

MODELISATION DES STORES VENITIENS. INFLUENCE DE LEUR GESTION D'OUVERTURE SUR LES BILANS THERMIQUES D'ETE.

Jean-Jacques ROUX – jean-jacques.roux@insa-lyon.fr

Nassim SAFER – safer@etb.insa-lyon.fr

Monika WOLOSZYN - woloszyn@etb.insa-lyon.fr

Centre de Thermique de Lyon, CETHIL - UMR 5008 CNRS / INSA de Lyon /
Université Claude Bernard-Lyon 1, INSA, Bât. Freyssinet, 40 rue des arts,
69100 Villeurbanne, France

Jean NOEL – contact@jnlog.com

15 place Carnot, 69002 Lyon, France (<http://www.jnlog.com>)

Abstract. *A model of Venetian blind associated simple or a double glazing is proposed in this article. Simplified modeling is based on a 2D approach (not taken into account of the effects edges) and separately treats the transmission of direct and the diffuse one. The evolutions of the form factors and the solar flows transmitted according to the degree of opening of the blind, of the slope of the plates, the position of the sun in the sky are taken into account and the models used are described. The interest of the management of the degree of the “opening” (height of the blind covering the window) and of its slope is shown through the simulations carried out on different type of building (house of dwelling, offices...) in various places in Europe, the model of blind having been implemented in a computer code developed years our laboratory. There is in general a position of the plates which varies at every moment (each hour in our modeling) and which makes it possible to intercept the direct solar radiation. This situation is compared with other alternatives in order to create a method of optimal management of the blinds.*

Keywords: *Simulation, Unsteady State, Venetian blind, solar energy management.*

1. INTRODUCTION

Les protections solaires jouent un rôle important dans les bilans énergétiques des bâtiments. De nombreuses méthodes existent, des plus simples (ratio, valeurs tabulées ...) aux plus complexes utilisant alors généralement la simulation. Les situations sont complexes d'un point de vue géométrique, mais c'est aussi le cas des modèles des composants de protection et justifient donc l'emploi de la simulation numérique.

Nous pensons que la simulation est à l'heure actuelle la voie à retenir de manière à pouvoir évaluer ses situations complexes et où la dynamique et l'interaction des phénomènes en jeu est un facteur primordial pour pouvoir prétendre à une évaluation précise. Cela est vrai en période hivernale, mais l'est encore plus en été, période pour laquelle la simulation en tant que méthode d'évaluation semble incontournable.

Nous présentons ici un modèle de stores vénitiens adapté à la simulation heure par heure du comportement thermo-aéraulique des bâtiments. Des scénarios d'ouverture et de fermeture du store (hauteur et angle) sont gérables par l'utilisateur afin d'estimer l'impact de ce paramètre sur les bilans thermiques des différentes zones du bâtiments étudié.

2. MODELISATION DU STORE VENITIEN

Nous détaillons dans ce paragraphe le modèle retenu pour la modélisation du store vénitien ainsi que sa validation obtenue par comparaison avec des modèles plus fins ou des situations expérimentales décrites dans la bibliographie.

Le modèle retenu, afin de l'intégrer dans le code de calcul de comportement thermo-aéraulique dynamique "CODYBA" (Noel, 2001 et Noel, 2004), est un modèle bi-dimensionnel (l'effet de la troisième dimension est supposé négligeable et en particulier les effets de bord) dont nous donnons ci-après les principales hypothèses simplificatrices.

2.1 Caractéristiques radiatives et calcul des facteurs de forme

Le modèle retenu pour le store vénitien suppose des lamelles planes et parallèles. Les revêtements utilisés ici sont tels que nous pouvons faire l'hypothèse de caractéristiques radiatives diffuses dans le domaine des courtes et des grandes longueurs d'ondes.

Une des particularités du découpage utilisé pour le calcul des réflexions diffuses entres deux lamelles consécutives du store est résumé sur la figure suivante :

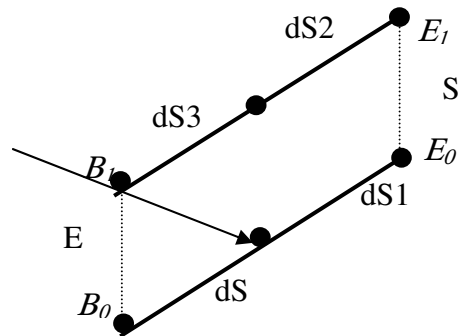


Figure 1 – Modèle 2D du store vénitien

Les surfaces sont au nombre de 6 : E (Entrée), S (Sortie), dS (Surface recevant le rayonnement solaire direct), dS1, dS2 et dS3. La surface dS3 est identique à la surface dS qui est elle même "dynamique" : elle est calculée à chaque instant en fonction de la géométrie du problème et de la position du soleil.

L'intérêt de l'identité des surfaces dS et dS3 intervient dans le cas où le store admettrait une "permeabilité" au soleil, dans le cas de perforations par exemple, cas où la quantité d'énergie entrant par dS3 dans l'enceinte fermée par l'ensemble des 6 surfaces sera identique à celle sortant par dS.

Les facteurs de forme sont obtenus en utilisant la méthode de Hottel:

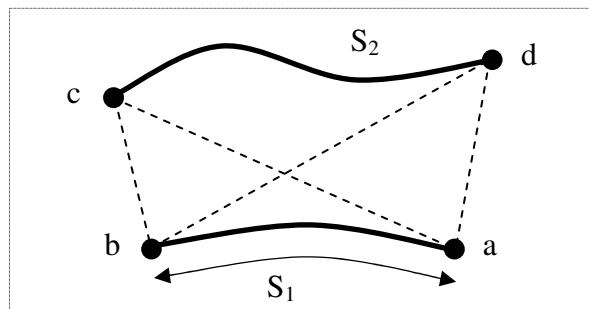


Figure 2 – Calcul des facteurs de forme : méthode de Hottel

Le facteur de forme F_{12} s'écrit alors :
$$F_{12} = \frac{1}{2.S_1} . [(ac + bd) - (ad + bc)]$$

Cette méthode nous permet de calculer la matrice des facteurs de forme pour l'enceinte composée des 6 surfaces et cela de manière dynamique. En effet la surface dS qui représente l'impact du rayonnement solaire direct est "dynamique" (elle varie à chaque instant en fonction de la position du soleil dans le ciel) et donc 4 des 6 surfaces changent à chaque pas de calcul (le pas de temps est généralement horaire).

Comme nous l'avons précisé en introduction, la hauteur du store occultant la fenêtre et l'inclinaison des lamelles sont variables dans le temps et gérés par le biais de scénarios à base de temps horaire.

Le store peut être intégré entre deux vitrages, ou associé à un vitrage et il est dans ce cas positionné soit à l'extérieur soit à l'intérieur. Les coefficients d'échanges convectifs et radiatifs en ce qui concerne les grandes longueurs d'onde sont évalués en tenant compte de ces différentes configurations.

2.2 Validation du modèle de store

Afin de valider les hypothèses simplificatrices utilisées dans notre modèle nous avons comparé celui-ci aux résultats publiés par Campbell et al. (2002). Ces derniers ont été développés à l'aide d'une approche numérique tri-dimensionnelle basée sur la méthode de Monte Carlo.

Nous donnons les principales caractéristiques des cas traités dans le tableau n°1. Il s'agit d'un double vitrage avec store vénitien intégré.

Données concernant les vitrages	α		0.85
	ρ		0.07
	τ		0.08
Fenêtre	Intervalle entre les vitres		100 mm
Store	Espacement des lamelles		70 mm
	Profondeur des lamelles		80 mm
	Inclinaison des lamelles		0 to 90 °
	Lamelles blanches diffuses	α	0.1
		ρ	0.9
	Lamelles noires diffuses	α	0.9
ρ		0.1	

Tableau 1 : données des cas traités

Les figures 3 et 4 donnent les comparaisons pour les valeurs des quantités énergétiques transmises pour lamelles respectivement blanches et noires et pour deux inclinaisons de lamelles.

Il en de même pour les figures 5 et 6, mais en ce qui concerne les quantités d'énergies absorbées par le dispositif (les courbes sont également paramétrées en fonction de l'angle d'incidence du rayonnement solaire). Les courbes de la littérature et les courbes obtenues pour ces configurations pour le modèle simplifié donnent des résultats très similaires et confirment ainsi la validité des hypothèse simplificatrices.

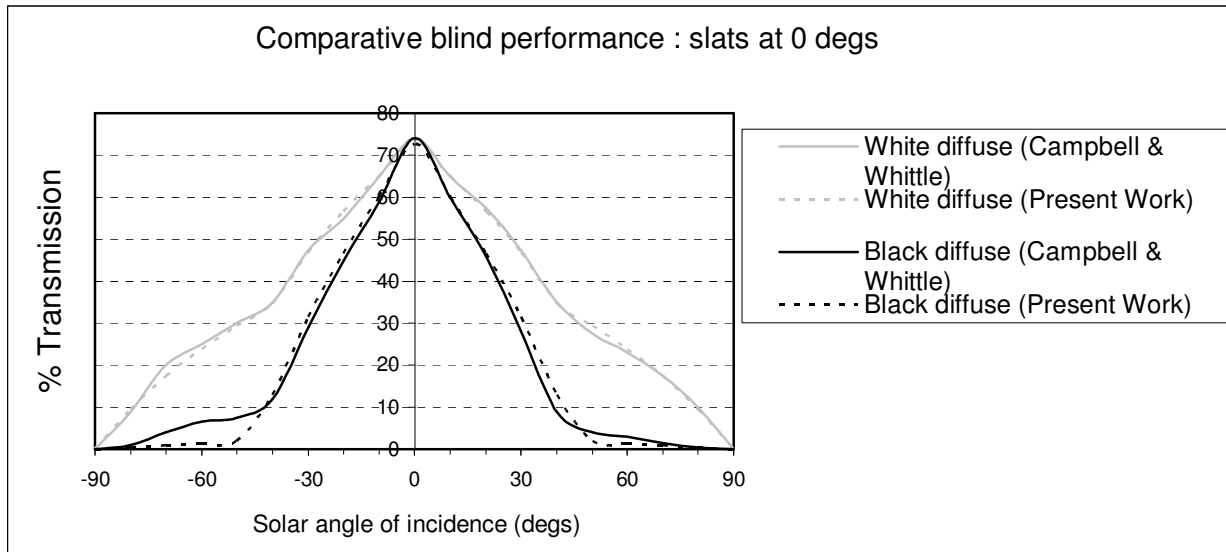


Figure 3 – Transmission du double vitrage avec stores intégrés en fonction de l'angle d'incidence du rayonnement solaire (Lamelles à 0°)

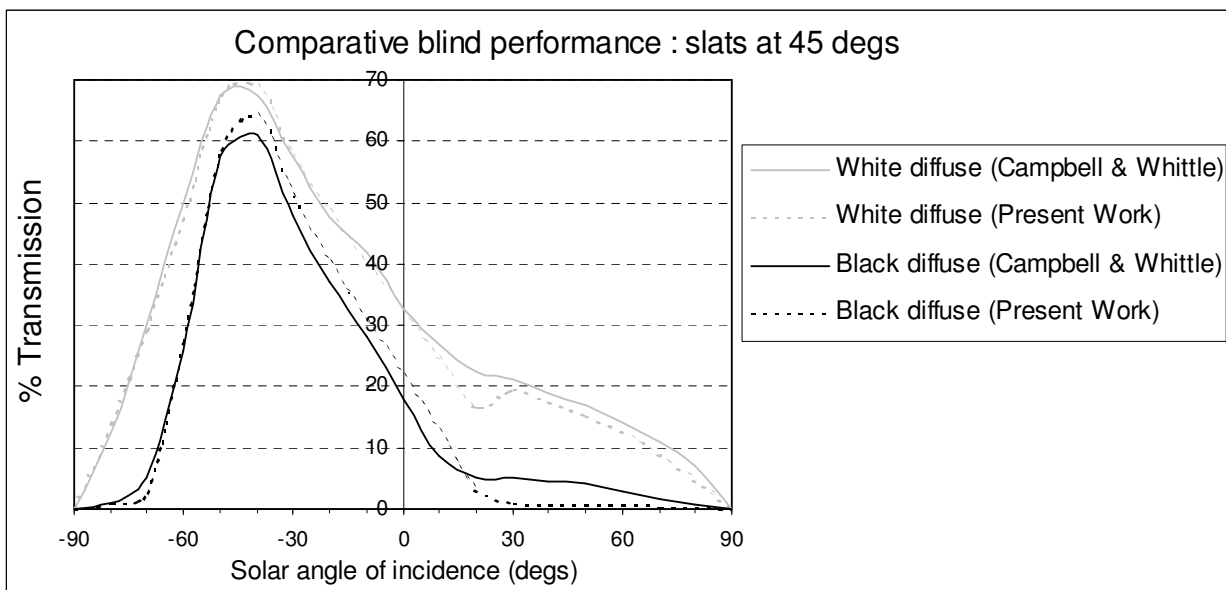


Figure 4 – Transmission du double vitrage avec stores intégrés en fonction de l'angle d'incidence du rayonnement solaire (Lamelles à 45°)

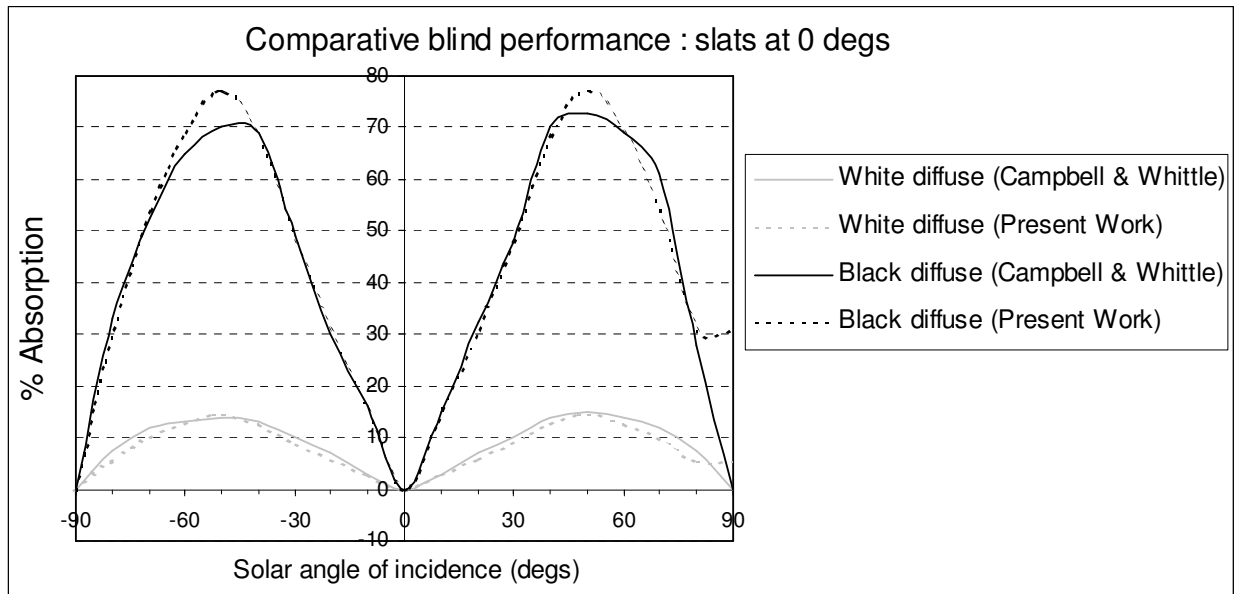


Figure 5 – Absorption du double vitrage avec stores intégrés en fonction de l'angle d'incidence du rayonnement solaire (Lamelles à 45°)

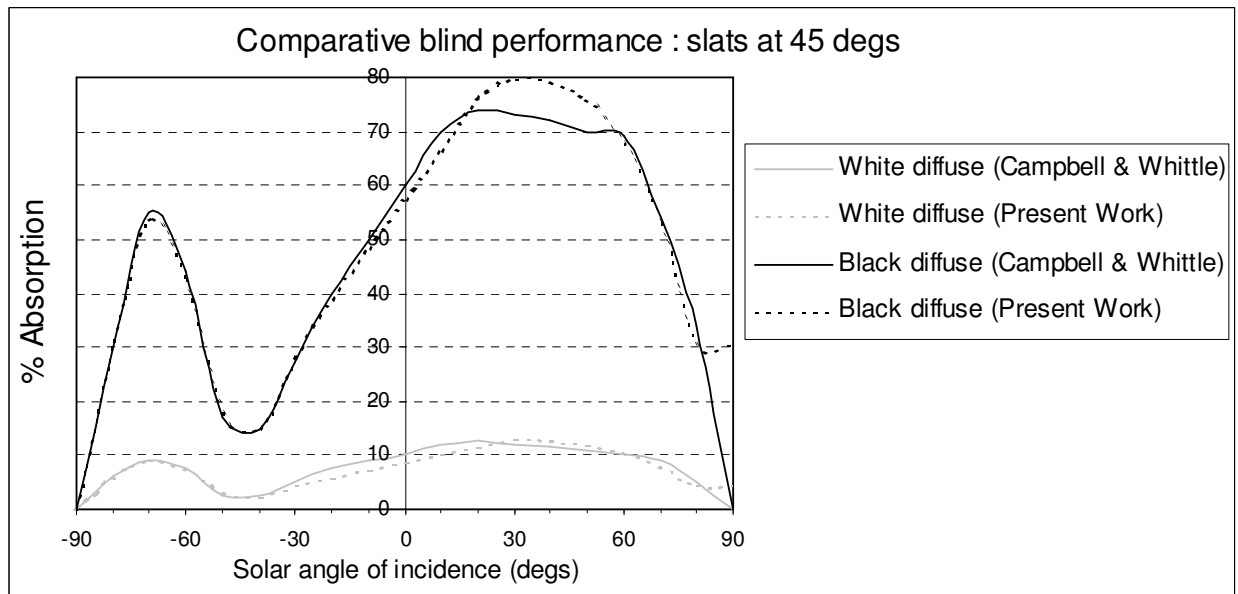


Figure 6 – Absorption du double vitrage avec stores intégrés en fonction de l'angle d'incidence du rayonnement solaire (Lamelles à 0°)

D'autres validations concernant des études similaires faite par Kuhn et al. (2000) ont été faites ainsi que des comparaisons avec des études expérimentales dans le cadre de la validation de Parasol (2004), mais concernant cette fois-ci le facteur solaire g (Wall, 2003 et Robert, 2004). Dans tous les cas de figures le modèle simplifié donne satisfaction et cela nous permet de penser que le modèle est suffisamment précis et robuste pour représenter correctement les quantités énergétiques échangées entre les locaux équipés de ce système et leur environnement extérieur.

3. IMPACT DE LA PRESENCE DE STORES , ETUDES DE CAS

Nous présentons dans les pages qui suivent les résultats de simulations obtenus avec la version de CODYBA incluant le modèle de stores vénitiens. Les cas traités sont réalistes et concernent d'une part un pavillon et d'autre part un immeuble de bureaux. Ils sont extraits d'une étude plus exhaustive dans laquelle l'influence de nombreux paramètres a été étudiés (Robert, 2004).

3.1 Impact de la présence des stores : pavillon

Les caractéristiques du pavillon sont classiques, une visualisation 3D du pavillon est donnée à la figure 7 et son plan à la figure 8.

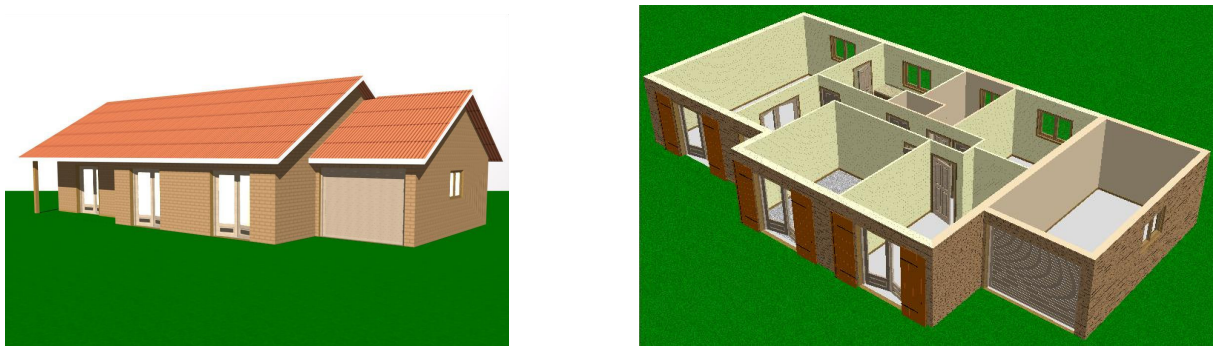


Figure 7 – Pavillon en 3D

La porte fenêtre du séjour est orientée au Sud.

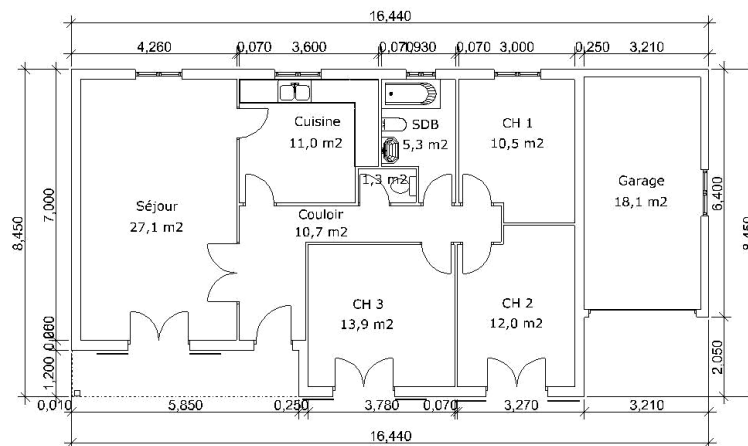
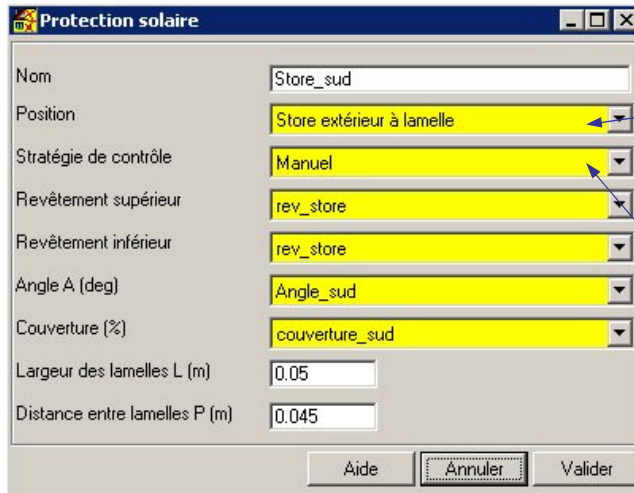


Figure 8 – plan du Pavillon « Jasp »

Le module *Protection Solaire* de Codyba permet d'attribuer à chacune des fenêtres un type de protection solaire. Le type de protection solaire est défini par plusieurs caractéristiques que l'on rentre dans la boîte de dialogue présentée ci-dessous, chacune des fenêtres a été ici équipée d'un store :



Permet de préciser la position du store par rapport à la fenêtre (extérieur, intégré ou intérieur)

Scénario angulaire ou de couverture prééglés (cut-off, fermé si soleil direct...)

Figure 9 – Fenêtre de saisie des caractéristiques des stores et des scénarios

- *Revêtement* permet de préciser les propriétés radiatives (coefficient d'absorption CLO et émission GLO) et la résistance thermique du store.
- *Angle* permet de définir pour chaque heure de la journée l'inclinaison des lamelles
- *Couverture* permet de définir la position verticale du store (100%= store baissé, 0% store totalement remonté).

En premier lieu, nous avons voulu voir quelle pouvait être l'influence des stores en terme de température. On a donc réalisé une simulation sur le mois d'août avec et sans stores pour le cas de référence.

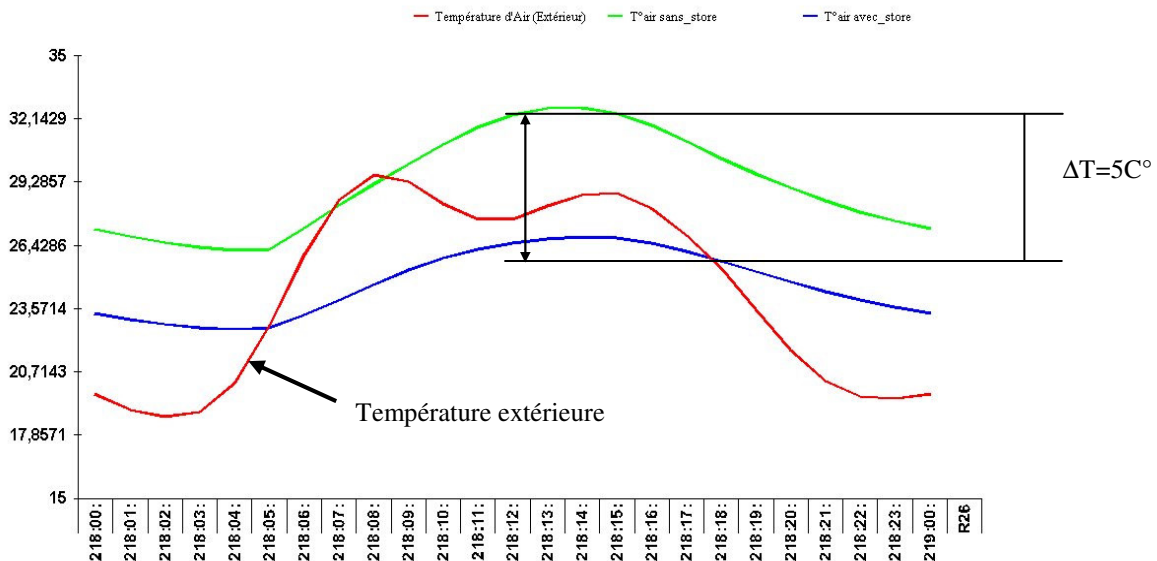


Figure 10 – Evolution de la température du séjour, journée du 6 août

On peut constater que les stores ont un rôle non négligeable sur le comportement thermique de la pièce séjour. Le gain au niveau des maxima de température est en effet de 5°C pour la journée du 6 août.

Nous avons tout d'abord réalisé une première étude en faisant varier l'inclinaison des lamelles pour des angles positifs (cf. schéma ci dessous) entre 0° (stores ouverts) et 90° (stores fermés).

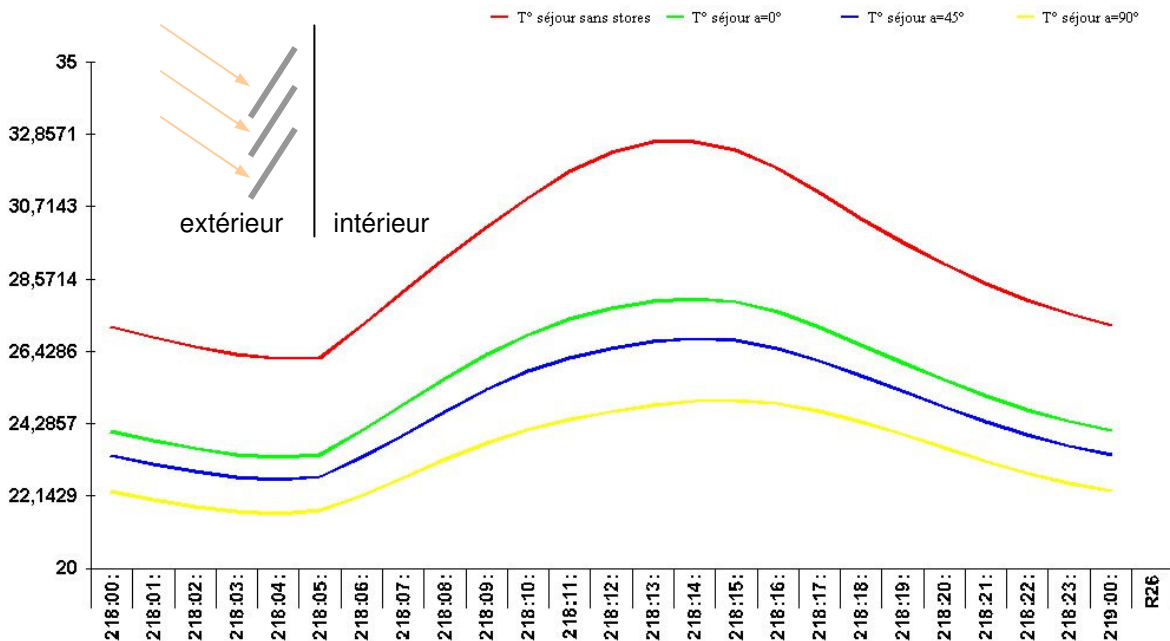


Figure 11 – Influence de l'inclinaison des lamelles, angles positifs

Le graphe ci-dessus nous permet de mesurer l'importance du rayonnement diffus sur le comportement thermique de la pièce. En effet, pour les angles positifs, le rayonnement direct est systématiquement bloqué, seul le diffus pénètre plus ou moins selon l'ouverture de l'angle. Si logiquement les stores complètement fermés constituent la solution la plus efficace, on observe une évolution croissante de la température au fur et à mesure que l'on diminue l'angle d'inclinaison des lamelles. On voit ainsi que la position constante des lamelles à l'horizontal laisse passer un maximum de rayonnement diffus tout en maintenant la température du séjour 4°C en dessous de la solution sans store.

Au vu de cette simulation, il semblerait donc que le rayonnement diffus influe de manière non négligeable (2°C entre stores fermés et ouverts) sur le comportement thermique de la pièce.

Nous avons ensuite fait un essai pour des angles maintenus constamment négatifs sur une journée (-45° et -60°).

Pour les angles négatifs le rayonnement direct n'est pas systématiquement bloqué, et la transmission de celui-ci dépend à la fois de l'inclinaison des lamelles et de la hauteur du soleil. Le fonctionnement des stores devient alors un problème plus complexe. Pour un angle constant de -45°, on obtient une courbe de température pratiquement identique à celle d'un store avec les lamelles à 0°. Ceci s'explique d'une part par le fait que le rayonnement direct est bloqué de la même manière pour ces deux angles d'inclinaison pour cette période de l'année, et d'autre part par le fait que la variation du rayonnement diffus pénétrant dans le pavillon est vraisemblablement faible pour les angles négatifs.

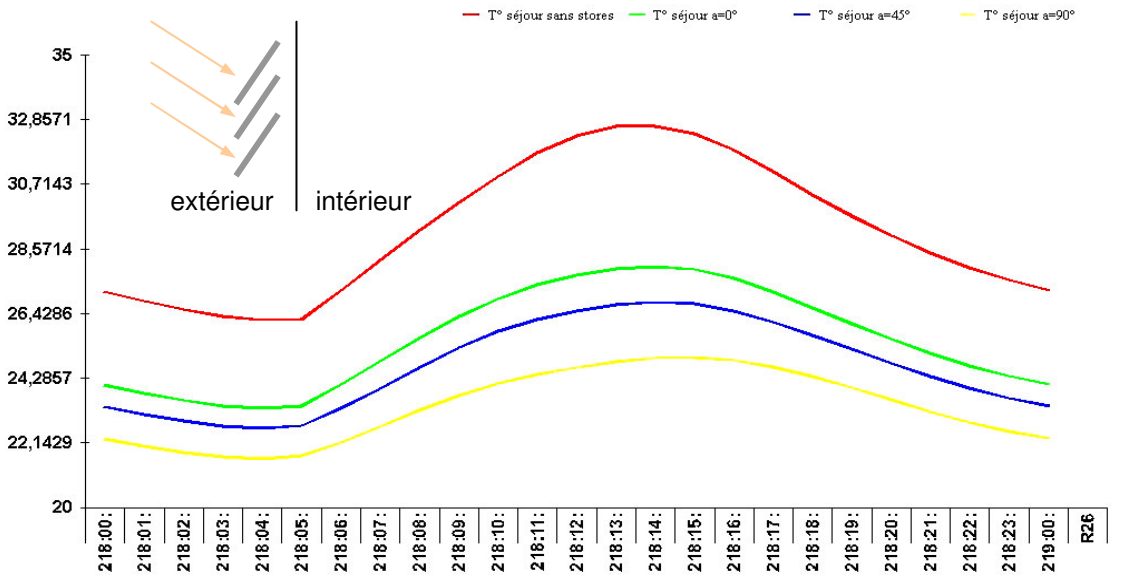


Figure 12 – Influence de l'inclinaison des lamelles, angles positifs

3.2 Impact de la présence des stores : immeuble de bureaux

Le second type de bâtiment que nous avons choisi d'étudier est un immeuble de bureaux. Ce bâtiment s'avère être un cas d'étude intéressant dans la mesure où il possède une surface vitrée relativement importante, deux niveaux et plusieurs orientations.

Pour cette étude, nous avons placé l'immeuble de bureaux à Madrid et réalisé les différentes simulations au mois d'août (les résultats sont donnés pour la journée du 6 août).

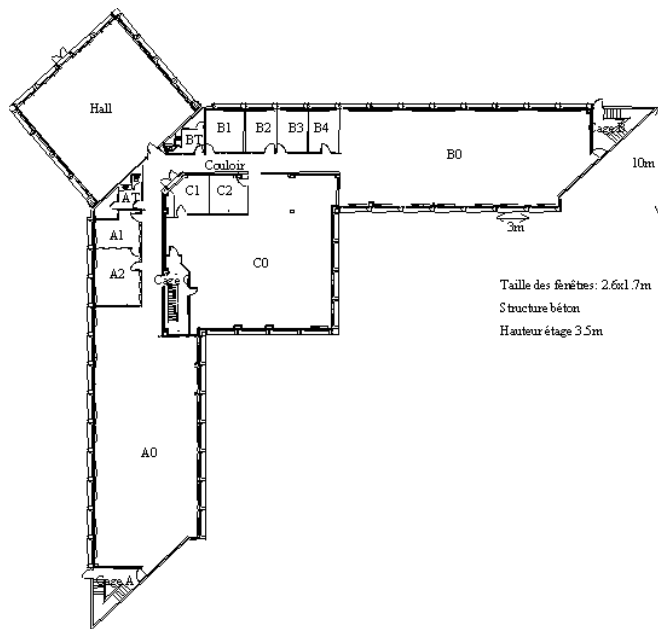


Figure 12 – Plan détagé de l'immeuble de bureaux

Le modèle de store que nous avons utilisé est le même que pour le pavillon de référence : stores extérieurs, lamelles de 5 cm de largeur espacées de 4.5 cm, coefficient d'absorption $\alpha=0.5$. L'angle d'inclinaison des lamelles a été fixé à 30° pour l'ensemble des fenêtres.

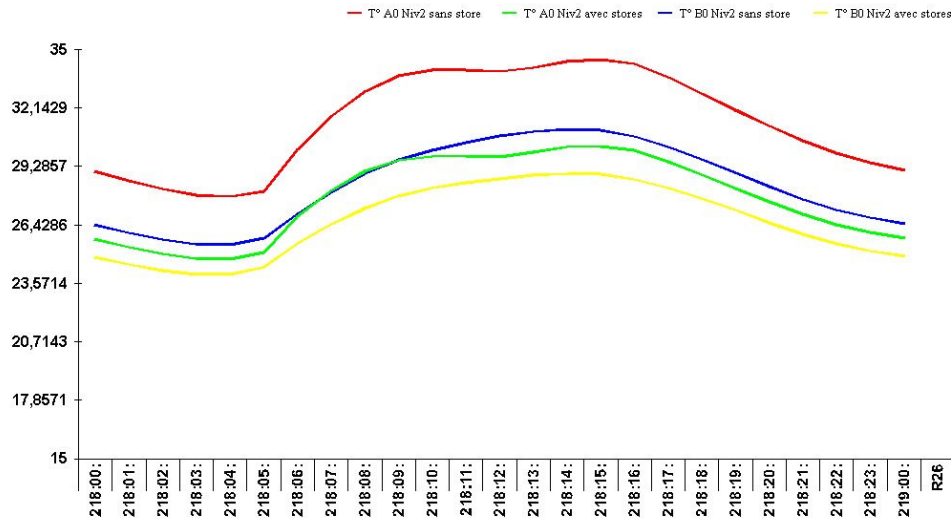


Figure 13 – Influence de la présence de store, niveau 2 , zones A0 et B0 de l'immeuble

Conclusions

Un nombre important de paramètres influent sur les bilans thermiques des bâtiments : la situation géographique, l'orientation du bâtiment, le type, la position et la gestion des protections solaires, etc. Ces études montrent l'intérêt d'une modélisation des stores et leurs impacts sur les bilans énergétiques, et fait partie d'une étude plus large sur la gestion optimale des stores dans les façades double peaux (Safer, 2004),

Acknowledgements

Cette étude a été financée par l'ADEME et SOMFY International.

REFERENCES

- Noel, J., Roux, J.J., Keilholz, W., Bradley, D., 2001, Lien entre les logiciels SimCAD, TRNSYS et CODYBA, V° Colloque InterUniversitaire Franco-Québécois, Thermique des Systèmes , Lyon, France, p311-318.
- Noël, J., 2004, <http://www.jnlog.com>, CODYBA V6.0
- Campbell, N.S., Whittle, J.K., 1997, Analysing radiation transport through complex fenestration, IBPSA , Prague, Czech Republic, September 8-10.
- Kuhn, E., Bühler, C., Platzer, W.J., 2000, Evaluation of overheating protection with sun-shading systems, Solar Energy Vol. 69, pp. 59-74.
- Parasol, 2004, http://www.byggark.lth.se/shade/shade_home.htm.
- Wall, M., Bülow-Hübe, H., 2003, Solar protection in buildings, Part 2, Lundt University.
- Robert, C., Dordor, V. 2004, Modélisation des stores vénitiens, Insa de Lyon.
- Safer, N., Woloszyn, M., Roux, J.J., 5-8 September 2004, Influence of solar radiation on heat and air flow transfers in double skin facades with venitian blinds, Roomvent 2004, 9th International Conference on Air Distribution in Rooms, Coimbra, Portugal.