



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des transports,
de l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral de l'énergie OFEN

Rapport final 17 Janvier 2011

Capteurs solaires en couleur

Phase 3: Intégration architecturale

Mandant:

Office fédéral de l'énergie OFEN
Section Recherche énergétique
CH-3003 Berne
www.bfe.admin.ch

Cofinancement:

EPFL , CH-1015 Lausanne

Mandataire:

EPFL LESO-PB
Ch. Roecker
Station 18
CH-1015 Lausanne
http://leso.epfl.ch/f_default.htm

Auteur et co-auteurs:**Intégration architecturale**

Christian Roecker, EPFL LESO-PB,

christian.roecker@epfl.ch

MariaCristina Munari Probst, EPFL LESO-PB,

mariacristina.munariprobst@epfl.ch

Marja Edelman, EPFL LESO-PB,

marja.edelman@epfl.ch

Couches minces

Andreas Schüler , EPFL LESO-PB,

andreas.schueler@epfl.ch

Stefan Mertin, EPFL LESO-PB,

stefan.mertin@epfl.ch

Virginie Le Caër, EPFL LESO-PB,

virginie.lecaer@epfl.ch

Responsable de domaine de l'OFEN: Andreas Eckmanns

Chef de programme de l'OFEN: Jean-Christophe Hadorn

Numéro du contrat et du projet de l'OFEN: 153309 / 100506

Les auteurs de ce rapport portent seuls la responsabilité de son contenu et de ses conclusions.

Table des matières

0. Abstract.....	4
1. Buts du projet et modifications.....	5
1.1 Evénements contextuels	
1.2 Buts du projet	
2. Travaux effectués : Couches minces.....	6
2.1 Evaporation	
2.2 Limitations du processus d'évaporation	
2.3 Machine de pulvérisation (magnétron sputtering)	
2.4 Dépôt de filtres colorés et simulations	
2.5 Nouveaux designs	
3. Intégration architecturale.....	12
3.1 Verres blancs diffusants industriels	
3.2 Études théoriques	
3.3 Diffusion et présentation des résultats	
3.4 Simulations	
4 Collaborations.....	20
4.1 Collaborations nationales	
4.2 Collaborations internationales	
5. Perspectives et Publications.....	20
5.1 Perspectives	
5.2 Publications et Conférences	

Abstract

The project aimed at the development of new solar thermal façade systems with improved architectural quality, to help increase the use of solar energy for heating and cooling in buildings. The idea is to use new coloured thin film glass coatings with selective reflection properties. The work is divided into two parts:

- Thin film technology (optimising optical reflection and high solar transmission)
- Architectural integration (aesthetic and technical solutions for façade integration)

On the filter development side, major improvements have been obtained thanks to the reception, installation and operation of an “old” vacuum evaporation system, offered by the industry and the development of a custom made magnetron sputtering machine. This equipment has allowed Dr.Schüler’s team to develop thin film layers deposited on one side of the glasses, similarly to the industrial version using magnetron sputtering.

Several new colours with improved transmission coefficients have been obtained and measured, offering colour choice to the architectural integration team. A special set of demonstration boxes for small size samples has been set and used for colour selection. Very good matching with coloured glasses for windows has been achieved.

On the architectural side, the search for industrial extra-white glasses with one side diffusing treatment has been conducted, collecting and measuring glass samples for their energy transmission properties. Identifying a very good product offered the possibility to obtain real size samples for pilot installations at a reasonable price, or with various patterns. In parallel, in working on prototyping, an innovative and promising diffusing treatment has been discovered that can lead to an improvement in transmission factor instead of limiting it.

The architectural integration has greatly progressed in the theory part, specifically with a PhD thesis completed by MariaCristina Munari Probst for integration in facades. Several simulations have been produced using the new glazing, showing the advantages for the architects to use the same glass in front of collectors and insulation. Prospective work for a pilot installation has been conducted in collaboration and under the general lead of Swissinso SA, holder of the commercial rights of the coloured glasses for solar thermal applications. Several presentations of the research results, in architectural integration and thin films, have been presented in conferences and IEA Tasks.

Capteurs solaires en couleur

Phase 3: Intégration architecturale

1. Buts du projet et modifications

La signature avec Swissinso, en cours de projet, d'un accord d'exclusivité d'exploitation pour les capteurs thermiques des nouveaux verres développés dans ce cadre a modifié de façon importante les conditions de déroulement du projet. Cela a d'une part renforcé l'équipe travaillant sur les couches minces et ouvert des perspectives pour l'application des résultats dans la pratique courante, mais également transféré le contrôle de la production des prototypes à cette société. Les négociations entre Glas Trösch et Swissinso ont été longues et ardues, et d'importants retards en sont découlés, qui ont eu un impact sur le déroulement du projet. Comme précisé plus bas, les phases de test au SPF et d'installation pilote ont été les plus touchées. Toutefois, l'implication importante de Swissinso dans le développement du produit et de son marché devraient garantir la réalisation à terme de ces éléments.

1.1 Événements contextuels

Suite à la 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 « couches minces », le travail avait été repoussé quelque peu en 2008, comme indiqué dans le rapport annuel (accouchement puis démission d'une collaboratrice, engagement d'un nouveau collaborateur). Un nouvel élément positif est apparu avec la mise à disposition du laboratoire d'un appareil d'évaporation sous vide permettant de réaliser des couches minces sur une seule face des verres, avec des délais de déposition très brefs. La mise en route de cet équipement a nécessité un peu plus de temps que prévu initialement, mais s'est achevée par un succès important et un fonctionnement conforme aux attentes. Comme décrit dans la partie 2.1, l'équipe a également développé et construit un nouvel appareil en technologie magnétron sputtering, celle utilisée à grande échelle par Glas Trösch, et donc parfaite pour développer les couches définitives et les tester.

Au niveau « intégration architecturale », la publication fin 2008 de la thèse de MariaCristina Munari Probst sur l'intégration en façade et le développement des capteurs pour l'intégration architecturale a représenté la pierre angulaire du développement théorique. Ensuite un certain retard a également été pris courant 2009 du fait de la défection au dernier moment de 2 candidates architectes qui avaient été acceptées suite à des interviews, puis à un délai administratif important pour la personne finalement engagée (difficultés au niveau du visa), engagement en septembre 2009.

Par ailleurs une découverte du team d'Andreas Schüller concernant le traitement diffusant du verre a relativisé l'importance de trouver un verre industriel à terme, mais aussi gelé les contacts en cours avec les producteurs identifiés, pour préserver des chances de brevet.

Enfin les conditions du contrat passé entre le LESO et SWISSINSO SA ont imposé une procédure plus lourde dans le contact avec les industriels intéressés par le produit final, d'où certains délais.

En résumé, après un démarrage assez lent, le projet a avancé correctement, les objectifs dépendants du LESO ont été atteints, voire dépassés, mais dans un délai plus long que le terme prévu à l'origine. Ce retard n'étant pas dû à un travail supplémentaire, il n'a entraîné aucun surcoût mais un réajustement de la date finale du contrat, sans modification de financement.

1.2 Buts du projet

Le projet de recherche précédent (Capteurs solaires en couleur II) avait démontré la validité du concept, la faisabilité des couches filtrantes et identifié au moins une option possible de traitement diffusant. Ces résultats prometteurs devaient encore 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 annoncés du présent projet étaient 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 absorbeurs et isolations.
- Etude des solutions architecturales pour quelques applications particulièrement intéressantes.
- Préparation d'une installation-pilote si les critères d'utilisation et de sécurité ont été satisfaits.

2. Travaux effectués : Couches minces

2.1 Evaporation

Comme indiqué plus haut, l'activité au niveau des couches minces a porté au début du projet sur la préparation de l'équipement d'évaporation sous vide. Une restauration partielle de cet équipement ancien a été entreprise, apportant quelques améliorations à la configuration d'origine. Après une période de tests généraux, cet équipement a permis de tester rapidement plusieurs nouvelles configurations de filtres et ainsi de mesurer leurs caractéristiques de transmission et de réflexion.

Une série de petites boîtes de démonstration a été dessinée et réalisée pour permettre de juger des caractéristiques « visibles » des verres produits, dans des conditions proches de celles d'utilisation future (Fig. 1 et 2 ci-dessous).



Fig. 1 Mini-boîtes de démonstration avec des filtres produits par évaporation



Fig. 2 Mini-boîtes de démonstration, taille relative

La qualité des filtres réfléchissants a été améliorée quand à l'augmentation de la transmission énergétique globale pour une réflexion dans le visible donnée. De bons résultats ont également été obtenus avec un nombre de couches plus faible que précédemment (p. ex. 2 couches)

L'exemple page suivante (Fig.3) montre comme exemple la courbe de transmission d'un verre blanc avec un filtre de couleur verte d'intensité suffisante pour cacher l'absorbeur et qui conserve malgré tout globalement la même transmission énergétique que le verre non-traité. Comme on peut le constater sur le graphique, la perte de transmission due à la réflexion du filtre dans le vert (~550nm.) est compensée par un effet anti réflexion dans 2 zones adjacentes.

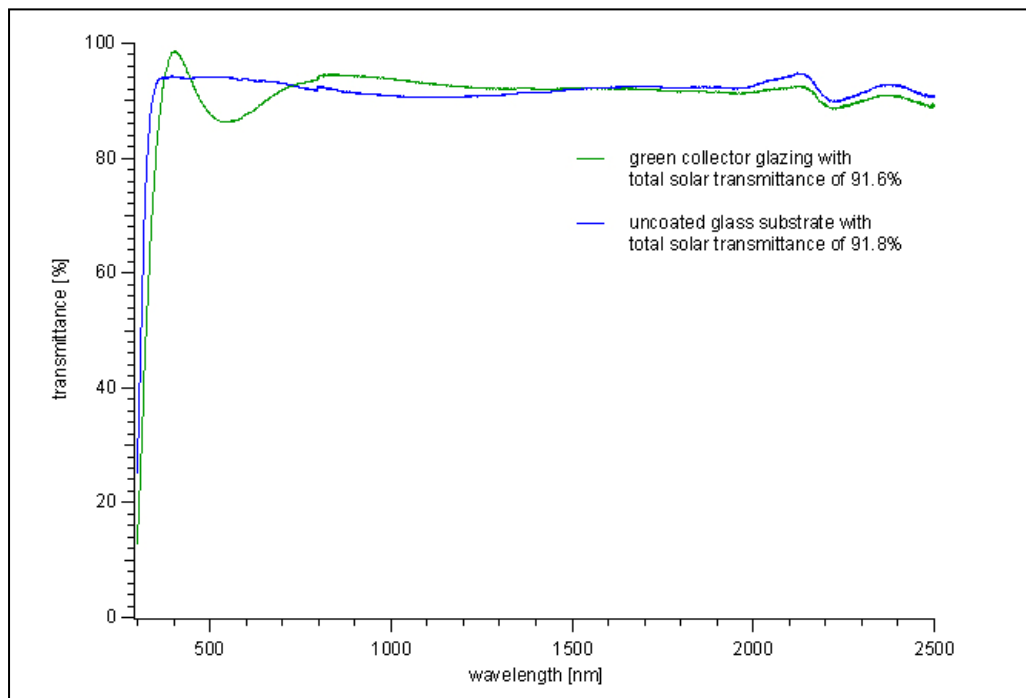


Fig. 3 Courbes de transmission du verre non-traité et après déposition du filtre

2.2 Limitations du processus d'évaporation

Toutefois, la technique de déposition employée présentait un certain nombre d'inconvénients :

- Celle-ci ne permettait de déposer qu'un nombre limité de couches (maximum 3), alors que l'obtention de certaines couleurs, ainsi que l'amélioration de la stabilité angulaire des couleurs ne peuvent être obtenues qu'à l'aide de revêtements plus complexes (5 à 10 couches dans certains cas),
- Un manque d'adhérence de la couche était parfois observé,
- Cette technique de déposition n'est pas applicable au niveau industriel pour le revêtement de panneaux de verre de grandes dimensions (homogénéité).

La décision d'installer au LESO une machine de déposition par pulvérisation magnétron s'est alors imposée, en raison de :

- La possibilité de déposer un nombre illimité de couches,
- L'obtention de couches plus denses et plus adhérentes
- L'utilisation d'une technique largement employée dans l'industrie pour effectuer divers types de revêtements sur verre (Glas Trösch, Saint-Gobain, AGC, Pilkington...),
- La simplification du transfert vers l'industrie de la production de verres colorés (Glas Trösch, SwissINSO).

L'utilisation d'une telle machine permettrait de déterminer, en laboratoire, les meilleurs paramètres de déposition ainsi que la qualité de substrat nécessaire pour satisfaire certains critères indispensables à une production à grande échelle de verres colorés.

La détermination des paramètres de déposition inclut :

- Le choix de la composition chimique des matériaux à pulvériser (stœchiométrie des cibles - dopage pour favoriser la stabilité du procédé, éviter les arcs électriques à la surface des cibles)
- Le choix des mélanges gazeux (Ar/O_2 , Ar/N_2 , $\text{Ar}/\text{O}_2/\text{N}_2\dots$) ainsi que des pressions partielles des gaz réactifs (O_2 , $\text{N}_2\dots$)
- Le choix du type d'alimentation des magnétrons (DC, AC, MF, RF) ainsi que de la puissance électrique

Concernant la qualité du substrat, les objectifs sont :

- Le choix du verre extra-blanc qui présente les meilleures propriétés optiques (mesure et comparaison des indices n et k)
- La détermination de l'âge limite du verre, au-delà duquel celui-ci ne peut plus être revêtu
- La détermination de la surface du verre à revêtir (« tin-side » ou « fire-side »)
- La mise au point d'un prétraitement efficace des verres (lavage, polissage, décapage par plasma sous vide, combinaison de ces procédés) permettant d'optimiser l'adhérence de la première couche mince au substrat.

Les critères permettant de valider les paramètres de déposition, la qualité et l'état de surface du substrat sont :

- L'obtention d'une vitesse de déposition acceptable
- La stabilité et la reproductibilité du procédé
- La qualité du dépôt
 - Homogénéité
 - Absence ou très faible densité de défauts de surface de très petite taille (pinholes)
 - Bonne adhérence
 - Bonne stabilité mécanique (dureté)

2.3 Machine de pulvérisation (magnetron sputtering)

Aucune machine de pulvérisation « standard » ne permettait de répondre à toutes les exigences énumérées ci-dessus.

Une machine unique a donc été entièrement conçue au LESO, construite sur mesure et assemblée directement au laboratoire.

Suite à cette installation début 2010, de nombreux tests, réglages et dépôts de calibration ont été nécessaires pour :

- Trouver les conditions de déposition (débits de gaz, pression, puissance...) permettant d'obtenir la composition chimique souhaitée pour chaque matériau constitutif du filtre coloré,

- Déterminer les vitesses de déposition des différents matériaux afin d'optimiser l'épaisseur des filtres avec une précision nanométrique,
- Optimiser la position des échantillons dans l'enceinte de pulvérisation pour maximiser l'homogénéité spatiale des couches minces.

Ces tests se sont avérés très concluants et ont montré qu'il était possible d'obtenir des couches plus ou moins complexes (co-pulvérisation possible par fonctionnement simultané de 2 à 4 cibles) de grande qualité (haute pureté grâce à un vide poussé, bonne homogénéité) avec une bonne vitesse de déposition (mesurable in-situ à l'aide d'une microbalance à quartz).

2.4 Déposition de filtres colorés et simulations

Une fois les conditions de déposition optimisées, chaque matériau constitutif du filtre coloré a été déposé individuellement sur verre et analysé par ellipsométrie spectroscopique afin d'en déterminer précisément les propriétés optiques qui ont ensuite été intégrées à un logiciel d'interférométrie de couches minces et ont servi de base aux nouvelles simulations multicouches.

Les designs obtenus par simulation ont ensuite été testés par revêtement de verres de $6 \times 7 \text{ cm}^2$. La figure 5 présente une photographie de quelques filtres colorés élaborés par pulvérisation magnétron.



Figure 5 : exemple de filtres colorés développés par pulvérisation magnétron.

A leur sortie du réacteur, les revêtements ont été caractérisés par réflectométrie optique et les épaisseurs des couches ainsi déterminées ont été comparées à celles définies par la simulation, afin de s'assurer de la concordance entre théorie et expérience (Fig. 4).

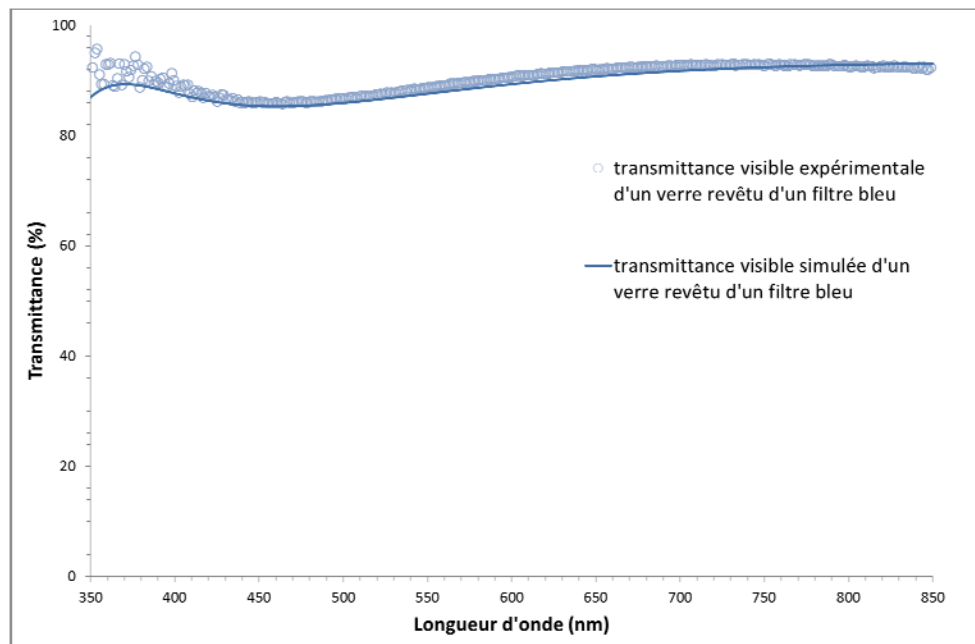


Figure 4 : Courbes de transmittance visible d'un verre revêtu d'un filtre bleu, obtenues expérimentalement et par simulation.

2.5 Nouveaux designs

La très bonne concordance entre théorie et mesure a permis de développer des couleurs inédites ou présentant un meilleur accord avec les fenêtres commercialement disponibles (Fig. 4). Tout l'enjeu de ces nouvelles simulations étant de définir des filtres présentant à la fois :

- Une excellente transmittance solaire
- Une coloration angulairement stable



Figure 4: exemples de filtres verts et bleus développés par pulvérisation magnétron s'accordant avec les vitrages commerciaux de couleurs semblables.

En résumé, le développement de chaque nouvelle couleur est effectué de la manière suivante :

1. Mesure par ellipsométrie spectroscopique des propriétés optiques (n et k) du substrat pour chaque lot de verres
2. Dépôt de chaque matériau constitutif du filtre coloré (TiO_2 , SiO_2 , TiSiO_2 ...) en monocouche
3. Mesure par ellipsométrie spectroscopique des propriétés optiques de chaque monocouche
4. Simulation de multicouches à partir des données recueillies pour chaque monocouche et pour le substrat
5. Détermination des paramètres de dépôt nécessaires à l'obtention du filtre simulé
6. Dépôt du filtre multicouche par pulvérisation magnétron
7. Mesure des propriétés optiques du filtre déposé par ellipsométrie spectroscopique et par spectroscopie optique
8. Comparaison entre théorie et expérience
9. Nouvelle simulation permettant de corriger les épaisseurs des dépôts si nécessaire
10. Adaptation des paramètres de dépôt
11. Dépôt du filtre multicouche avec les paramètres de dépôts optimisés
12. Nouvelle caractérisation du filtre pour s'assurer qu'il est conforme à la simulation

Ce cycle devra être également suivi pour la mise au point des séries produites industriellement.

En conclusion, comme le montre la figure 4, nous disposons maintenant des outils, tant théoriques que physiques permettant d'obtenir les filtres à la couleur désirée à la demande, ce qui était le but de cette partie du projet, et ce dans la technologie adaptée à une production industrielle.

Le travail de transfert technologique se poursuit dans le cadre de l'accord LESO-SWISSINSO.

3. Intégration architecturale

Au niveau architectural les activités ont comporté quatre volets :

3.1 Verres blancs diffusants industriels

Une partie importante du projet consistait à identifier les producteurs de verre blanc capables de fournir un produit avec un côté diffusant et un côté lisse, et dont la transmission énergétique soit satisfaisante. Les références prises au début du projet étant les suivantes :

- | | |
|--|----------|
| - Verre extra blanc de 4mm d'épaisseur, sans traitement : | $g=0.92$ |
| - Verre extra blanc de 4mm d'épaisseur, traitement Fällander H16 : | $g=0.91$ |
| - Verre extra blanc de 4mm d'épaisseur, traitement SatenGlas extraclaro: | $g=0.86$ |

La campagne de récolte de verres initiée en 2009 n'avait pas permis de trouver de verre industriel ou semi-industriel meilleur que le SatenGlas extraclaro de Sevasa, nettement moins performant que le traitement manuel de Fällander Glas.

La situation a évolué en 2010, sur deux fronts de manière parallèle :

Suite à une campagne menée par notre nouvelle architecte (33 entreprises contactées), de nouveaux verres ont été trouvés et l'un d'eux possède des caractéristiques très intéressantes, avec un g de 0.912. Il s'agit du produit RIO-Glitter de la société italienne Rio Vetro Srl. Ce verre est disponible dans la plus grande dimension que propose cette industrie, soit env. 6m. x 3m. De plus ce fournisseur livre régulièrement Glas Trösch et pourrait donc ajouter une petite commande de ce verre à une livraison plus importante, sans frais supplémentaires.

Les conditions pour effectuer une commande de verres pour installation-pilote, un des objectifs du contrat, ont donc été réunies.

D'un autre côté, lors de tests internes, le doctorant Antonio Paone a réalisé des traitements diffusants sur verre extra-blanc qui se sont révélés être supérieurs pour la qualité de la transmission à ceux de Fällander. Il en est résulté trois conséquences :

- la possibilité d'envisager un brevet exploitant cette découverte
- le moindre intérêt à terme de trouver un verre performant puisqu'on pourrait utiliser ce nouveau traitement
- le gel des contacts avec les producteurs existants pour ne pas péjorer les chances de brevet

La situation est toujours en cours d'évaluation, notamment concernant l'implication de la société SWISSINSO SA dans cette démarche.

Vu l'intérêt probable de SWISSINSO SA de réaliser une, voire plusieurs installations pilotes avant l'établissement de leur usine de production de verres colorés, cela devrait permettre de faire une commande, groupée avec celle pour une éventuelle installation pilote LESO, basée sur le verre RIO Glitter.

3.2 Études théoriques

Dans le cadre de la thèse de doctorat présentée l'année passée 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. Ces travaux servent également de base aux recommandations édictées pour l'utilisation des nouveaux verres, ainsi qu'à la réalisation des pré-études pour installations-pilotes. Le chapitre 8 de cette thèse est entièrement consacré aux développements des verres colorés et présente une synthèse de ce sujet du point de vue architectural (Annexe 1)

3.3 Diffusion et présentation des résultats

Dans le cadre notamment des activités du LESO dans la nouvelle Tâche de l'AIE (Task 41 « Solar Energy and Architecture ») les travaux et les résultats de ce projet ont été présentés à plusieurs groupes de spécialistes internationaux, lors de meetings et de groupes de travail (joint meeting Tasks 40&41).

En Suisse ces travaux ont également été présentés et servi d'exemple de développement ciblé « architecture » notamment lors de plusieurs workshops « BiSol » organisés par le SUPSI avec la collaboration du LESO.

A l'interne de l'EPFL, une nouvelle Unité d'Enseignement a débuté qui comprend la présentation de la méthodologie et des résultats du projet.

Les verres grandeur réelle posés sur des capteurs Schweizer (Fig. 5) sont toujours un des éléments les plus appréciés des visiteurs du LESO – spectaculaires et aisés à comprendre.

De nombreux contacts ont été établis, mais sans concrétisation pour l'instant et requérant l'accord de SWISSINSO SA.

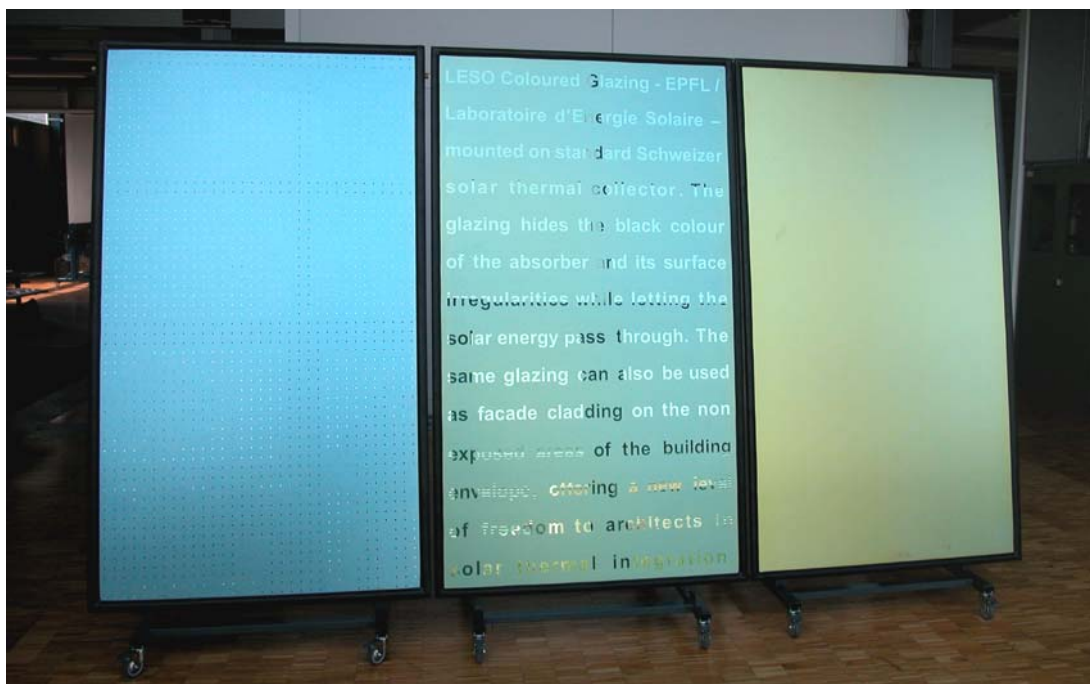


Fig. 5 Verres prototypes sur des capteurs Schweizer

3.4 Simulations

Afin de mieux cerner les possibilités de ces nouveaux verres au niveau de l'intégration architecturale, plusieurs simulations ont été réalisées sur des bâtiments de types différents. De nouvelles simulations impliquant un niveau de détail plus important pour une installation-pilote SWISSINSO ont été initiées, puis abandonnées avec le projet. Les figures suivantes montrent quelques résultats de simulations, tirées de la thèse de MariaCristina Munari Probst.

Fig 6-a (à gauche): Rénovation d'un Bâtiment scolaire à Pully (Devanthery & Lamunière 1998-99) utilisant un revêtement de verre coloré en protection de l'isolation.

Fig. 6-b (à droite): Les verres colorés standards pourraient être remplacé par les verres développés : comme verres des capteurs thermiques dans les façades exposées, comme protection de l'isolation dans les autres façades.

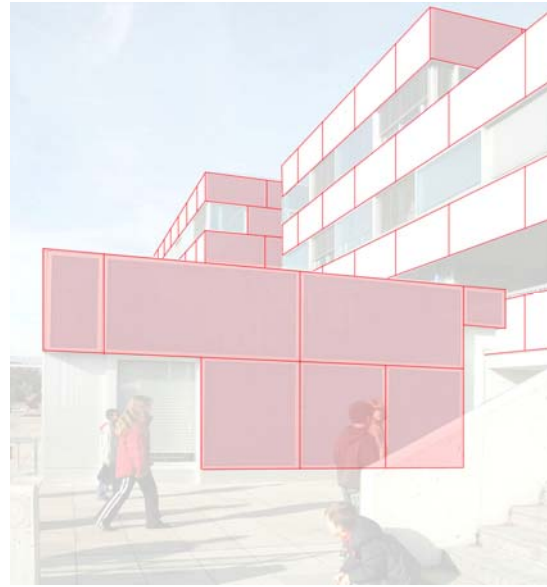


Fig.7: Simulation de cette intégration avec des verres bleus et traitement à l'acide avec motif de petits carrés.
Le bâtiment conserve une apparence très semblable à la précédente: les façades sont homogènes et les capteurs solaires restent invisibles.



Fig.8: Bâtiment de la Poste à Lausanne : rénovation utilisant du verre structuré comme bardage sur les parties opaques de l'enveloppe. Façade Sud et détail de l'angle Sud-Est.



Fig. 9 Vue générale du bâtiment, façade Est



Fig. 10.a Possibilité de remplacer le verre standard de la façade bien exposée par des capteurs thermiques (surfaces blanches) et conservation des verres standards en façades moins exposées (hachuré rouge):



Fig.10.b: Simulation en utilisant des capteurs standard au Sud avec verres standard à l'Est



Fig.10.c Simulation en utilisant des capteurs avec verres colorés au Sud et les mêmes verres devant l'isolation à l'Est : l'homogénéité des façades est retrouvée.



Fig. 11.a: Restaurant à Graz (Autriche) utilisant des verres colorés en bardage.



Fig.11. b: Possibilité de remplacer le verre standard de la façade bien exposée par des capteurs thermiques (surfaces blanches) et conservation des verres standards en façades moins exposées (hachuré rouge)



Fig.11.c Simulation en utilisant des capteurs standards au Sud avec verres standards.



Fig.12: Simulation en utilisant des capteurs avec verres colorés sur toutes les façades, devant capteurs ou isolant : l'homogénéité des façades est retrouvée

D'autres possibilités de montage ont été étudiées, basée sur les techniques actuelles pour façades en verre opaque, telles que celle de la fig . 13



Fig. 13 Bâtiment administratif, Lausanne Blécherette.

Ces différents exemples montrent l'étendue et la qualité des possibilités d'intégration qu'offrent ces nouveaux verres, et donc le potentiel amélioré de diffusion du solaire thermique dans une architecture de qualité.

4 Collaborations

4.1 Collaborations nationales

La principale collaboration a été établie à travers la société SWISSINSO SA 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 Schüller du LESO. Ce contrat finance 2 thèses de doctorat.

La société Glas Trösch a été notre partenaire privilégié pour réaliser des couches sur verres de grande taille à l'aide de magnétron sputtering. Elle sera mise à contribution pour les prochains prototypes de présérie.

La société Schweizer Metallbau a fourni gracieusement 6 capteurs pour des démonstrations grandeur nature.

La firme H+S Solar de Mr. Christophe Hutter a fourni 2 prototypes de capteurs extra plats, dont l'un est équipé de verres LESO traité par sablage.

Une importante activité de promotion de l'intégration architecturale de l'énergie solaire a été initiée en collaboration avec le SUPSI au Tessin et la HSLU à Lucerne.

4.2 Collaborations internationales

Le contact a été établi avec la société RIO Vetro Srl, à Banzi (IT), à travers la société OMEGA GLAS GMBH, à Montabaur (D). Cette société peut livrer son produit RIO-Glitter à Glas Trösch pour coating.

Plusieurs collaborations potentielles ont été évoquées notamment dans le cadre de la Tâche 41 de l'AIE. Les contacts « scientifiques » et « académiques » sont entretenus par le LESO, mais l'essentiel des contacts industriels devra être repris par SWISSINSO.

5. Perspectives et Publications

5.1 Perspectives

Le travail de transfert de connaissances vers l'industrie est en cours à travers le contrat EPFL-SWISSINSO, cette partie cruciale est donc assurée, les résultats de ce travail seront utilisés dans la pratique.

La question des contacts avec d'autres industriels et celle des installations pilotes doit être traitée prioritairement avec la société SWISSINSO SA.

Une opportunité supplémentaire d'utilisation se profile grâce à l'activité dans le cadre d'une nouvelle thèse portant sur le développement d'un produit solaire thermique pour l'habitat groupé et le tertiaire d'hébergement (financement EDF).

Un test de capteur équipé d'un verre coloré devrait pouvoir se faire au SPF de Rapperswil dès qu'une nouvelle commande de verre aura été réalisée, mais elle devra se faire hors ce projet, ce qui est décevant. Bien qu'une place de test ait été réservée par nos soins à Rapperswil pour 2010, SWISSINSO n'est pas parvenu à nous fournir les verres promis, ce qui a annulé cette opération.

La valorisation de la découverte de l'équipe d'Andreas Schüler sur le traitement diffusant devra s'effectuer le plus rapidement possible, par souci de protection et d'efficacité, et pour permettre plus de liberté dans les contacts industriels.

5.2 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 :

- Présentation de MC Munari Probst pour Schweizer, au Séminaire "Construire pour le futur" "Intégration architecturale et design de systèmes solaires thermiques", Genève 4/2/2009
- Présentation MC Munari Probst pour BiSol "Intégration architecturale des systèmes solaires thermiques", Lucerne, 23/3/2009
- Présentation Ch. Roecker à la National University of Singapore, 2/4/2009
- Présentation de MC Munari Probst au Joint meeting Tasks 40+41, Wuppertal, 6/10/2009
- Présentation de MC Munari Probst Séminaire architecture solaire Université de Mendrisio, 30/11/2009
- Article dans la revue d'architecture « Detail Green » 01/10 « Architectural Integration of Solar thermal systems », MC. Munari Probst, Ch. Roecker
- Invited presentations by A. Schüler:

Innovatives Architekturglas für aktive Solarfassaden: Neue Möglichkeiten für gebäudeintegrierte Solarthermie und Photovoltaik, conférence invitée, 3. Energie-Apéro des Energie-Clusters Schweiz, Bern, 2 Mars 2010

Nanostructured thin films for solar energy applications, IMT Neuchâtel, 26th March 2009

Advanced nanostructured coatings for solar energy conversion: Large opportunities for small structures, CISBAT 2009, International Scientific Conference, 2-3 September 2009

Optische Nanokomposit-Beschichtungen für Solarenergie-Anwendungen und Gebäudeintegration von Solarenergie-Systemen, Innovationsgruppe Plusenergiehaus, ETH Zürich, September 16th, 2009

Nanotechnology for solar energy conversion, SwissIndia business forum, EPF Lausanne, June 4th, 2009

Solar Buildings : From Nano to Urban Scale, Solar Summits Freiburg, 14 - 16 October 2009
Advanced nanostructured coatings for innovative solar facade glazing, SwissINSO Open House at EPFL, November 3rd, 2009

Nanostructured Materials for Solar Energy Conversion,
CISBAT International Scientific Conference, 2-3 September 2009

Nanostructured inorganic thin films in solar energy conversion – Part I :Vacuum deposited selective absorber coatings, Winter College on Optics and Energy, The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics ICTP Trieste, 8-19 February 2010

Nanostructured inorganic thin films in solar energy conversion – Part II :Sol-gel coating for solar thermal and photovoltaic applications, Winter College on Optics and Energy, The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics ICTP Trieste, 8-19 February 2010