

# Détermination Expérimentale du Facteur de Protection Solaire de Textiles Techniques Utilisés dans le Bâtiment

Eduardo Breviglieri Pereira de Castro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Juiz de Fora – Fac. de Engenharia / Engenharia de Produção  
UFJF : Campus Universitário S/N, Martelos, 36036-900, Juiz de Fora, MG, BRÉSIL  
[eduardo.castro@ufjf.edu.br](mailto:eduardo.castro@ufjf.edu.br)

---

*RESUME.* Cet article présente une méthode mise en oeuvre pour déterminer expérimentalement les facteurs de protection solaire de certains textiles techniques par rapport au spectre solaire total. Dans le texte, les points principaux de caractérisation des tissus utilisés dans les bâtiments sont présentés aussi comme la méthodologie de mesure utilisée pour la détermination des leurs comportements face au rayonnement solaire. Ensuite, les résultats des mesures sont montrés. Finalement, on présente une équation simplifiée pour calculer les facteurs de protection solaire pour les membranes étudiées dont les paramètres sont leurs caractéristiques constituantes. Cette équation peut être utilisée dans des codes de simulation thermique du bâtiment pour un calcul plus précis des charges solaires en présence de dispositifs constitués de textiles.

*MOTS-CLÉS :* textiles techniques, rayonnement solaire, expérimentation.

---

*ABSTRACT.* This article presents a work that was carried out to experimentally determine the solar protection factor of some technical textiles when submitted to solar radiation. In the text, the main points of characterization of these textiles used in buildings are presented. Also, the measurement methodology applied to determine the textiles behavior concerning the solar spectrum is exposed. Next, the experimental results are shown. Finally, a simplified equation for solar protection factor calculation of the studied membranes is presented, basing on their constituting characteristics. This equation may be used in thermal building simulation codes to assess a precise calculation of solar loads where architectural devices made of textiles are used.

*KEYWORDS :* technical textiles, solar radiation, experimentation.

---

## 1. INTRODUCTION

Principalement pendant l'été, la protection des ouvertures vitrées ou d'autres surfaces extérieures joue un rôle important sur les apports solaires et, ainsi, sur les conditions de confort thermique et de la consommation d'énergie du bâtiment.

Cette protection solaire peut être matérialisée sous forme de dispositifs comme des marquises et des toits textiles élaborés à partir de membranes (figure 1). Ces tissus font partie de ce qu'on appelle des textiles techniques, représentés généralement par des tissus denses et lourds.

Malgré le fait que l'application de ces matériaux est de plus en plus utilisée, la littérature scientifique est insuffisante en études sur leurs performances face au rayonnement solaire. En effet, la plupart des travaux versent sur la protection fournie par des textiles vulgaires par rapport au rayonnement UV, pour des raisons de santé humaine, comme Mall *et al* (2000) ou sur d'autres caractéristiques physiques, comme Razak *et al* (2004). Ainsi, à travers ces travaux, on sait déjà que la

pénétrabilité d'un tissu par les rayons solaires est influencée par sa construction (densité d'armature), sa constitution (le type de fibre), et sa couleur.



Figure 1 : exemples de marquise et toit en textile

Or, de plus en plus le comportement des bâtiments par rapport aux gains solaires est simulé grâce à des codes informatiques, dont la précision des paramètres d'entrées est très importante dans le résultat final des simulations. Ainsi, une caractérisation des matériaux utilisés, non seulement en termes de sa constitution, mais en termes de ses comportements physiques, est cruciale pour l'ingénieur concerné avec ce type de travail. C'est pour ces deux raisons, l'importance évidente de ces données et son inexistence dans la littérature, que cette recherche ici présentée se justifie.

## 2. CARACTERISATION DES TISSUS

Nous avons obtenu 12 échantillons de tissus pour les expérimentations. A chacun est associé un code numérique de trois chiffres, fixé par le fabricant. Selon leurs caractéristiques, on peut les classer en quatre types principaux de membranes :

- 1) des tissus qu'on peut décrire comme *monocouche*, composés d'une armature simple en acrylique, et dont la couleur est obtenue avec la pigmentation directe de la masse utilisée pour la fabrication des fibres. Ces tissus sont représentés, dans le tableau 1, par les codes 301, 305 et 314.
- 2) des tissus qu'on peut décrire comme *multicouches*, composés d'une armature simple en polyester revêtu de chaque côté d'une couche en PVC pigmenté et opaque. Dans le tableau 1, sont indiqués les échantillons 901, 907, 947, 604 et 625.
- 3) des tissus semblables au type précédent, mais en PVC semi translucide. Codes respectifs : 949 et 679.
- 4) des tissus une fois de plus comme le type 2, mais en PVC translucide ou semi-transparent. Codes : 506 et 658.

Concernant leurs caractéristiques physiques, par exemple, le poids, les tissus du type 1 sont beaucoup plus légers, étant donné qu'ils ont une seule couche – l'armature. Ainsi, leurs poids sont la moitié des autres types : 330g/m<sup>2</sup> et 650-700g/m<sup>2</sup>, respectivement. Autre paramètre important, l'épaisseur des matériaux ; elle est pratiquement la même pour toutes les membranes, en variant de 0,5mm (type 1) à 0,6mm (types 3 et 4). Les couleurs des échantillons peuvent être observées dans le tableau 1.

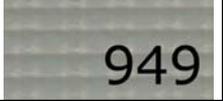
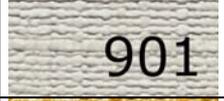
ASPECT VISUEL	COMPOSITION	ASPECT VISUEL	COMPOSITION
 301	TISSU ACRYLIQUE EN MASSE PIGMENTÉE OPAQUE POIDS : 330 g/m <sup>2</sup> ÉPAISSEUR : 0.5 mm	 604	PVC + TISSU POLYESTER + PVC OPAQUE POIDS : 700 g/m <sup>2</sup> ÉPAISSEUR : 0.6mm
 305	TISSU ACRYLIQUE EN MASSE PIGMENTÉE OPAQUE POIDS : 330 g/m <sup>2</sup> ÉPAISSEUR : 0.5 mm	 625	PVC + TISSU POLYESTER + PVC OPAQUE POIDS : 700 g/m <sup>2</sup> ÉPAISSEUR : 0.6mm
 314	TISSU ACRYLIQUE EN MASSE PIGMENTÉE OPAQUE POIDS : 330 g/m <sup>2</sup> ÉPAISSEUR : 0.5 mm	 949	PVC + TISSU POLYESTER + PVC SEMI-TRANSLUCIDE POIDS : 650 g/m <sup>2</sup> ÉPAISSEUR : 0.57mm
 901	PVC + TISSU POLYESTER + PVC OPAQUE POIDS : 700 g/m <sup>2</sup> ÉPAISSEUR : 0.6mm	 679	PVC + TISSU POLYESTER + PVC SEMI-TRANSLUCIDE POIDS : 650 g/m <sup>2</sup> ÉPAISSEUR : 0.57mm
 907	PVC + TISSU POLYESTER + PVC OPAQUE POIDS : 700 g/m <sup>2</sup> ÉPAISSEUR : 0.6mm	 506	PVC + TISSU POLYESTER + PVC TRANSLUCIDE POIDS : 650 g/m <sup>2</sup> ÉPAISSEUR : 0.57mm
 947	PVC + TISSU POLYESTER + PVC OPAQUE POIDS : 700 g/m <sup>2</sup> ÉPAISSEUR : 0.6mm	 658	PVC + TISSU POLYESTER + PVC TRANSLUCIDE POIDS : 650 g/m <sup>2</sup> ÉPAISSEUR : 0.57mm

tableau 1 : caractérisation technique des échantillons

### 3. LA METHODOLOGIE EXPERIMENTALE

L'instrument principal utilisé pour les expérimentations a été un photo-radiomètre Delta-Ohm modèle HD-2102.2, couplé avec une sonde radiométrique modèle LP471-RAD pour la mesure d'éclairement énergétique dans le domaine spectral 400nm-1055nm, du même fabricant (figure 2). Ce domaine de sensibilité de la sonde représente environ 75% de tout le rayonnement solaire.

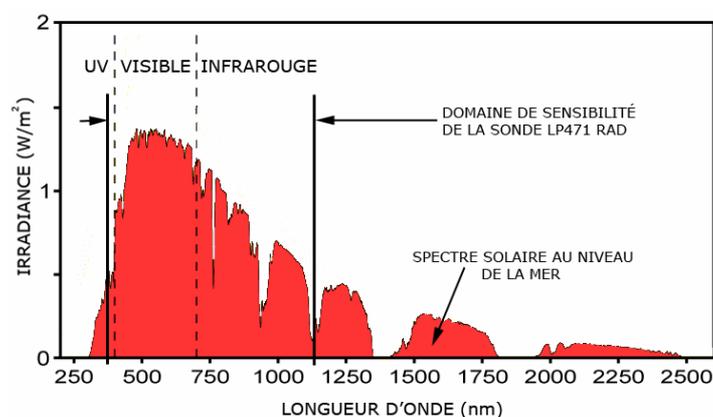


Figure 2 : sensibilité de la sonde LP471-RAD par rapport le spectre solaire total

La sonde a été fixée au point central inférieur d'une boîte présentant les dimensions suivantes : 200mm x 200mm x 100mm (longueur x largeur x hauteur). La boîte, par son fond, était attachée à un support du type trépied à tête réglable (figure 3). Cela a permis de mouvoir la boîte vers le soleil, quand cela était nécessaire, avec une précision suffisante pour obtenir un rayonnement normal à la sonde qui restait en son intérieur. En considérant la différence des hauteurs entre la boîte et la sonde, les mesures ont été obtenues avec les échantillons distants 50mm de cette dernière.

On a choisi de mettre en œuvre deux séries de mesures, la première sous rayonnement solaire direct et la deuxième avec rayonnement diffus, pour vérifier si les comportements étaient différents sous conditions de ciel couvert et dégagé.



*Figure 3 : ensemble utilisé pour les mesures*

Pour chaque échantillon, 6 mesures ont été faites, dans une période de temps la plus courte possible (quelques secondes). La première et la dernière ont été réalisées avec rayonnement solaire sans la présence d'échantillon sur la surface d'ensemble boîte-sonde. Les quatre mesures restantes, intermédiaires dans le temps, ont été faites avec la présence d'échantillon entre la source de rayonnement (soleil/ciel) et la sonde. A chacune de ces mesures, un point différent d'échantillon a été utilisé, en déplaçant ce dernier de quelques centimètres.

La transmittance solaire d'un matériau peut être obtenue comme simple rapport entre une mesure de rayonnement avec la présence et une deuxième sans la présence d'un échantillon. Comme le rayonnement solaire varie dans le temps, même quelques secondes, il faut compenser cette variation d'une façon qui nous permet d'obtenir des valeurs fiables pour les comparer avec plusieurs mesures intermédiaires. C'est pour cela que nous avons mesuré le rayonnement solaire juste avant et juste après les mesures des échantillons. L'approche a été de considérer la variation comme linéaire pendant la durée totale des mesures et, ainsi, pouvoir calculer des valeurs probables du rayonnement pour les mêmes moments que les mesures des échantillons ont été faites. Après, on a pu établir le rapport entre les résultats des tests des échantillons et ces valeurs calculées. La dernière étape a été de calculer la moyenne simple entre les quatre rapports obtenus. La figure 4 montre, graphiquement, un résumé de la démarche.

Finalement, on a calculé les facteurs de protection solaire simplement en soustrayant de l'unité, les transmittances moyennes des échantillons.

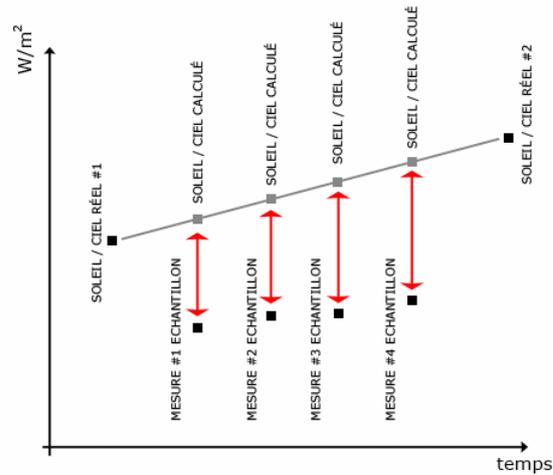


Figure 4 : schéma permettant de prendre en compte la variabilité temporelle du rayonnement solaire

#### 4. LES RESULTATS EXPERIMENTAUX

La première série de mesures a été mise en oeuvre le 16 mai 2008, de 15:00 à 16:00h. Ce jour là, le ciel se présentait totalement couvert. Les résultats expérimentaux peuvent être observés dans le tableau 2:

Code	Soleil/Ciel 1	Échantillon 1	Échantillon 2	Échantillon 3	Échantillon 4	Soleil/Ciel 2
314	38,980	7,558	7,624	7,665	7,685	40,750
305	55,080	0,037	0,038	0,060	0,048	64,630
301	81,590	24,630	24,340	24,180	24,160	81,420
947	53,750	0,097	0,097	0,095	0,100	59,860
901	59,810	0,147	0,152	0,142	0,138	46,300
907	44,240	0,061	0,054	0,058	0,058	46,980
949	45,590	1,522	1,509	1,469	1,442	41,000
604	40,900	1,227	1,238	1,147	1,154	42,080
625	40,580	0,108	0,095	0,180	0,182	34,510
679	38,620	0,017	0,017	0,016	0,015	38,970
658	39,470	12,750	13,098	15,109	15,725	46,750
506	46,310	9,715	9,444	9,373	9,220	41,560

tableau 2 : mesures ( $W/m^2$ ) obtenues sous conditions de ciel totalement couvert

De la même façon, une deuxième série de mesures a été mise en oeuvre le 20 mai, de 12h30 à 13h30, mais sous conditions de ciel dégagé. Les résultats correspondants sont montrés dans le tableau suivant :

Code	Soleil/Ciel 1	Échantillon 1	Échantillon 2	Échantillon 3	Échantillon 4	Soleil/Ciel 2
314	680,200	147,300	146,110	148,700	145,900	694,000
305	702,000	0,373	0,388	0,400	0,403	721,700
301	719,500	225,000	229,300	226,000	222,900	703,400
947	704,600	0,889	0,820	0,995	0,949	700,500
901	691,800	2,011	1,504	2,045	2,048	665,400
907	721,000	0,776	0,630	0,772	0,643	726,300
949	727,000	27,200	26,880	26,800	26,850	717,000
604	719,900	21,630	21,840	19,780	19,680	724,700
625	670,400	2,020	2,009	4,530	4,320	736,000
679	702,000	0,144	0,218	0,132	0,138	702,800
658	699,500	251,000	254,000	274,000	275,000	692,000
506	698,000	159,130	159,880	164,170	164,660	699,000

tableau 3 : mesures ( $W/m^2$ ) obtenues sous conditions de ciel dégagé

Avec ces mesures et en appliquant la méthodologie déjà explicité précédemment, il a été possible d'obtenir des facteurs de protection solaire des échantillons testés.

Code	Ciel Couvert (%)	Ciel Dégagé (%)	Moyenne (%)
314	80,9	78,6	79,8
305	99,9	99,9	99,9
301	70,2	68,3	69,3
947	99,8	99,9	99,9
901	99,7	99,7	99,7
907	99,9	99,9	99,9
949	96,6	96,3	96,5
604	97,1	97,1	97,1
625	99,6	99,5	99,6
679	100,0	100,0	100,0
658	67,2	62,1	64,7
506	78,5	76,8	77,7

tableau 4 : facteurs de protection solaire des échantillons

La synthèse des résultats est montrée dans le tableau 4 ci-dessus et mettent en évidence les remarques suivantes :

- 1) on aperçoit tout de suite que les transmittances sous conditions de ciel couvert et de ciel dégagé sont les mêmes, ce qui indique une isotropie des matériaux par rapport à la direction du rayonnement solaire.
- 2) les tissus qu'on a appelé *monocouche*, présentent la plus grande variabilité des valeurs de protection solaire, en montrant une forte corrélation entre la couleur et ces facteurs.
- 3) les tissus *multicouche* des types 2 et 3, par contre, présentent une faible différenciation et se montrent pratiquement 100% opaques au rayonnement solaire, avec n'importe quelle couleur de pigmentation.
- 4) les tissus *multicouche* du type 4, semi transparents, comme les tissus *monocouche*, présentent une certaine variabilité des valeurs de protection solaire et, ainsi, montrent une corrélation entre la couleur et le facteur de protection solaire.

## 5. ÉQUATION DE PREDICTION DES FACTEURS DE PROTECTION SOLAIRE

Si on considère que pour chaque type de tissu le matériel de l'armature et l'épaisseur restent égales, l'analyse précédente dénote que c'est la couleur du tissu qui reste le paramètre-clé pour prévoir le degré de protection concernant le rayonnement solaire. Alors, une équation qui se propose de modéliser mathématiquement ce comportement physique doit tenir compte de ce paramètre. Ainsi, il faut d'abord savoir décrire une couleur, ce qui peut être fait de façon simple par sa décomposition en plusieurs composantes. On propose, dans ce travail, d'utiliser le schéma RGB (*Red-Green-Blue*), où chaque couleur est considérée comme une mixture de Rouge, Vert et Bleu. L'univers des couleurs établi avec ce schéma dépend de la quantité de niveaux utilisé pour décrire chaque composante. La majorité des dispositifs informatiques, par exemple, utilisent 256 niveaux pour les rouges, les verts et les bleus. L'univers de couleurs est alors calculé comme la combinaison :

$$256(\text{rouges}) \times 256(\text{verts}) \times 256(\text{bleus}) = 16.777.216 \text{ différentes couleurs.}$$

où la combinaison des composantes [0,0,0] représente le noir et la [255,255,255], par contre, représente le blanc. Cela résolu, reste encore le problème de rapporter les différentes couleurs aux différentes transmittances observées pour les tissus. On propose, dans ce travail, une approche simple basée sur une régression linéaire où les variables indépendantes sont les composantes RGB des couleurs de chaque échantillon et la variable dépendante le facteur de protection solaire du matériau, obtenu expérimentalement, ce qui semble très raisonnable. L'équation ainsi déterminée prend la forme:

$$\text{FPS} = \alpha R + \beta G + \gamma B + \delta \quad [1]$$

où FPS représente le facteur de protection solaire (en pourcentage), R, G et B les composantes rouge, vert et bleu de la couleur originale dans l'espace RGB et  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , et  $\delta$  les coefficients déterminés par la procédure de régression.

Ces calculs ont été mis en œuvre pour les tissus du type 1 *monocouche* en acrylique (codes 301, 305 et 314) et pour les tissus du type 4, *multicouche* en PVC translucide ou demi-transparent (codes 506 et 658). Pour les autres échantillons de tissus *multicouche* en PVC opaque, on a supposé, dans ce travail, qu'ils présentent un tel facteur de protection - toujours supérieur à 96% -, qu'ils doivent être considérés, dans la pratique, comme imperméables au rayonnement solaire.

Ainsi, après les régressions calculées, on obtient :

- pour les tissus type 1 :  $\alpha = -0,15$  ;  $\beta = -0,020$  ;  $\gamma = -0,020$  ;  $\delta = 103$  ; et
- pour les tissus type 4 :  $\alpha = -0,20$  ;  $\beta = -0,025$  ;  $\gamma = -0,025$  ;  $\delta = 90$  ;

ce qui nous donne, comme équations :

$$\text{FPS}_{\text{type 1}} = -0,15.R - 0,020.G - 0,020.B + 103 \quad \text{et} \quad [2]$$

$$\text{FPS}_{\text{type 4}} = -0,20.R - 0,025.G - 0,025.B + 90 \quad [3]$$

## 6. CONCLUSIONS

Face à l'importance du rayonnement solaire dans les performances thermiques des bâtiments, les expérimentations mises en œuvre et les équations [1] et [2] de prédiction obtenues représentent une contribution aux procédés quotidiens de simulation du bâtiment.

Toutefois, reste encore non résolu le problème de rapporter l'influence de la constitution du matériau dans la performance des membranes testées. Pour surmonter cette question, il faut comparer des tissus semblables en termes d'armature et de couleur et calculer de nouvelles corrélations, ce qui n'a pas été possible avec les échantillons disponibles. Nous laissons ces études pour de futures recherches.

## 7. REMERCIEMENTS

Nous remercions l'entreprise TD S/A INDÚSTRIA E COMÉRCIO pour sa collaboration en fournissant les échantillons de textiles soumis aux expérimentations.

**8. BIBLIOGRAPHIE**

DeltaOhm (2004) « *Manuel d'utilisation du photo-radiomètre HD2101.2.* » (HD2102.1-.2\_M\_01-04-2005\_1\_fr.pdf). Téléchargé de <http://www.deltaohm.com>.

Mall, H. Nef, U. (2000) « *Les tissus protègent des rayons nocifs* » *Weavers's Digest*, n° 1, p.4-6.

Razak, H.A., Chua, C.S., Toyoda, H. (2004) « *Weatherability of coated fabrics as roofing material in tropical environment* ». *Building and Environment*, n° 39, p. 87-92.