 0.065 à  $x=0.01$ , soit une augmentation de performance de 2.5%, respectivement 18% (fig. 3).

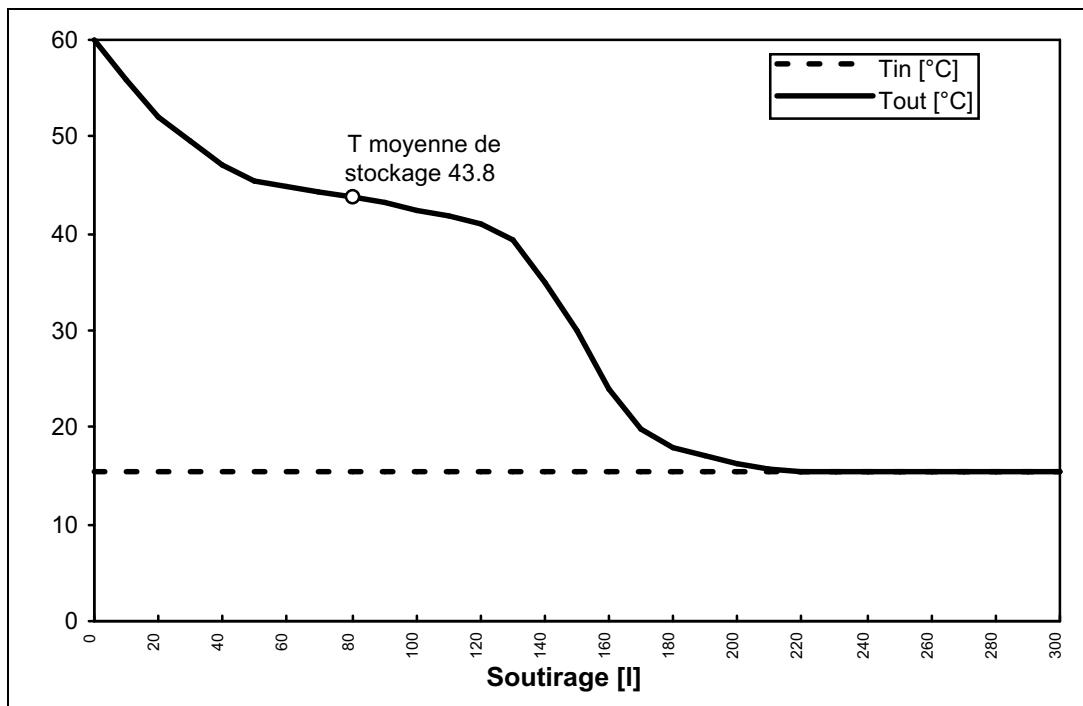


**Fig. 2 :** rendements comparés des capteurs vitrés FRITZ KREBS & CO AG avec couches C2-80 (SPF N°153) et C4-97 (SPF N°337)

De légères différences dans la qualité du boîtier et de son l'isolation ou du vitrage expliquent sans doute que l'amélioration constatée n'est pas exactement du même ordre pour ces deux produits.

Il faut toutefois constater que, dans ce cas et pour une absorption identique, une baisse de 0.1 de l'émissivité de la couche (de 0.17 env. à 0.07 env.) n'entraîne pas une amélioration significative des performances du capteur à basses températures. A des températures plus élevées, leur rendement sera cependant augmenté de 5 à 6 %.

D'autre part, la couche C4-97 est, depuis peu, utilisée pour la fabrication de capteurs stockeurs destinés aux marchés de la Martinique et de la Guadeloupe. Les tests effectués au Fraunhofer Institut ont montré une augmentation des performances de ces appareils de l'ordre de 30% par rapport au même produit précédemment réalisé avec une couche Maxorb (fig. 4)



**Fig. 4:** Courbe de soutirage du capteur auto-stockeur SUNWIND de 160 litres (source: ISE, Fraunhofer Institut)

#### 4 Tests complémentaires

Le SPF, en collaboration avec l'EMPA, a soumis divers échantillons de couche sélective de différents fabricants à des tests de résistance plus sévère que ceux définis dans la norme ISO/CD 12592.2 : Kesternich- Test EN ISO 6988 et Salzprühtest DIN 50 021-SS.

La couche C2-80 d'Energie Solaire SA a passé ces tests avec succès. Par contre, la couche C4-97 - de même que toute les autres couches testées - a échoué. La raison en est la solubilité du cuivre à l'acide sulfurique et à l'acide sulfureux. Ces couches ne sont donc pas adaptées pour les applications sans vitrage puisqu'elles ne résisteraient pas aux pluies acides ( $H_2SO_3$ ).

Energie Solaire SA en a fait la malheureuse expérience dans la réalité. En effet, bien qu'elle ait cessé d'utiliser la couche C4-97 pour ses capteurs sans vitrage aussitôt connu le résultat des tests de l'EMPA, des détériorations de la couche ont été constatées sur les quelques installations réalisées auparavant. Energie Solaire SA a remplacé tous les capteurs sans vitrage qui avaient été installés sur la foi des résultats des tests de vieillissement accéléré selon ISO/CD12592.2.

#### 5 Conclusions

Il faut l'admettre, le Projet ABSORBEUR AS+ n'a pas répondu à toutes les attentes: la couche C4-97, parfaitement adaptée aux absorbeurs, ne peut pas être appliquée aux capteurs sans vitrage.

Ce projet a cependant permis de mettre au point une couche sélective de très haute qualité ( $\alpha = 0.963$  et  $\epsilon = 0.057$ , résistante à 250°C - ISE Fraunhofer) pour les absorbeurs destinés aux capteurs vitrés, démontrant ainsi clairement que la galvanoplastie n'est de loin pas une technologie dépassée. Parallèlement les problèmes liés au passage du laboratoire à la production ont été parfaitement maîtrisés.

Non-polluante et sans danger lorsque les strictes prescriptions en vigueur sont respectées et que le processus fait exclusivement appel à des composants épurables ou recyclables ainsi qu'à des bains travaillant à température ambiante, cette technologie est également extrêmement économique: le dépôt de la couche C4-97 consomme 1 kWh/m<sup>2</sup> (la consommation reste inférieure à 2 kWh/m<sup>2</sup> toutes opérations annexes et périphériques prises en compte, soit, motorisation, régulation, pompages, ventilation, épuration, etc)

Fort de cette expérience somme toute concluante, Energie Solaire SA a entrepris un nouveau projet: le développement d'une couche sélective destinée plus spécifiquement aux capteurs sans vitrage. Les travaux réalisés en laboratoire durant l'été 1999 ont permis de réaliser une couche aux propriétés optiques proches de celles de la couche C4-97 qui résiste aussi bien que la couche C2-80 aux acides sulfurique et sulfureux. Son coût cependant est plus élevé et ne permettrait pas, ainsi que souhaité, de la commercialiser au même prix que l'ancienne. D'autre part, sa mise en production impliquerait des modifications de la ligne de fabrication telles qu'elles ne permettraient plus la réalisation des couches précédentes. Avant de prendre des orientations irréversibles, Energie Solaire SA a donc décidé de poursuivre ce projet afin de rechercher des méthodes et processus à la fois économique et parfaitement fiable.

## **6      Collaborations**

Les mesures d'absorption et d'émissivité, les tests de rendement et de vieillissement accéléré ont été réalisés au SFR-ITR, à Rapperswill ainsi qu'à l'ISE à Freiburg (D).

## **7      Transfert à la pratique**

Depuis septembre 1998, Energie Solaire SA produit des absorbeurs avec la nouvelle couche C497, ceci sans augmentation de prix.

Production de tôles sélectives pour la fabrication industrielle de capteurs-stockeurs.