



Capteurs solaires en couleur

Phase 3 : Intégration architecturale

Rapport annuel 2008

Décembre 2008

Auteur	Christian Roecker
institution	Ecole Polytechnique de Lausanne EPFL
	Laboratoire d'Energie Solaire et de Physique du Bâtiment LESO-PB
adresse	Bâtiment LE, 1015 Lausanne
téléphone, email,	(021) 693 43 41 christian.roecker@epfl.ch
web page	http://lesowww.epfl.ch
SFOE Project-No.	100506
Durée du projet	Phase III: 01/06/2008- 01/03/2010

RÉSUMÉ

L'installation des capteurs thermiques en façade présente plusieurs avantages, notamment une production de chaleur plus constante sur l'année et une diminution des risques de surchauffe. Mais cette intégration en façade est difficile avec les collecteurs actuels du fait de leur couleur très sombre (noir ou bleu très foncé) et des irrégularités ou défauts sur la surface des absorbeurs, visibles à travers le verre d'isolation. Le but de ce projet est de permettre une utilisation facilitée des capteurs en façade en proposant un verre qui cache l'absorbeur derrière une couche colorée tout en laissant l'énergie solaire traverser.

La phase précédente du projet a montré la faisabilité du concept et la qualité que l'on peut en attendre, mais il faut encore diversifier les résultats (couleurs, traitements), améliorer les performances et rendre la production industrielle économiquement viable.

Au niveau architectural, le premier concerné, les caractéristiques particulières de ces nouveaux verres ouvrent également des possibilités très intéressantes en permettant des façades actives uniformes, utilisant le même produit devant les capteurs solaires et l'isolation de la façade. Ces applications architecturales nouvellement rendues possibles doivent être étudiées en détail et développées jusqu'au concept de façades actives.

Buts du projet

- Le projet de recherche précédent (Capteurs solaires en couleur II) a démontré la validité du concept, la faisabilité des couches filtre et identifié au moins une option possible de traitement diffusant. Ces résultats prometteurs doivent maintenant être étayés et améliorés pour aboutir à des produits sûrs et différenciés, répondant aux normes, ainsi qu'à une vision claire des nouvelles possibilités architecturales offertes par cette technologie. Les objectifs du présent projet sont donc les suivants :
- Maîtrise des couleurs et des transmissions énergétiques des filtres interférentiels en couches minces (magnétron sputtering ou/et dip-coating ou/et évaporation sous vide)
- Sélection des différents verres et traitements diffusants à utiliser en conjonction avec les filtres en couches minces, tests visuels en situation et contrôle de compatibilité
- Tests de durabilité et de tolérance au trempage des verres traités, compatibilité avec feuilletage
- Etudes des conditions d'utilisation des verres en façades (normes) en Suisse et en Europe.
- Etude des différents modes d'utilisation possibles de ces verres pour les applications en façades, devant différents types d'absorbeurs et d'isolations.
- Etude des solutions architecturales détaillées pour quelques applications particulièrement intéressantes.
- Préparation d'une installation-pilote si les critères d'utilisation et de sécurité ont été satisfaits.

Situation du projet et travaux effectués.

1. Situation du projet

Suite à une signature tardive du contrat, le projet n'a démarré qu'à mi-2008, et a connu un déroulement retardé par plusieurs circonstances particulières.

Au niveau des couches, le travail a été repoussé pour pouvoir le confier à la doctorante qui l'avait commencé et qui était en congé maternité. Or suite à des difficultés médicales répétées cette personne n'a pas pu reprendre son travail à ce jour. Un nouveau collaborateur reprend le flambeau au mois de décembre seulement. Un nouvel élément positif est apparu avec la mise à disposition du laboratoire d'un appareil d'évaporation sous vide qui nous permettra de réaliser des couches minces sur une seule face des verres avec des délais très brefs. Toutefois la mise en route de cet équipement nécessitera environ deux mois.

Au niveau architectural également un certain retard a été pris du fait de l'engagement important de notre architecte à la rédaction de sa thèse de doctorat et d'une participation significative du laboratoire dans la préparation d'une nouvelle tâche de l'AIE.

Enfin une intervention chirurgicale subie par le soussigné (début juin) l'a tenu éloigné du LESO pendant plus d'un mois, limitant d'autant sa contribution à l'avancement des travaux.

2. Travaux effectués

2.1 Couches minces

Comme indiqué plus haut, l'activité au niveau des couches minces a été essentiellement concentrée dans la préparation de l'équipement d'évaporation sous vide. Les résultats de cette activité ne seront évidemment visibles que dans le courant de l'année prochaine, mais ils permettront de tester rapidement les nouvelles configurations de filtres et leurs caractéristiques de transmission et de réflexion. Cette technologie étant proche du magnétron sputtering, elle permettra de faire réaliser des échantillons grandeur nature ayant immédiatement les caractéristiques souhaitées.

2.2 Verres industriels

Une partie importante du projet consiste à identifier les producteurs de verre blanc capables de fournir un produit avec un côté diffusant et un côté lisse. Suite à une étude du marché un certain nombre d'échantillons ont été commandés afin d'effectuer une évaluation de leurs caractéristiques de transmission ainsi que l'impact visuel qu'ils avaient associé aux couches développées au LESO.

Ces produits étant surtout destinés au marché du PV traitant de grandes quantités, les échantillons « hors batch » sont difficiles à obtenir.

Des échantillons des produits suivants ont été reçus :

- Albarino S, Albarino G, Albarino P et Planilux Diamant de Saint Gobain (F)
- Solarglas SILK, ASTRA et CONE de la société Interfloat (Lichtenstein)
- GEWE Solar de Schollglas (D)
- Un verre blanc structuré obtenu à travers l'Université Nationale de Taiwan.

Ces verres sont en cours d'évaluation mais la plupart d'entre eux présentent une structure soit trop grossières soit insuffisantes pour avoir l'effet masquant désiré. Nous sommes toujours à la recherche d'un produit traité à l'acide qui présente à la fois une bonne transmission et un effet masquant suffisants, semblable à ce qui est obtenu par le traitement de la société Fällander.

Dans l'intervalle les verres obtenus vont être mesurés pour avoir une réponse précise de leurs caractéristiques en transmission.

2.3 Intégration architecturale

Au niveau architectural les activités ont porté sur trois thèmes :

- la démonstration en grandeur réelle
- la simulation de l'intégration des capteurs sur des bâtiments
- une réflexion théorique sur la qualité de l'intégration architecturale

Démonstration en grandeur réelle

Suite aux essais de divers traitements à l'acide sur des échantillons de format A4 nous avons fait réaliser deux traitements différents sur des verres grand format :

- un traitement classique H16 sur un verre jaune
- le gravage d'un texte explicatif sur un verre vert avec une alternance H16 / non-traité

Ces deux verres ont été montés sur des capteurs Schweitzer identiques au premier capteur de démonstration, précédemment équipé d'un verre bleu avec motifs à petits carrés. Trois supports métalliques mobiles et réglables ont été réalisés pour permettre l'exposition permanente de ces développements dans une halle du LESO et leur déplacement occasionnel pour des expositions temporaires dans le cadre de l'EPFL (Fig. 1)

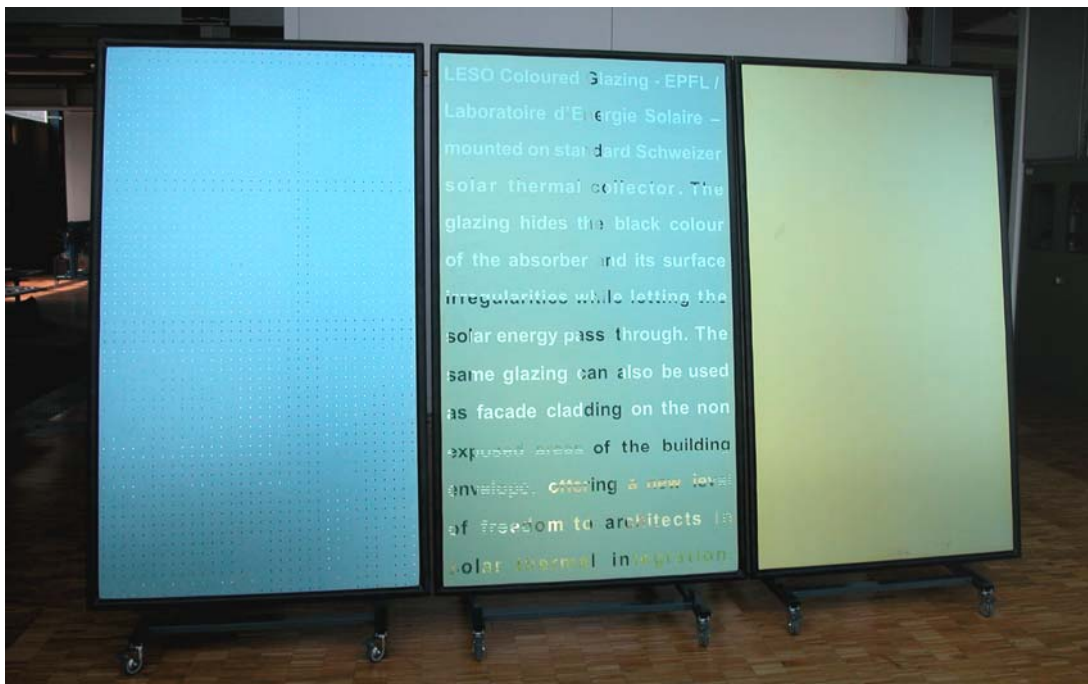
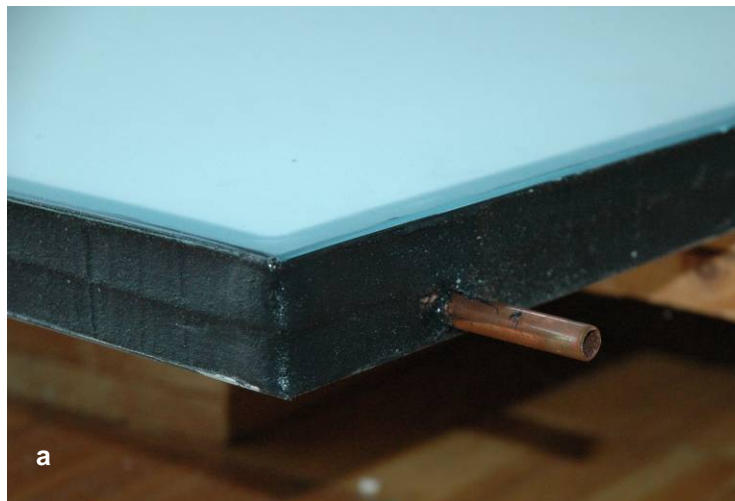


Fig. 1 Verres prototypes sur des capteurs Schweizer

Suite au contact fourni par nos collègues de la HES Rapperswil, nous avons entrepris une collaboration ponctuelle avec l'entreprise H+S Solar GmbH qui fabrique des capteurs solaires thermiques avec une technologie proche de celle de utilisée pour fabriquer des verres à triple vitrage. Ces capteurs ont une épaisseur de 5 cm environ, ce qui les rend extrêmement intéressants pour l'intégration en façade (Fig. 2). Deux verres de grande taille, adaptés à ces nouveaux capteurs, ont été fournis à l'entreprise citée pour réaliser deux prototypes, un pour le LESO et un pour H+S. Les verres ont été trempés, puis sablés et enfin montés sur ces capteurs. Le résultat est mitigé au niveau de la transmission, le sablage réalisé par Scholl Glas pour H+S étant trop important et diminuant donc par trop l'efficacité du capteur.

Cela se traduit au niveau esthétique par un aspect un assez laiteux qui diminue l'impression de couleur (Fig. 3).

Par contre ces prototypes dont les verres ont été trempés ont confirmé la capacité du traitement films minces à résister au trempage et la possibilité de réaliser un capteur aussi fin intéresse beaucoup les architectes.



a



b



Fig. 2 (a-b) Capteurs H+S extra-minces

Fig. 3 Capteur H+S verre sablé

Simulations

Afin de mieux cerner les possibilités de ces nouveaux verres au niveau de l'intégration architecturale, plusieurs nouvelles simulations ont été réalisées sur des bâtiments de types différents. Outre le bâtiment scolaire déjà présenté l'année passée (Fig. 4), un bâtiment de type bureau (Office de pose de Lausanne) et un bâtiment abritant un restaurant (à Graz en Autriche) ont été équipés de nouveaux capteurs par simulation. Les séries de figures 5 (a-c) et 6 (a-c) présentent ces résultats. Comme on peut le constater sur ces exemples, la double utilisation des verres comme protection de l'isolation et comme revêtement du capteur se révèle fondamentale pour faciliter l'intégration.

Étude théorique

Dans le cadre d'une thèse de doctorat présentée cette année au LESO, une étude exhaustive des critères permettant de juger la qualité d'une intégration architecturale a été réalisée. Appliquée au cas particulier des verres colorés cette étude a permis de

démontrer que l'utilisation des nouveaux verres permet de répondre de manière optimale à la plupart des critères décrits.
Elle servira également de base aux recommandations édictées pour l'utilisation des nouveaux verres dans le rapport final.



Fig. 4 Simulation sur rénovation de bâtiment scolaire à Pully



Fig. 5 (a-c) Bâtiment administratif de la Poste à Lausanne



Fig. 6 (a-c) Restaurant à Graz, Autriche

2.3 Verres industriels

Une partie importante du projet consiste à identifier les producteurs de verre blanc capables de fournir un produit avec un côté diffusant et un côté lisse ayant de bonnes caractéristiques de transmission. La participation à un séminaire spécialisé à Munich a permis de clarifier certaines données économiques (prochain « bottleneck » de l'industrie PV), mais pas de trouver de produit idéal. Suite à une étude du marché un certain nombre d'échantillons ont été commandés afin d'effectuer une évaluation de leurs caractéristiques de transmission ainsi que l'impact visuel qu'ils avaient lorsqu'associés aux couches développées au LESO.

Ces produits étant surtout destinés au marché du PV traitant de grandes quantités, les échantillons « hors batch » sont difficiles à obtenir.

Des échantillons des produits suivants ont été reçus :

- Albarino S, Albarino G, Albarino P et Planilux Diamant de Saint Gobain (F)
- Solarglas SILK, ASTRA et CONE de la société Interfloat (Lichtenstein)
- GEWE Solar de Schollglas (D)
- Un verre blanc structuré obtenu à travers l'Université Nationale de Taiwan.

Ces verres sont en cours d'évaluation mais la plupart d'entre eux présentent une structure soit trop grossières soit insuffisantes pour avoir l'effet masquant désiré. Nous sommes toujours à la recherche d'un produit traité à l'acide qui présente à la fois une bonne transmission et un effet masquant suffisants, semblable à ce qui est obtenu par le traitement de la société Fällander (Traitement « H16 »).

Dans l'intervalle les verres obtenus vont être mesurés pour avoir une réponse précise de leurs caractéristiques en transmission.

3.1 Collaborations nationales

Comme indiqué plus haut, une collaboration ponctuelle a été initiée avec la firme H+S Solar pour réaliser des capteurs prototypes extra minces avec leur technologie. Cette collaboration pourra être reprise au besoin lorsque nous disposerons de nouveaux verres.

La société Glas Trösch reste notre partenaire privilégié pour réaliser des couches à l'aide de magnétron sputtering. Elle sera mise à contribution durant l'année prochaine lorsque la composition des films définitive sera établie, notamment pour une petite présérie et les tests de trempage.

Une contribution a été apportée dans le cadre de la CCEM-CH « *Innovative Building Technologies for the 2000-Watt Society (House2000)* » pour l'équipement éventuel d'unités mobiles de démonstration de technologies innovantes pour le bâtiment

3.2 Collaborations internationales

Dans le cadre de la tâche AIE 39, des tests ont été effectués pour simuler l'application de nos films à des capteurs polymères Solarnor. Grâce à l'utilisation de la démo box pour obtenir des couleurs réalistes, il a été possible de présenter les résultats de simulation sur un bâtiment existant à Oslo (Fig. 7).

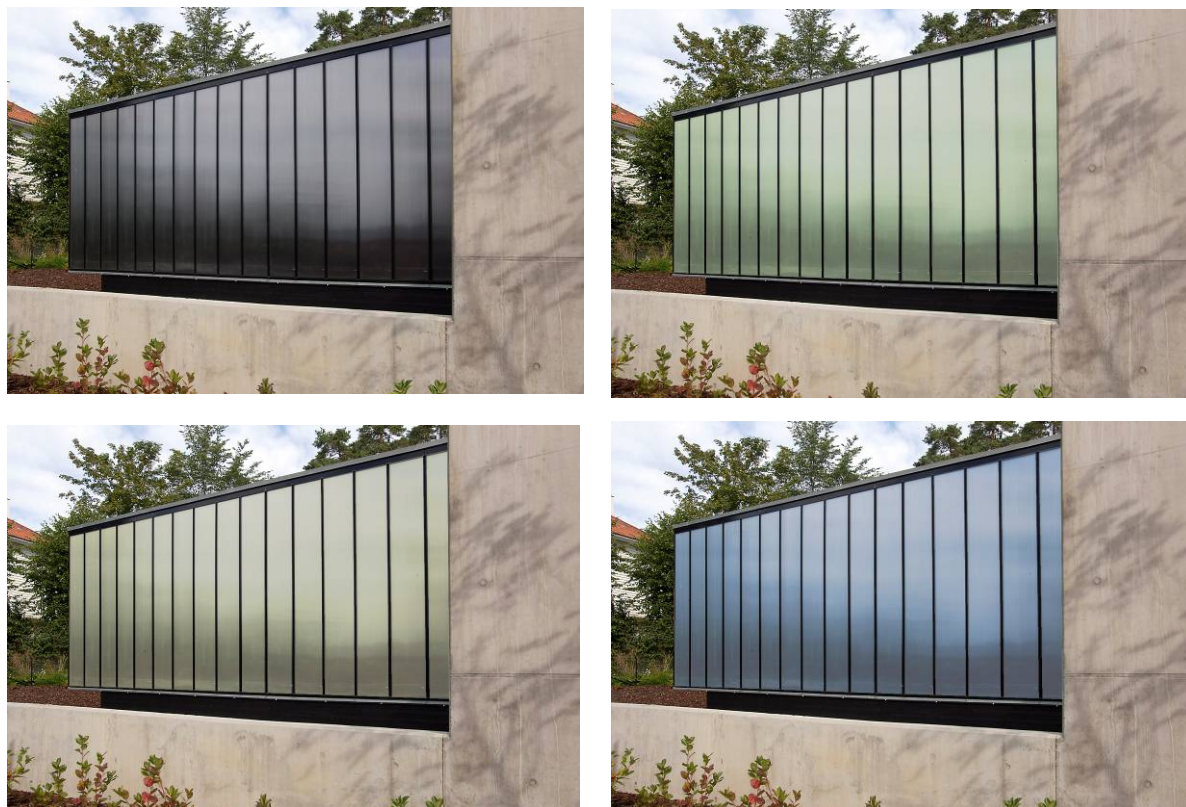


Fig. 7 : Façade originale et 3 variantes de couleur d'après des verres existants

Cette collaboration est établie avec l'Université d'Oslo, Professeur John Rekstadt, et son prolongement dépendra de la participation officielle du LESO à la Tâche 39, participation uniquement comme observateur non financé pour le moment.

Une collaboration importante a été établie à travers la société Swissindo qui a mené à un important contrat de développement et d'assistance technique pour la réalisation d'une installation industrielle de production de verres colorés par magnétron sputtering, sous la responsabilité du Dr. Andreas Schöler du LESO.

Perspectives 2009

Le travail va se poursuivre selon le plan prévu, avec l'importante phase d'optimisation des couches facilitée par l'équipement d'évaporation sous vide.

Le travail de recherche d'un ou de plusieurs verres industriels satisfaisant nos exigences reste une priorité.

Le test de capteur équipé d'un verre coloré devrait pouvoir se faire à l'ETS de Rapperswil durant l'été.

Un nouveau collaborateur ou une collaboratrice devra être engagé(e) pour compléter l'équipe suite à la redistribution du travail dans le domaine de l'intégration au bâtiment.

Publications et Conférences

La principale publication a été la thèse de MariaCristina Munari Probst :

« *Architectural Integration and Design of Solar Thermal Systems* »

Publiée à l'EPFL en décembre 2008.

Les travaux portant sur l'intégration architecturale et spécifiquement sur les verres colorés ont été présentés à plusieurs occasions :

- Meeting de la Tâche 39 AIE à Lisbonne, 13-15 octobre
- Réunion préparatoire à une Tâche AIE sur l'intégration des capteurs solaires actifs au bâtiment, à Copenhague, 12-13 mai
- EXCO meeting du programme SHCP à Graz (AU) , 12-13 juin
- Seconde réunion préparatoire à une nouvelle Tâche AIE à Lausanne, 16-17 octobre
- Présentation sur invitation à une Conférence à l'Université Nationale de Taiwan NTU, Professeur B.J. Huang, 4-5 décembre.

Lausanne, le 18 décembre 2008

Ch. Roecker.