

A D E M E



« MISE EN PLACE DE PROTECTIONS SOLAIRES FIXES OU MOBILES SUR LES FACADES EXPOSEES »

Contexte et Enjeux

1. Fonctions des baies vitrées et de leurs protections solaires

La nature des baies vitrées, leur protection solaire et leur gestion conditionnent de manière importante le confort au sein d'un bâtiment, que ce soit en hiver ou en été.

Les protections solaires contribuent à améliorer le confort thermique et visuel des occupants. Les deux fonctions principales d'une baie vitrée et de la protection solaire, qui lui est généralement associée, sont les suivantes :

- *confort visuel* :

- nécessité d'apporter un accès à la lumière naturelle et limiter les consommations d'éclairage artificiel,
- limiter les risques d'éblouissement (travail sur écran notamment),
- préservation de l'intimité, contact visuel avec l'extérieur, ...

- *confort thermique* :

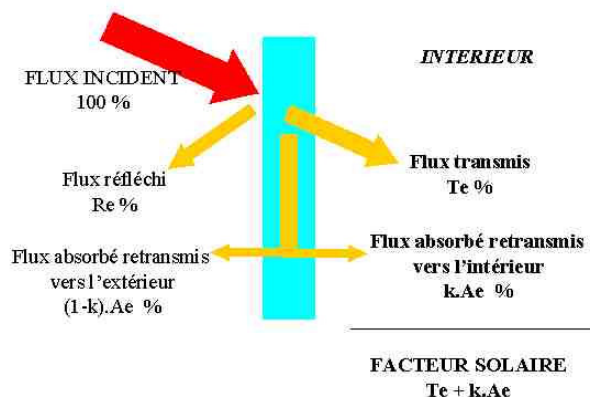
- en **été**, limiter la pénétration du flux solaire énergétique et ainsi éviter autant que possible les surchauffes et/ou limiter les consommations de climatisation,
- en **hiver**, favoriser les apports d'énergie solaire pour diminuer les consommations de chauffage.

Bien entendu, l'utilité des baies ne se limite pas à ces deux fonctions, on peut citer entre autres des fonctions esthétiques, de sécurité (protection contre l'effraction, résistance aux chocs...), d'occultation, etc.

2. Performances des protections solaires : Facteur solaire (FS)

Une bonne protection solaire doit intercepter le rayonnement incident et ne pas trop l'absorber afin d'éviter tout échauffement de la protection elle-même. Le rayonnement absorbé doit donc être majoritairement réfléchi. Les exigences thermiques d'une baie équipée de sa protection se mesure en fonction de son facteur solaire.

Le facteur solaire d'un vitrage, équipé ou non d'une protection, est défini comme étant la proportion du flux énergétique que le vitrage et sa protection laisse passer par rapport au flux énergétique incident (cf. figure ci-dessous). Le facteur solaire est la somme de la partie transmise du flux énergétique et de la partie absorbée réémise vers l'intérieur du local.



Composantes du facteur solaire

La partie réémise vers l'intérieur comprend deux volets : une émission radiative (grande longueur d'onde) directement liée à la température de la surface intérieure de la baie équipée de sa protection, et une émission convective, du fait des échanges thermiques entre l'air de la pièce et la baie protégée à plus haute température. Ceux-ci sont plus importants si un effet de cheminée est créé avec la circulation naturelle de l'air entre une protection solaire intérieure par exemple et un vitrage.

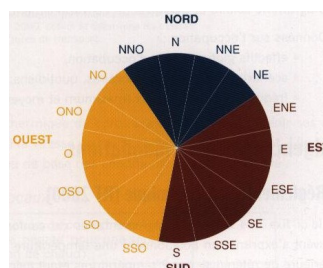
Le calcul du facteur solaire d'une baie vitrée, incluant vitrage, menuiserie et protection solaire, est mené suivant les normes NF EN 13363, parties 1 et 2 ([1],[2]). Le facteur solaire dépend principalement :

- des caractéristiques énergétiques et thermiques du vitrage,
- des caractéristiques énergétiques de la protection solaire,
- de la position de la protection solaire par rapport au vitrage (extérieure, intérieure ou intégrée).

La valeur du facteur solaire peut être obtenue par un calcul, à l'aide d'un logiciel (par exemple FASOL_V, [3]). Selon les hypothèses utilisées pour le calculer, on peut obtenir différentes valeurs du facteur solaire. A titre d'exemple, les règles Th-S [4] de la RT2000 considèrent deux valeurs pour le facteur solaire : un FS de référence (conditions hivernales) et un FS d'été.

Le facteur solaire dépend de l'angle d'incidence du flux solaire, donc de la position du soleil, de l'orientation de la baie et de la période de l'année. En été, l'orientation la plus défavorable est l'Ouest, car pour cette orientation, le moment où l'énergie solaire incidente est la plus forte correspond à celui où la température extérieure est la plus élevée. L'orientation Est reçoit la même quantité d'énergie, mais pendant la matinée, lorsque les températures sont plus basses. L'orientation Sud, elle, reçoit moins d'énergie du fait de la hauteur du soleil en été. Enfin, l'orientation Nord est celle qui est la mieux protégée contre le rayonnement solaire.

Pour le confort d'été, les orientations Nord puis Sud et Est sont recommandées. Les orientations Ouest sont toujours inconfortables, notamment pour les locaux à forte occupation des bâtiments non résidentiels [8]



Solutions techniques

1. La protection solaire par le vitrage

Avant de s'intéresser aux protections solaires, il est nécessaire de présenter les caractéristiques thermiques des vitrages qui peuvent être très différentes.

A l'origine le verre est un élément transparent qui laisse passer le rayonnement solaire (lumière et chaleur). La proportion de rayonnement réfléchi, absorbé ou transmis, dépend : de la couleur du vitrage, de son épaisseur et de la nature de la couche dans le cas d'un verre à couche. En choisissant les caractéristiques du vitrage, il est possible de moduler, à la fois :

- les entrées de lumière,
- les apports de chaleur solaire.

Caractéristiques de doubles vitrages.

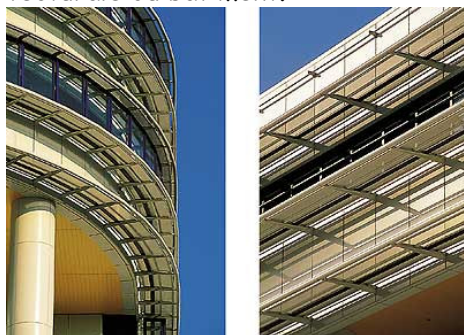
	Transmission lumineuse TL (%)	Facteur solaire FS (%)	Exemple
Double vitrage clair	70	75	Planilux (Saint Gobain)
Double vitrage à contrôle solaire	66	34	IPASOL natura (Interpane)
Double vitrage réfléchissant	18	22	Cool-lite ArgentSS120 (Saint-Gobain)

Comme le montre le tableau ci-dessus, il existe des vitrages à contrôle solaire qui permettent de réduire de plus de 50 % le facteur solaire, tout en conservant un taux de transmission lumineuse similaire.

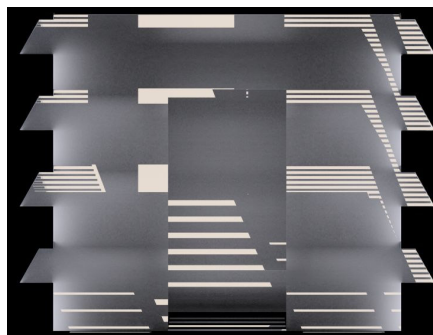
Il existe également d'autres matériaux qui présentent des caractéristiques thermo-optiques intéressantes. C'est le cas par exemple de certains polycarbonates avec une transmission lumineuse de 56 % et un facteur solaire de 27%, mais ils sont translucides et ne permettent pas de préserver la transparence sur l'extérieur.

2. Les brise-soleil

Les protections "architecturales" peuvent être de plusieurs types : "casquettes", débords de couverture, décrochements de façade... Les brise-soleil peuvent être ajoutés sur une façade existante. Leur principal avantage est d'ordre esthétique puisqu'ils peuvent être l'opportunité d'une valorisation architecturale du bâtiment.



Exemples de brise-soleil fixes.



Visualisation des taches solaires sur le sol au sein d'un bâtiment équipé de brise-soleil

En revanche, leur dimensionnement est délicat :

- ils atténuent la transmission lumineuse globale (mais ils peuvent contribuer à homogénéiser les niveaux d'éclairage à l'intérieur des locaux),
- ils risquent d'empêcher la pénétration du rayonnement direct à des périodes où elle serait souhaitée, ou au contraire de laisser pénétrer le soleil quand on ne le souhaite pas, occasionnant des taches solaires, et générant des problèmes d'éblouissement, voire d'inconfort thermique (cf. figure ci-dessus).

Selon l'orientation des façades, la solution technique et le dimensionnement seront différents. L'installation de brise-soleil est une solution intéressante plus particulièrement pour les façades d'orientation sud : la hauteur du soleil sur cet azimut permet une bonne adaptation des protections fixes.

Pour palier aux inconvénients des brise-soleil, une solution consiste à prévoir des protections mobiles, manuelles ou motorisées. Ceci permet d'adapter les protections aux conditions extérieures (ensoleillement, hauteur du soleil).



Brise-soleil orientables (SAB international)

En contrepartie les coûts d'investissement sont plus élevés, de même que les coûts de maintenance et d'entretien. Néanmoins, des solutions industrielles existent, tels que les stores à lames orientables et repliables, utilisés très souvent dans les bâtiments d'enseignement.

3. Films de protections solaires

La pose de films spécifiques sur un vitrage existant, généralement sur sa face interne, permet d'augmenter les performances du vitrage seul. Ils ont pour effet d'augmenter la réflexion globale du vitrage et par conséquent, ils limitent les apports énergétiques au sein des locaux.

L'avantage de ce procédé est l'extrême facilité d'application puisqu'il suffit d'appliquer ces films directement sur le vitrage. Le gain observé sur le facteur solaire est intéressant. La pose d'un film solaire permet de réduire de plus de 50 % le facteur solaire du vitrage nu.

Par contre, ils ont plusieurs inconvénients :

- réduire considérablement la transmission lumineuse des baies vitrées, et par conséquent engendrer une surconsommation d'éclairage artificiel,
- ne pas permettre une modulation du contrôle solaire selon les besoins hiver / été différents,
- ne pas résoudre entièrement le contrôle de l'éblouissement, ce qui peut obliger des protections complémentaires de type stores intérieurs.

Ils sont donc à recommander plutôt dans des locaux climatisés, pour réduire les consommations de froid, et plutôt lorsque les besoins d'éclairage naturel sont limités, cas des locaux informatiques par exemple.

4. Stores intérieurs et extérieurs

Les stores sont généralement constitués de toiles dont le tissage est ajouré, on les appelle "Screen". Ils ont pour avantage de tamiser les rayons solaires tout en maintenant une vue sur l'extérieur grâce aux perforations.

Ces stores peuvent être installés soit à l'intérieur, soit à l'extérieur. Chaque préconisation présente des avantages et des inconvénients :

Stores intérieurs

Avantages	Inconvénients
Coût limité Facilité de pose Entretien peu onéreux Durabilité	Performances limitées ($FS > 0,35$) Échauffement de la lame d'air entre le store et le vitrage (effet de serre)

Stores extérieurs

Avantages	Inconvénients
Performances élevées (FS pouvant atteindre 0,10 environ)	Prix plus élevé Installation plus délicate Durée de vie limitée (exposition aux contraintes climatiques)

Dans les deux cas, les stores présentent l'intérêt d'une grande modularité. Ils peuvent être manœuvrés directement par l'utilisateur. A noter que le contrôle automatique est aussi possible, il permet de gérer leur fonctionnement en fonction de l'ensoleillement, de l'occupation effective des locaux, ou encore du vent extérieur. De cette façon, on peut bénéficier d'apports solaires gratuits en saison de chauffage, et contrôler le niveau d'éclairage naturel, ce qui entraîne dans les deux cas des diminutions de charges. Enfin, les stores contribuent au confort visuel des occupants, ils permettent de résoudre efficacement les éventuels problèmes d'éblouissement.



Store extérieur à lames repliables et orientables (Griesser)



Stores extérieurs textiles (Ferrari, toile Soltis)

5. Stores intégrés au vitrage

Pour ces procédés, le double vitrage simple ou à isolation renforcée intègre un store mobile. Le store est donc totalement intégré dans le battant de la fenêtre, il a pour effet de diminuer le facteur solaire et d'augmenter l'isolation thermique globale de la baie. Le store peut être constitué soit de lamelles orientables, soit d'un film métallique microperforé. Les performances obtenues, qui dépendent de la nature du store, peuvent atteindre des niveaux comparables à celles d'un store extérieur (FS proche de 0,10), sans les contraintes liées à l'exposition du store aux contraintes climatiques.

Ces stores peuvent être manœuvrés manuellement, ou bien être motorisés et pilotés soit par l'utilisateur soit par une GTC. A noter qu'il existe, un système avec cellules photovoltaïques incorporées qui assurent l'autonomie en énergie du store intégré au double vitrage.

*Stores intégrés au double vitrage
(Agero - coupe de principe)*



6. Règles générales pour concevoir des protections solaires

Prise en compte des spécificités de locaux ou groupe de locaux :

Les protections solaires de locaux ou groupes de locaux ayant des orientations de façade, des occupations ou des usages différents doivent être étudiés distinctement. Il est de même des locaux climatisés ou non.

Analyse multicritères :

La mise en place de protections solaires efficaces est un bon moyen de lutte contre les inconforts rencontrés en été. Cependant, cette solution peut ne pas être autosuffisante.

Il convient d'étudier cette solution en parallèle avec d'autres moyens possibles permettant d'apporter un confort en été (maîtrise des apports internes, ventilation nocturne, free-cooling, climatisation).

Précautions :

Le store baissé, intérieur ou extérieur, risque d'empêcher la ventilation naturelle des locaux par ouverture des baies, ce qui peut être dommageable dans le cas de locaux non climatisés. Il est alors préférable d'installer les stores extérieurs à distance de la baie, ou bien de prévoir des stores fixés sur le châssis ouvrant.

L'annexe technique 2 montre un exemple de différentes solutions de mise en place de protections solaires étudiées pour le cas d'un collège avec différentes catégories de locaux.

Recommandations de mise en oeuvre

Le **diagnostic** énergétique devra inclure une **évaluation des protections solaires** éventuellement en place (type, localisation, état général).

Des **améliorations** devront être apportées sur des éléments ressortant du diagnostic, tels :

- protections solaires existantes (éventuellement à remettre en état) sur certaines parties des bâtiments ;
- fenêtres, si nécessaire suivant leur état [11] ;
- ventilation, si nécessaire suivant son état [12, 13].

(Il ne faut pas oublier certaines interactions entre ouverture des fenêtres et présence de certains types de protections solaires, comme mentionné plus haut).

Une **étude spécifique** de la protection solaire du bâtiment devra être menée (éventuellement avec l'appui de simulations thermiques dynamiques - cf. Annexe technique 2) pour définir :

- la(les) solution(s) technique(s) adaptée(s) aux besoins (avec les performances attendues) ;
- les types de matériels préconisés ;
- coût total de la (des) solution(s) (matériel et main-d'œuvre).

Les **solutions techniques retenues** figureront a priori parmi les solutions décrites au § 3, mais la liste n'est pas limitative, sous réserve de justification des performances et qualifications des techniques proposées.

Références - Sites Internet

- [1] PR NF EN 13363-1 « Dispositifs de protection solaire combiné a des vitrages. Calcul du facteur de transmission solaire et lumineuse. Partie 1 : méthode simplifiée », février 1999
- [2] PR NF EN 13363-2 « Dispositifs de protection solaire combinés à des vitrages - Calcul du facteur de transmission solaire et lumineux - Partie 2 : méthode de référence », décembre 2002
- [3] « FASOL_V - Calcul du facteur solaire des vitrages », Logiciel CSTB
- [4] « Règles de calcul Th-S », CSTB, juin 2001
- [5] « Guide de la Protection solaire - Partie 2 : Base techniques et scientifiques », FFB et SNFPSA, décembre 2001
- [6] « Arrêté du 29/11/00 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments », JO n°277 du 30/11/00
- [7] « Dossier protection solaire et éclairage », revue CVC n° 11, novembre 2001
- [8] « Qualité Environnementale des Bâtiments - Manuel a l'usage de la maîtrise d'ouvrage et des acteurs du bâtiment », ADEME, 2002
- [9] « Confort d'été en région PACA », Ensemble de 8 fiches, ARENE, 2001
- [10] « Appel à projets OPATB - Opération Programmée d'Amélioration Thermique et Energétique des Bâtiments - Un défi environnemental pour les collectivités », ADEME, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, ANAH, Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement, févr. 2002
- [11] Fiche « Fenêtres de performance thermique Th > 6 », Catalogue des fiches de travaux d'OPATB, ADEME, 2002-2003

[12] « Etude sur la vérification des performances des systèmes de ventilation dans les bâtiments tertiaires », rapport PBC - Marché ADEME n°00.04.021, févr. 2001

[13] Fiche « Ventilation performante, double flux ou modulée en fonction de l'occupation », Catalogue des fiches de travaux d'OPATB, ADEME, 2002-2003

Sites Internet (voir également les sites des fabricants en Annexe Technique 3) :

- ADEME : www.ademe.fr
- Association HQE : www.assohqe.org
- CSTB : www.cstb.fr

ANNEXE TECHNIQUE 1 : EFFICACITE DES PROTECTIONS SOLAIRES EXTERIEURES, FIXES OU MOBILES

COMPARAISON DE DIFFERENTS TYPES DE PROTECTIONS SOLAIRES EXTERIEURES

TYPE DE PROTECTION EFFICACITE et CARACTERISTIQUES	Brise-soleil à lames horizontales	Brise-soleil à lames verticales	Volet roulant ajouré	Store volet	Store toile	Volet à projection	Volet à la française	Treille végétale	Brise-soleil horizontal au vent	Brise-soleil à lames verticales	Avancée verticale flanc
	MOBILES							FIXES			
PROTECTION SOLAIRE SUR FACADE	4	Est/Ouest : 4	3	4	2 à 3	3	3	3	S.Est S./S.Ouest : 3 Est et Ouest : 1	1	1
OCCULTATION	2	2	4	4	2	3	PL = 4 PER = 2	2	1	0	0
CONTROLE DE L'ECLAIRAGE NATUREL	4	4	2	4	3	3	PL = 2 PER = 3	0	0	0	0
VENTILATION INTERIEURE	3	3	2	3	2	3	PL = 2 PER = 3	4	4 et 3	4	4
RAYONNEMENT DIFFUS ET REFLECHI	3	3	3	3	2 à 3	2	PL = 2 PER = 3	2	1	1	0
CONTROLE CONTRE L'INTRUSION	2	2	2	2	0	2	PL = 4 PER = 3	0	0	1 à 2	0
DURABILITE	2	2	2	2	1	2	PL = 4 PER = 3	3	3 à 4	3 à 4	3 à 4
COÛT	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$	\$\$\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
FACILITE DE MANŒUVRE	Manuel : 2 Auto : 4	Manuel : 2 Auto : 4	Manuel : 3 Auto : 4	Manuel : 3 Auto : 4	Manuel : 3 Auto : 4	3 project : 3	3	X	X	X	X
RESISTANCE AU VENT	2	2	3	2	1	2	4	3	3	3	3
POSSIBILITE D'AUTOMATISME	4	4	4	4	4	0	0	X	X	X	X
APPLICATION	LOGEMENT	1	1	4	4	2	4	4	4	0	3
	SCOLAIRE	3	3	3	3	4	2	1	1	4	3
	SPORTIF	3	3	3	1	1	0	0	1	4	3
	BUREAUX	4	4	3	4	4	1	1	1	4	3
DIVERS	A EVITER par VENT très VIOLENT. FRAGILE et BRUYANT si trop légers						fragilité au vent	PL= PLEINS PER=PER- SIENNES	entretien régulier à assurer		à associer avec auvent horizontal

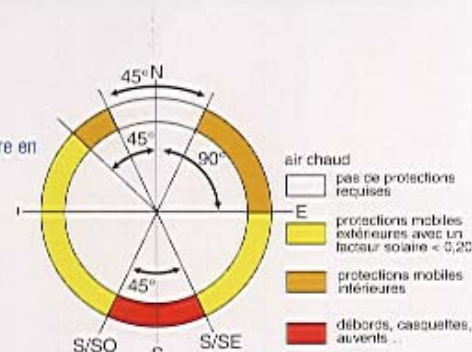
EFFICACITE : 0 nulle ; 1 faible ; 2 moyenne ; 3 bonne ; 4 très bonne - COÛT : de faible (\$) à important (\$\$\$\$)

EXEMPLE D'AIDE AU CHOIX DES PROTECTIONS SOLAIRES EN FONCTION DE L'ORIENTATION POUR DES LOCAUX SCOLAIRES

Le rapport : $P = \frac{\text{Portée du pare-soleil}}{\text{Différence de niveau entre le pare-soleil et le bas de la baie}}$

sera égal à, quelle que soit la latitude :

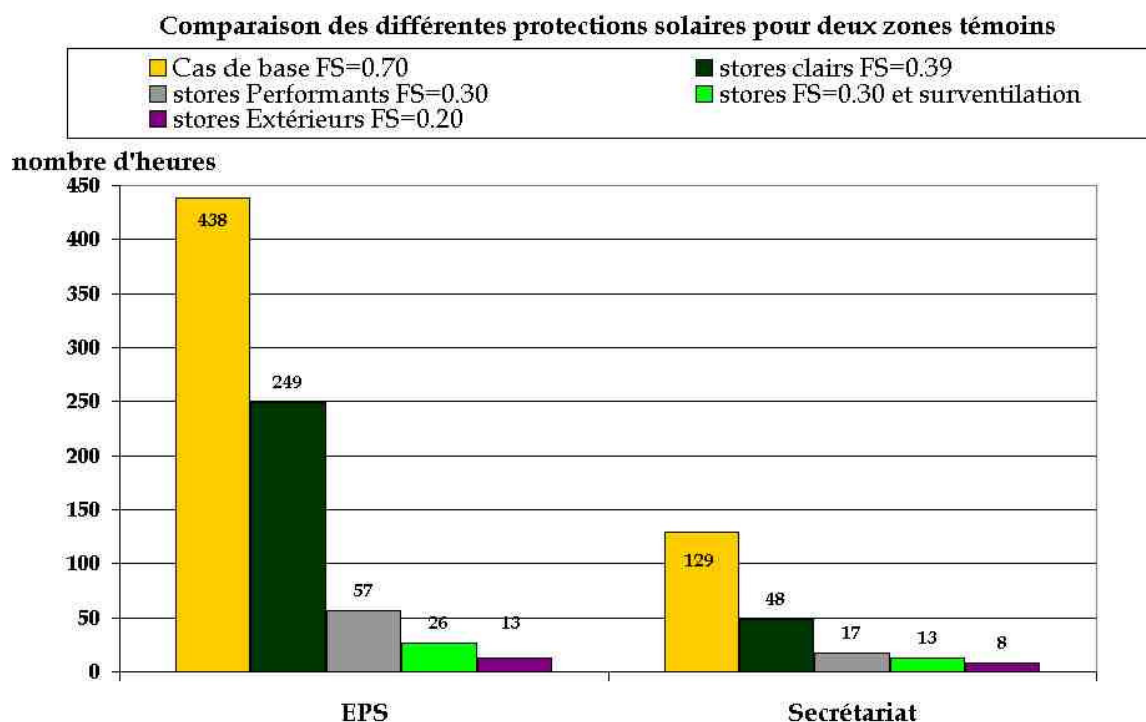
- 0,7 pour l'orientation S
- 1 pour les orientations S-SE et S-SO
- une valeur comprise entre 0,7 et 1 pour les orientations intermédiaires déterminées d'après la figure ci-contre en fonction de l'angle A que la direction perpendiculaire à la façade forme avec le sud.



(source [9])

ANNEXE TECHNIQUE 2 : EXEMPLES DE SOLUTIONS DE PROTECTIONS SOLAIRES POUR UN COLLEGE

Suite à un constat d'inconfort en été dans un collège, situé à Pont de Chérury en Isère (38), il a été décidé de mettre en place des protections solaires et une surventilation nocturne afin de remédier à ce problème dans les zones sensibles. L'effet des différentes protections étudiées est représenté dans la figure suivante :



Cette figure donne le nombre d'heures annuelles en période d'occupation où la température intérieure dépasse 27°C dans deux zones témoins. Les calculs ont été effectués par simulation thermique dynamique avec le logiciel TRNSYS. On constate que :

- avec des stores intérieurs clairs standards (FS = 0,39) la surchauffe reste importante ;
- il est nécessaire de mettre en place au minimum des stores intérieurs de très bonne qualité (FS = 0,30) ;
- la variante qui consiste à mettre en place des stores de bonne qualité et à surventiler donne de meilleurs résultats, mais elle présente l'inconvénient de laisser les fenêtres ouvertes en permanence la nuit ce qui peut entraîner des problèmes de sécurité ;
- la mise en place de stores extérieurs garantit le meilleur confort.

ANNEXE TECHNIQUE 3 : PROTECTIONS SOLAIRES - PRODUITS, SYSTEMES, FABRICANTS

[A titre indicatif, non limitatif]

Vitrages à contrôle solaire

- **SAINT GOBAIN GLASS :**

18, avenue d'alsace - 92 400 COURBEVOIE - www.saint-gobain-glass.com

- **PILKINGTON :**

64-76, rue Charles Heller - 94 400 VITRY-SUR-SEINE - www.pilkington.fr

- **INTERPANE :**

2, rue de l'industrie - 67720 HOERDT - www.interpane.net

Stores textiles ou à lames, brise-soleil

- **BRUTSAERT L. :**

Louderstraat 84 - B 8940 GELUWE (Belgique) - www.brustor.com

- **GRADHERMETIC France :**

315, sq des Champs Elysées - 91026 EVRY - www.gradhermetic.com

- **GRIESSER :**

5, av Marcel Dassault - 31500 TOULOUSE - www.griesser.ch

- **MERMET :**

Le Bois - 38630 VEYRINS THUELLIN - www.mermet-industries.fr

- **MULTIFILM France :**

5-7, rue M. Berthelot - 92762 ANTHONY - www.multifilm.fr

Stores intégrés aux vitrages

- **AGERO :**

8, rue Principale - 67850 OFFENDORF - www.agero-france.com

Films

- **3M France** - Département Produits pour le Bâtiment :

Boulevard de l'Oise - 95006 CERGY-PONTOISE Cedex

- **MULTIFILM France :**

5-7, rue M. Berthelot - 92762 ANTHONY - www.multifilm.fr

- **SOLAR SCREEN :**

53-11 105th Street - Corona, NY 11368, USA - www.solar-screen.com

- **TECHNIMAT :**

29-31, av. P. Picasso - 69120 VAULX EN VELIN - www.multifilm.fr