



AUTOMATIC CONTROL OF AN ELECTRO-CHROMIC WINDOW

Rapport annuel 2011

Auteur et coauteurs	Nicolas Morel, Nikos Zarkadis
Institution mandatée	LESO-PB/EPFL
Adresse	EPFL, bâtiment LESO, station 18, 1015 Lausanne
Téléphone, e-mail, site Internet	021 693 4546 / 021 693 4545, nicolas.morel@epfl.ch
N° projet / n° contrat OFEN	103'320 / 154'379 (SI/500210-01)
Responsable OFEN du projet	Dr. Charles Filleux
Durée prévue du projet (de - à)	1 octobre 2009 - 30 juin 2012
Date	30 novembre 2011

RÉSUMÉ

Le but du projet est le développement d'un algorithme de contrôle avancé pour un vitrage électrochromique, tenant compte à la fois d'une optimisation énergétique par rapport aux gains solaires directs et du confort (visuel et thermique) des utilisateurs. L'algorithme inclura les éléments suivants:

- un contrôle prédictif de la transmission du vitrage, rendu nécessaire par le temps de réaction important (de l'ordre de 15 minutes) et la grande variabilité du rayonnement solaire lors de ciels variables (alternance de zones nuageuses et de ciel clair);
- une optimisation des gains solaires en fonction de la saison (gains solaires bienvenus durant la saison de chauffage et à rejeter au maximum durant la saison chaude).

Le projet comprend un travail de développement théorique de l'algorithme, en tenant compte également des autres équipements techniques du bâtiment (chauffage, éclairage électrique), et une vérification expérimentale sur un bureau du bâtiment LESO, en utilisant des vitrages EControl-Glas.

Compte tenu du fait que le début effectif du projet a été repoussé au 1^{er} février 2010, et qu'une partie du salaire de Nikos Zarkadis (doctorant engagé sur le projet par le LESO-PB/EPFL) a été prise en charge par l'EPFL au titre de charges d'enseignement, une prolongation du projet jusqu'en juin 2012 a été demandée et accordée, sans modification du budget alloué par l'OFEN (157'064 CHF). Le présent rapport n'est donc pas un rapport final. Une partie importante de l'expérience doit encore être menée à bien.

Buts du projet

Les vitrages électrochromiques (EC) peuvent représenter une alternative aux protections solaires conventionnelles (souvent écartées par les architectes lorsqu'il s'agit de protections solaires externes, les seules véritablement efficaces par rapport aux surchauffes), ou les vitrages protectifs à coefficient de transmission fixes (leurs caractéristiques fait qu'ils sont en général peu adaptés durant la plus grande partie du temps, et ils ne sont pas suffisamment efficaces pour lutter contre les surchauffes dues à des gains solaires importants). Les vitrages EC actuellement disponibles ont une dynamique de transmission suffisamment étendue pour représenter une bonne protection contre les surchauffes, même si la protection contre l'éblouissement devrait encore être améliorée.

Les études menées jusqu'à présent ont essentiellement considéré les vitrages EC comme un équipement technique commandé manuellement par les utilisateurs. Quelques schémas de contrôle automatique élémentaires ont également été proposés, mais les caractéristiques temporelles (délai de commande, usuellement entre 5 et 15 minutes) des vitrages EC n'ont pas été considérées. Dans ces conditions, un algorithme prédictif semble une solution intéressante, comme dans le cas du chauffage pour lequel une réaction anticipée est souhaitable. De plus, la protection insuffisante que les vitrages EC assurent vis-à-vis de l'éblouissement peut amener à les combiner avec des protections solaires légères (intérieures), les deux protections solaires devant alors être contrôlées de façon coordonnée.

Le projet comporte deux parties principales:

1. Le développement d'un algorithme de contrôle optimisé (des deux points de vue énergétique et confort visuel), prédictif à court terme et tenant compte des préférences des utilisateurs;
2. Une vérification expérimentale sur un bureau du bâtiment LESO, bureau qui sera équipé de vitrages EC pour ses deux composants (fenêtre standard en partie inférieure et système anidolique en partie supérieure). Cette vérification expérimentale sera effectuée avec des personnes réelles, ce qui permet d'évaluer l'acceptation du système de contrôle.

Travaux effectués et résultats acquis

A partir des développements de l'année 2010 concernant l'algorithme d'analyse d'une image de ciel, un algorithme de contrôle a été élaboré. Des nombreux essais et modifications éventuelles d'algorithme sont en cours et la version finale de l'algorithme de contrôle automatique sera disponible à la fin du projet. Par ailleurs, le dispositif expérimental a été mis en place:

- Les vitrages électrochromiques fournis par EControl-Glas ont été installés par l'entreprise Flachglass (voir photos ci-dessous). Leur fonctionnement en mode manuel a été vérifié et quelques mesures ont été effectuées.
- La vérification de transmission visuelle rapportée par les vitrages EC a été effectuée avec l'utilisation des dispositifs et de sondes de mesure disponibles au LESO-PB. La vérification du coefficient de transmission thermique (Solar Heat Gain Coefficient) est effectuée actuellement.
- La connexion du boîtier de contrôle des vitrages EC à l'ordinateur de contrôle (PC/Windows) a été testée, en ce qui concerne à la fois la connexion matérielle et l'implémentation du langage de commande des vitrages EC. Les modules de communication et de commande (logiciel ad-hoc) entre les vitrages EC et l'ordinateur de contrôle (mode automatique) ont été développés et leur fonction a été vérifiée.
- Certaines mesures devant être effectuées par des sondes connectées au bus EIB/KNX qui équipe le bâtiment LESO, la connexion logique entre le boîtier de commande du bus EIB/KNX et l'ordinateur de contrôle a été réalisée.
- Enfin, le protocole du test par plusieurs utilisateurs, comportant notamment un questionnaire pour l'évaluation du confort visuel et thermique des utilisateurs, a été mis au point.



Vitrages EC dans l'état de transmission maximale
(transmission énergétique 45 %)



Vitrages EC dans l'état de transmission minimale
(transmission énergétique 15 %)

Le dispositif expérimental vise essentiellement à investiguer les aspects liés au confort visuel et thermique ressenti par l'utilisateur et à l'acceptation du système de contrôle, ainsi que des vitrages EC, par cet utilisateur. Les considérations concernant l'impact de l'installation (vitrages EC et contrôle avancé) sur la consommation énergétique seront essentiellement abordées par simulation. Plus précisément :

- Après évaluation de plusieurs logiciels, nous avons décidé d'utiliser le logiciel IDA/ICE pour effectuer les simulations.
- Des premiers essais de simulation ont été effectués, concernant notamment des situations simples (vitrages normaux et vitrages de protection solaire à coefficient de transmission fixe, pas de contrôle automatique).
- Actuellement, un module spécial concernant le fonctionnement des vitrages EC est en cours d'élaboration.
- La dernière étape sera l'introduction du contrôle avancé et la comparaison de la fenêtre EC équipée de ce système de contrôle avec les autres situations simples mentionnées ci-dessus.

Évaluation de l'année 2011 et perspectives pour 2012

Le projet a commencé effectivement en février 2010. L'année 2010 a essentiellement occupée au développement de l'algorithme de contrôle (voir rapport pour l'année 2010). L'année 2011 a été surtout consacrée au setup expérimental, y compris l'installation des vitrages EC eux-mêmes, mais les développements de l'algorithme de contrôle ont été poursuivis et le travail de simulation débuté.

L'année 2012, qui verra l'achèvement du projet, sera utilisée pour les mesures et les évaluations par plusieurs utilisateurs du système implémenté (vitrages EC et système de contrôle), en parallèle avec la simulation du système pour l'évaluation de ses performances énergétiques.

Aucune publication n'est encore disponible. Des publications devraient être effectuées durant l'année 2012, dans des journaux scientifiques.