

## Protections Solaires des Fenêtres

C. Bougriou, A. Hazem et K. Kaouha

Faculté des Sciences de l'Ingénieur - Département de Mécanique Université de Batna  
Rue, Chahid Boukhrouf 05000 Batna

**Résumé** – *Les apports dus à l'ensoleillement des vitrages sont de loin les plus importants, ils peuvent représenter 50 à 80% des charges totales des locaux climatisés. Ce qui montre l'intérêt considérable de notre étude. L'obtention du confort en climatisation passive ou active (centrale de traitement d'air, machine frigorifique, etc.) dépend des protections solaires, de leur gestion et de type des fenêtres. Le code de calcul réalisé, constitue un moyen d'aide au choix pour les concepteurs. Il permet notamment d'étudier l'évolution des consommations de climatisation et d'éclairage suivant le type de fenêtres et de protections et suivant leur gestion.*

**Abstract** – *Heat supplies due to the glazing sunniness are by far the most important, they can represent 50 to 80% of total contributions (air conditioned) in premises. It shows the considerable interest of ours research. The nature of windows (picture window), solar protections and their management, condition the quality of a construction in Summer, so, for comfort obtaining in passive air conditioning that for control of air conditioning loads by freezing machines.*

**Mots clés** : Protection solaire – Climatisation – Chauffage – Confort – Eclairage - Economie d'énergie

### 1. INTRODUCTION

La capacité à limiter le flux de chaleur pénétrant par la fenêtre dû au rayonnement solaire est la caractéristique principale d'une protection solaire. On doit prendre en compte, cependant d'autres exigences qui sont variables suivant la nature des locaux. On peut notamment citer les exigences thermiques, visuelles, etc. [1]. Il peut avoir des conséquences non négligeable sur les consommations d'énergie de par son incidence sur les apports de chaleur interne si on n'intègre pas l'aspect éclairage dont la gestion est en relation avec celle des protections solaires.

Un programme de calcul prévisionnel des consommations d'énergie pour les locaux climatisés a été mis au point. Les consommations d'éclairage sont calculées en fonction des gestions types des protections solaires et de l'éclairage par les occupants. La position de la protection solaire à l'intérieur ou à l'extérieur du local a été étudiée. La consommation globale d'énergie (climatisation + éclairage) montre l'importance de la gestion des protections solaires. Deux types de façades, suivant les quatre directions cardinales ont été étudiés. Dans notre model nous avons utilisé une méthode analytique. Le programme informatique est écrit en Turbo Pascal.

### 2. MODELISATION ET FORMULATION MATHEMATIQUE

Les charges de climatisation tant en chaud qu'en froid (apports solaires ou déperditions thermiques) sont modifiées dès la mise en place de protections solaires (stores vénitiens, persiennes ou autres) d'une part. D'autres part, une modification des consommations d'énergie est due à l'éclairage, sachant que la mise en place d'un store peut inciter l'occupant à allumer l'éclairage.

Le modèle étudié, permet de simuler :

- i. 5 types de gestion de la protection solaire,
- ii. 3 types de gestion d'éclairage,
- iii. la position de la protection à l'intérieur ou à l'extérieur du local
- iv. et de comparer deux types de façades se rapprochant le plus possible d'un comportement plausible des occupants.

Ces types de gestion ont été définis à partir d'observations in situ de positions de protections solaires [1]. Cette approche est principalement qualitative. Les cinq gestions de protections solaires utilisées sont les suivantes [1] :

- ◆ **Gestion 1** : La fenêtre ne dispose pas de protection solaire ou que les occupants ne l'utilisent pas.
- ◆ **Gestion 2** : Les protections solaires sont toujours baissées, quelles que soient les conditions d'ensoleillement extérieures.
- ◆ **Gestion 3** : On suppose que l'occupant n'agit qu'une seule fois sur les protections solaires. La protection solaire est mise en place si l'éclairement extérieur est supérieur à  $400 \text{ W/m}^2$ . Si l'éclairement intérieur devient insuffisant, l'éclairage artificiel sera alors mis en place. De 12 à 14 h, on suppose que les locaux sont inoccupés et donc la position des stores durant cette période reste inchangée. Au retour des occupants à 14 h, si  $E_e < 400 \text{ W/m}^2$  alors les protections solaires sont remontées. Elles sont rabaissées totalement par la suite si  $E_e \geq 400 \text{ W/m}^2$  (figure 1).
- ◆ **Gestion 4** : La gestion des protections solaires est plus fine. Les occupants réagissent à chaque pas de temps aux conditions d'éclairage extérieur et agissent sur les protections solaires suivant les cas définis (figure 1), [1] :
  1. si  $E_e \leq 200 \text{ W/m}^2$ , les protections sont totalement remontées,
  2. si  $200 \leq E_e \leq 400 \text{ W/m}^2$ , les protections sont à demi baissées,
  3. si  $E_e \geq 400 \text{ W/m}^2$ , les protections sont totalement baissées.
- ◆ **Gestion 5** : Au cours de la journée, le store est peu à peu baissé ou remonté en fonction de l'éclairement extérieur. Les locaux sont inoccupés de 12 h à 14 h. Pendant cette période, la position des protections solaires reste dans la position occupée à 12 h (figure 1), [1].

La protection solaire influera sur les apports solaires dans le local ainsi que sur l'éclairage intérieur naturel, et par conséquent sur l'éclairage artificiel. Chaque baie de surface  $S$  est décomposée en deux baies : l'une de surface  $S_1$  (baie non protégée), l'autre de surface  $S_2$  (baie protégée). Avec, bien entendu :  $S_1 + S_2 = S$ . Les surfaces  $S_1$  et  $S_2$  sont fonction de l'éclairage extérieur incident sur la baie ainsi que du type de gestion considéré. En plus de cela, on tient compte des parties ombrées de chaque surface (ombre projetées par les parties en saillie de la construction). On distingue alors les apports solaires pénétrant par la partie de la baie non protégée et par la partie de la baie protégée. Le calcul des charges thermiques est à la base de toute étude de climatisation. Ces charges sont dues à l'environnement intérieur (occupants, éclairage, renouvellement d'air,..) et extérieur (ensoleillement, échange thermiques par les parois,...) du local.

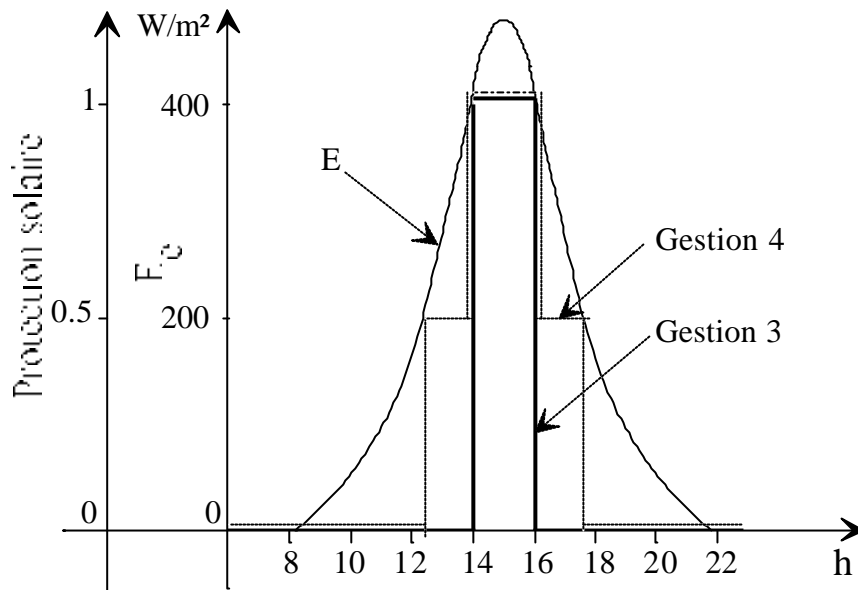


Figure 1 : Exemple de gestions 3 et 4 de protections solaires

L'homme dégage dans un local un flux de chaleur sous forme latente et sensible [2 - 7]:

$$Q_h = (Q_s + Q_l)n \tag{1}$$

Il est nécessaire de renouveler l'air du bureau, au moins un volume par heure en occupation pour maintenir la concentration de l'oxygène dans l'air, pour limiter la concentration des gaz carboniques et aussi pour éliminer les odeurs (sueurs, respiration,...) [2 - 7] :

$$Q_v = 0.34 N V (T_e - T_i) \tag{2}$$

Les apports dus à l'éclairage sont donnés par [2 à 7] :

$$Q_e = 1112 NB \tag{3}$$

Les apports thermiques externes se calculent des manières suivantes [2 à 11] :

- ◆ pour les surfaces vitrées :

$$Q_v = S_v [c f (I_{dir, cor} R_s + I_{dif, cor} R_o) + K_v (T_e - T_i)] \tag{4}$$

- ◆ Pour le mur :

$$Q_m = K_m S_m [(T_{sm} - T_i) + \mu (T_s - T_{sm})] \tag{5}$$

avec

$$T_s = T_{e, m} + \frac{A}{\alpha_e} I_{gl, cor, m} \tag{6}$$

Les déperditions thermiques dans un local ont été calculé par la relation suivante [2 à 11] :

$$Q = K S (T_i - T_e) + Q_v \tag{7}$$

A partir de l'éclairement intérieur du local  $E_i$ , ainsi que de la période d'occupation des locaux on peut déterminer la durée de l'utilisation de l'éclairage artificiel. Pour un point d'un plan horizontal

intérieur de référence, on a établi une corrélation entre  $E_p$ , éclairement horizontal en ce point, et  $E_b$ , éclairement sur la baie. Cette fonction dépend des caractéristiques de la pièce, de la baie et des conditions d'éclairage extérieur.

La durée de l'utilisation de l'éclairage artificiel est déduite suivant : le type d'occupation, le niveau d'éclairage naturel et du type de gestion de l'éclairage choisi par les occupants [1].

Trois types de gestion ont été retenus se rapprochant le plus possible des différents comportements possibles des occupants [1] :

- allumage de l'éclairage lorsque l'éclairement total intérieur,  $E_{tot}$ , est inférieur à  $E_{min} = 300$  Lux (généralement en début de matinée) ; extinction en fin de journée, à la sortie des bureaux
- allumage de l'éclairage artificiel lorsque  $E_{tot}$  est inférieur à  $E_{min}$ , extinction entre 12 h et 14 h, remise en place éventuelle de l'éclairage si  $E_{tot} < E_{min}$  et extinction en fin de journée.
- allumage géré par un automatisme de l'éclairage artificiel ; il correspond donc à un fonctionnement en hystérésis avec enclenchement si  $E_{tot} < E_{min}$  et déclenchement si  $E_{tot} \geq E_{max}$  (figure 2).

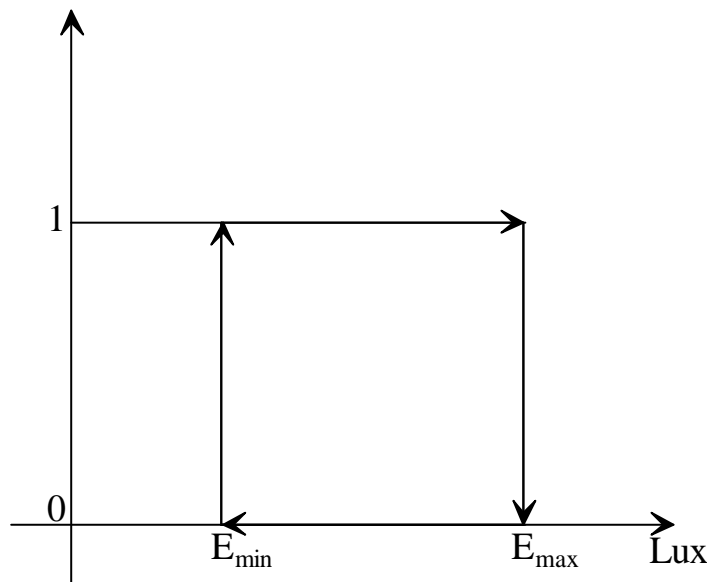


Figure 2 : Gestion de l'éclairage artificiel [1]

On propose, à titre d'illustration, de simuler l'influence de divers types de gestion des protections sur les consommations d'énergie d'un local. Le bureau testé [11 - 14], situé en partie courante d'un immeuble de la ville de Batna (longitude 6° Est, latitude 35° N et à une altitude de 1040 m), est constitué d'une façade extérieure comprenant un vitrage, de 3 murs intérieurs, d'un plafond et d'un plancher. Les parois intérieures donnent sur des locaux identiques. Les dimensions du local sont les suivantes :

- ◆ Hauteur sous plafond : 3 m,
- ◆ Profondeur : 3 m
- ◆ Longueur : 5 m.

Deux types de façade sont étudiées. Dans le premier cas, la façade extérieure est composée d'un mur en briques de 17.5 cm et de deux enduits de ciment de 1 cm et de 1,5 cm. Sa surface est égale

à 12,5 m<sup>2</sup>, celle de la fenêtre à 2,5 m<sup>2</sup>. Les cloisons intérieures sont en plâtre, leur surface est égale à 33 m<sup>2</sup>. Le plafond et le plancher sont en béton de 15 cm et d'une surface de 15 m<sup>2</sup>. La fenêtre à un retrait de 10 cm et d'épaisseur de 3 mm. Dans le deuxième cas, la façade est totalement vitrée de 15 m<sup>2</sup>.

La période d'occupation du local est de 8 h à 16 h en semaine, inoccupé le reste du temps. La climatisation est en marche permanente (20 °C pour T<sub>e</sub> = -4 °C et 25 °C pour T<sub>e</sub> = 36 °C).

Les tests sont conduits pour quatre orientations de la façade du bâtiment. La baie vitrée est constituée par un simple vitrage équipé d'un store extérieur, (facteur solaire égal à 0,14) ou d'un store intérieur (facteur solaire égal à 0,25). Un facteur solaire de 0,20 correspond également à un vitrage réfléchissant (équivalent aux protections baissées). Les calculs sont réalisés à titre d'exemple pour deux jours ; le 21 juin et le 21 décembre (les équinoxes).

### 3. RESULTATS

Les effets des différentes gestions des protections solaires sont étudiés pour : les deux jours types, les deux types de façades et leurs orientations. Les résultats obtenus par simulation en termes de consommations de chauffage, de refroidissement et d'éclairage suivant les types de gestions et la position des protections sont montrés sur les figures 3, 4, 5 et 6.

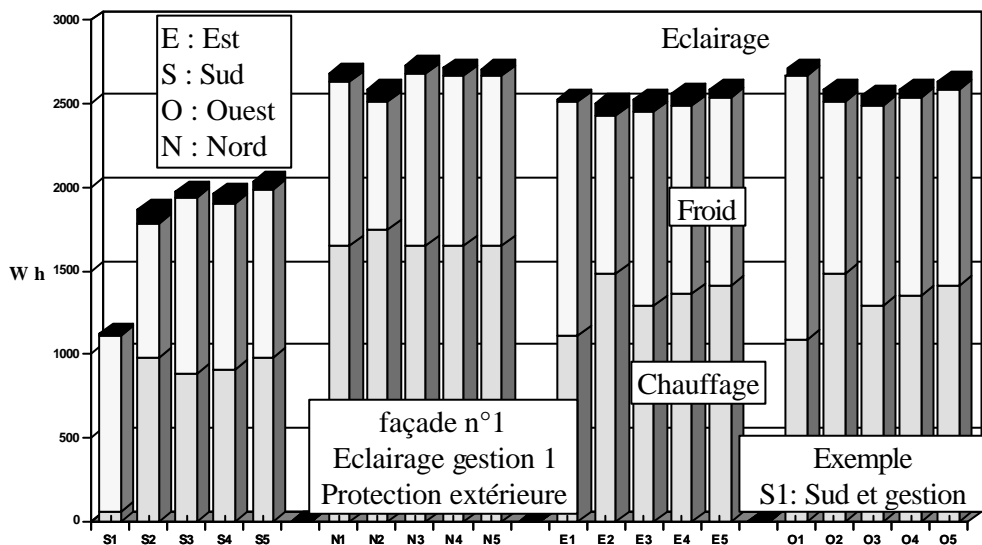


Fig. 3 : Consommation d'énergie suivant l'orientation et la gestion de la protection solaire (façade n°1, Eclairage gestion 1 et protection extérieure)

L'absence de protection conduit aux consommations de climatisation (chauffage + refroidissement) les plus élevées pour les directions Nord, Est et Ouest. La présence permanente de protection conduit aux consommations les plus faibles aux directions Nord, Est et Ouest. De plus, à mesure que la gestion se sophistique (cas 3, 4 et 5) les consommations de chauffage et de refroidissement évoluent peu pour la première façade.

Les consommations de chauffage augmentent peu alors que les consommations de refroidissement évoluent peu pour la deuxième façade. Cela est dû à la courte période d'occupation du bureau (de 8 h à 16 h). Il convient de noter que l'utilisation de protection a un effet moindre au Nord tant sur les consommations de refroidissement que sur les consommations de chauffage pour la première façade.

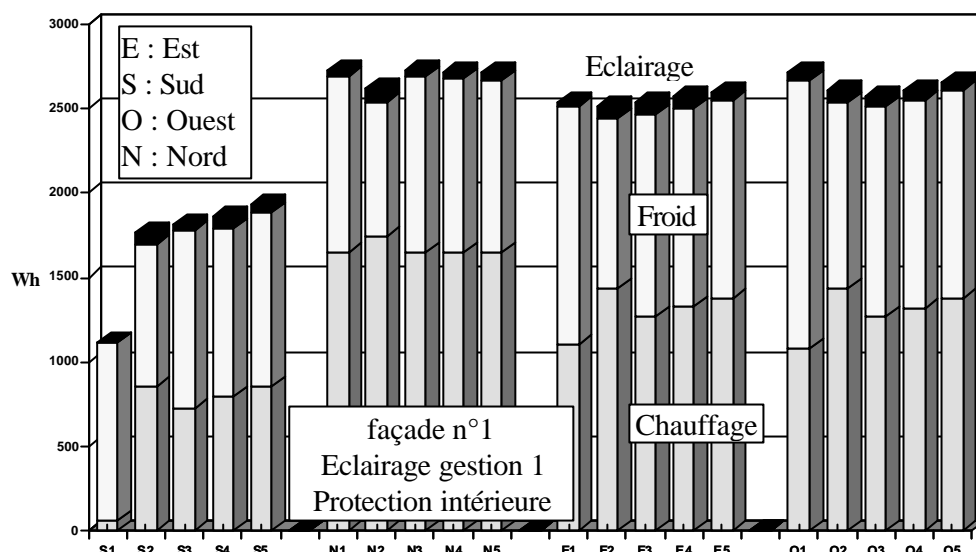


Fig. 4 : Consommation d'énergie suivant l'orientation et la gestion de la protection solaire (façade n°1, Eclairage gestion 1 et protection intérieure)

Pour cette direction, les gestions (3, 4 et 5) ont un effet négligeable (cela reste valable pour les autres directions en ce qui concerne la première façade). L'utilisation de protections solaires en permanence conduit à une consommation importante d'éclairage (les deux journées étudiées ensemble). Dans cette présente étude les trois types d'éclairage diffèrent peu. En plus, on doit tenir compte du prix des automatismes installés.

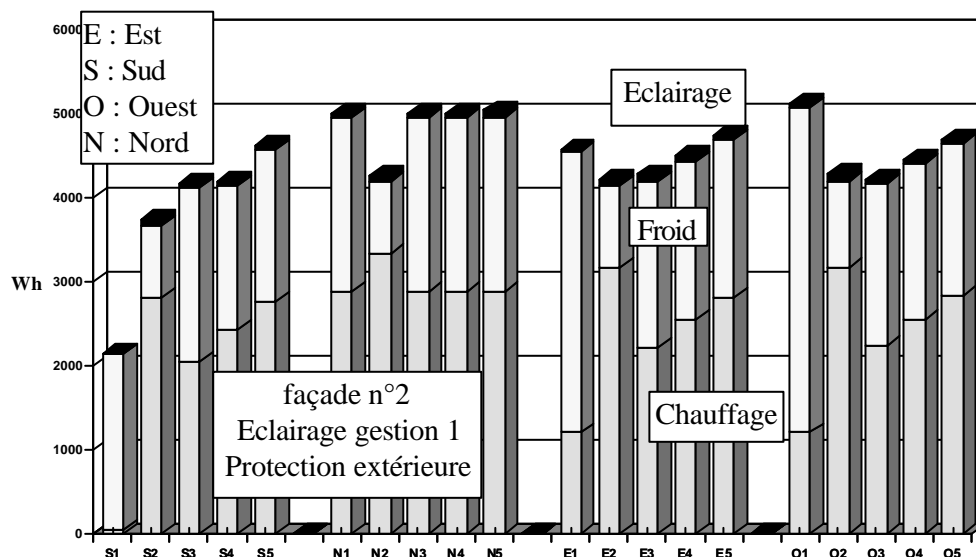


Fig. 5 : Consommation d'énergie suivant l'orientation et la gestion de la protection solaire (façade n°1, Eclairage gestion 1 et protection extérieure)

On conclut que pour l'été, on doit utiliser la deuxième gestion. En hiver de préférence on doit utiliser la gestion 1. Les consommations de chauffage sont faibles pour les façades sud et plus élevées

pour les façades nord. Les consommations pour les refroidissement sont plus élevées à l'est et à l'ouest. Elles sont faibles pour les façades nord.

Les protections solaires extérieures sont plus efficaces que les protections intérieure. Parce qu'elles réfléchissent le flux de chaleur rayonné avant qu'il traverse et pénètre dans le local. D'autre part le flux absorbé par la protection est presque entièrement dissipé par convection et par rayonnement vers l'environnement extérieur. Cela n'est pas le cas pour les stores intérieurs. Le deuxième type de façade consomme presque le double d'énergie que le premier type.

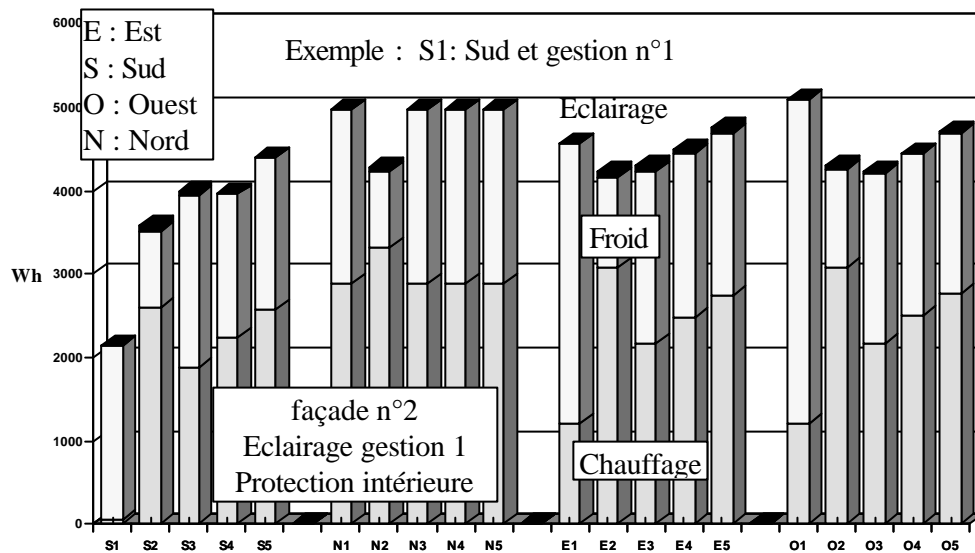


Fig. 6 : Consommation d'énergie suivant l'orientation et la gestion de la protection solaire (façade n°1, Eclairage gestion 1 et protection extérieure)

En fin pour cette présente étude, on conclut qu'il faut opter pour une façade sud et la gestion 1, ce qui correspond à la consommation globale d'énergie la plus faible.

#### 4. CONCLUSION

Les simulations effectuées nous ont permis d'apprécier l'influence des protections solaires sur les consommations d'énergie. On constate que chaque cas étudié est unique et que l'on ne peut tirer de règle générale. On voit bien, en particulier, l'influence de l'orientation des vitrages sur la variation des résultats. La façade sud et la gestion 1 sont les plus économiques dans notre région.

Dans notre pays, il vaut mieux opter pour des fenêtres des petites dimensions. Il reste à améliorer les types de gestion des protections solaires par des études de comportement plus approfondies. Il est nécessaire de poursuivre l'analyse des consommations globales sur une année et de simuler l'augmentation de la puissance d'éclairage. En fin il est très intéressant d'étendre cette étude pour d'autres types des locaux et de régions.

#### NOMENCLATURE

E : éclairement, W/m<sup>2</sup>

f : facteur tenant compte du type de la menuiserie

c : facteur solaire

I : intensité du rayonnement solaire, W/m<sup>2</sup>

$l_1$ : facteur de simultanéité	$K$ : coefficient d'échange global, $W/m^2.K$
$Q$ : flux de chaleur, $W$	$l_2$ : pourcentage de chaleur résiduelle
$S$ : surface, $m^2$	$R_s$ : rapport de surface ensoleillée
$n$ : nombre d'occupants	$N$ : taux de renouvellement d'air par heure
$R_o$ : rapport de surface ombré	$\alpha$ : coefficient d'échange par transmission, $W/m^2.K$
$T$ : température, $^{\circ}C$	$N_B$ : puissance totale de l'éclairage, $W$
$v$ : ventilation, vitrée	$m$ : coefficient d'amortissement
$A$ : intensité de l'éclairement hors atmosphère, $W/m^2$	

### Indices

$b$ : baie	$i$ : intérieure
$cor$ : corrigé	$l$ : latente
$dif$ : diffus	$m$ : moyen, mur
$dir$ : direct	$max$ : maximum
$e$ : éclairage, extérieur	$min$ : minimum
$gl$ : global	$s$ : sensible, ensoleillement
$h$ : homme	$tot$ : total
$v$ : ventilation, vitrée	

### REFERENCES

- [1] J. R. Millet et E. Fleury. "Protections solaires des baies vitrées". Clim. Chauffage Confort 4, 1996, pp 44-48
- [2] G. Porcher. Cours de climatisation. 6th Edition, Les éditions parisiennes CFP.
- [3] H. Rietschell et W. Raiss. Traité de chauffage et de climatisation. Bordas Edition, Paris, 1974, Tome 2, 676 p.
- [4] Cours de Combustion, chauffage et Climatisation, *TEC 376*. Institut de Mécanique - Université de Batna, Algérie
- [5] J. Robert et E. Fleury. Climatisation, Chauffage, Confort. PYC Edition.
- [6] M. Richard. Energie doute et certitudes. Edition Technique et Vulgarisation, 1979.
- [7] C. F. Muler. Nouveau Pohlmann. Manuel technique du froid. PYC Edition, 1991.
- [8] M. Capderou. Atlas solaire de l'Algérie, Aspect énergétique. EPEAU Edition, Tome 2.
- [9] R. Bernard et G. Menguy. Le rayonnement solaire, Conversion thermique et applications. Edition Technique et Documentation.
- [10] C. Chauiaquet. L'énergie solaire dans le bâtiment. Eyrolles Edition.
- [11] J. F. Sacadura. Initiation aux transferts thermiques. Edition Technique et Documentation, INSA de Lyon.



- [12] E. Neufert. Les éléments des projets de construction. Dunod Edition, 6th Edition.
- [13] H. G. Schumann. Bien débiter le Turbo Pascal 5. Edition Micro Application, 1989
- [14] D. Maille. Programmation en langage Pascal. Berti Edition, 1992.