

**Mesure de l'albédo et de l'émissivité d'échantillons, calcul du SRI selon
ASTM-E1980 avant et après vieillissement de 4000h
Pour la société
Peinture DANIEL
ZI La Plaine du Caire III N°302
13830 ROQUEFORT LA BEDOULE
Mail : peintures-daniel-gn@orange.fr
Tel: 04.42.73.37.52**

Ce rapport présente les résultats des caractérisations effectuées sur des échantillons de peinture réalisés par THEMACS Ingénierie selon les préconisations de la société Peintures DANIEL. Ces caractérisations ont été faites avant et après vieillissement de 4000h sous UV selon la norme ISO 16474-3 Méthode A, cycle 2 - 4000 heures. Ce vieillissement est équivalent à l'exposition au soleil sur une durée de 20 ans.

L'albédo est calculé selon la préconisation de la norme ASTM E903 (Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres). Cette norme est similaire à la norme NF EN 4593 (Série aérospatiale - Peintures et vernis - Détermination de l'absorption solaire). L'albédo de l'échantillon est ensuite calculé en pondérant les valeurs de réflectance à chaque longueur d'onde par le spectre de rayonnement solaire tel que défini dans la norme ASTM-G173. Dans ces normes, le calcul de l'albédo nécessite l'utilisation des données spectrales dans la bande allant de 280 nm à 2500 nm.

L'émissivité à température ambiante a été mesurée par l'émissomètre EM4. Cette mesure est conforme à la norme ASTM E408.

Le calcul du SRI (Solar Reflectance Index) a été effectué avec les mesures de l'albédo et de l'émissivité selon la norme ASTM-1980 pour trois valeurs de coefficient d'échange convectif.

- Dates des essais : 23/08/2023
- Nom de l'opérateur : Jean-Pierre Monchau/ Léo Raoult
- Eléments d'informations supplémentaires (voir l'Article 9 NF-EN 4593) : Néant
- Ecart par rapport à la méthode d'essai spécifiée (NF-EN 4593, ASTM E903, ASTM-1980): Néant

I. Dispositifs de mesure

I.1 Mesures d'albédo :

Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un spectromètre UV-visible Lambda750[®] de marque Perkin-Elmer (figure 1). La sphère intégrante est incluse dans le dispositif de mesure du spectromètre pour permettre des mesures de réflectance spectrales directionnelles hémisphériques. La bande spectrale utile est de 200 nm à 2500 nm. Deux détecteurs sont utilisés : un photomultiplicateur et un détecteur PbS.



Figure 1 : vues du spectromètre UV-Visible-NIR Perkin-Elmer Lambda 750[®] et de sa sphère intégrante

I.2 Mesures d'émissivité :

Les mesures d'émissivité totale directionnelle sont effectuées grâce à l'émissomètre EM4 [4]. Ce dispositif permet de réaliser des mesures de réflectance hémisphérique-directionnelle. La bande spectrale utile est de 1 μm à 50 μm .

II. Caractérisation de l'albédo

Les échantillons ont été placés sur le port « sample » de la sphère intégrante. Un échantillon de référence (SpectralonTM) a été utilisé pour la calibration en réflectance du spectromètre. Les mesures sont effectuées de 2500 nm à 200 nm par pas de 5 nm.

L'albédo de l'échantillon est ensuite calculé en pondérant les valeurs de réflectance à chaque longueur d'onde par le spectre de rayonnement solaire tel que défini dans la norme ASTM-G173. Ce spectre est présenté sur la figure 2. Dans cette norme, le calcul de l'albédo nécessite l'utilisation des données spectrales dans la bande allant de 280 nm à 2500 nm.

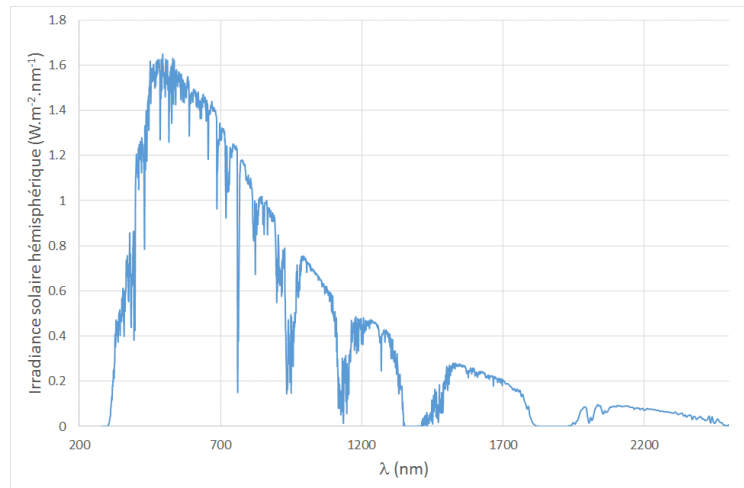


Figure 2 : Irradiance solaire hémisphérique telle que définie dans la norme ASTM-G173

II. Caractérisation de l'émissivité

Les lois de Kirchhoff permettent de relier la réflectivité directionnelle-hémisphérique ρ'^n , le coefficient de transmission spectral τ' , l'absorptivité α' et l'émissivité directionnelle ε' , toutes ces grandeurs étant ici des grandeurs spectrales (ou monochromatiques) :

$$\begin{cases} \alpha' + \tau' + \rho'^n = 1 \\ \alpha' = \varepsilon' \end{cases} \quad (1)$$

L'émissivité spectrale directionnelle ε' est donc calculée à partir de la relation suivante à partir des mesures de ρ'^n et de τ' :

$$\varepsilon' = 1 - \tau' - \rho'^n \quad (2)$$

Lorsque l'échantillon caractérisé est opaque, ce qui est le cas des échantillons testés, le coefficient de transmission spectral τ' est nul et l'on obtient donc :

$$\varepsilon' = 1 - \rho'^n \quad (3)$$

Ces relations s'appliquent aussi aux valeurs totales.

Détermination de l'émissivité totale hémisphérique

On mesure fréquemment pour des questions de facilité technique l'émissivité directionnelle pour la direction quasi normale. Dans le cas présent il est nécessaire d'obtenir l'émissivité hémisphérique. Celle-ci est l'intégration sur l'ensemble des angles solides utile de l'émissivité directionnelle. On déduit l'émissivité hémisphérique de l'émissivité directionnelle quasi normale. Ce calcul est possible théoriquement pour les diélectriques lisses de diélectriques car l'émissivité ne dépend que de l'indice normal. Les valeurs du tableau 1 sont issues de la norme ISO 12898. D'autres sources bibliographiques [1,2] donnent des valeurs similaires à celles présentes dans le tableau 1.

normal spectral emissivity	0.03	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.89
Ratio $\varepsilon/\varepsilon_n$	1.22	1.18	1.14	1.1	1.06	1.03	1	0.98	0.96	0.95	0.94

Tableau 1: Facteurs permettant de calculer l'émissivité totale hémisphérique à partir de l'émissivité totale directionnelle pour une surface diélectrique lisse
Suivant ISO-12898

III. Résultats

L'albédo et l'absorbance solaire ont été calculées à partir de la réflectance spectrale et les résultats sont présentés dans le tableau 2. Les résultats des mesures d'émissivité sont présentés dans le tableau 2. Le tableau 2 montre les mesures avant et après vieillissement.

	F102 avant vieillissement	F102 après vieillissement
Albédo	0.884	0.880
solar absorbance	0.116	0.120
Emissivité directionnelle	0.952	0.921
Emissivité hémisphérique	0.897	0.893

Tableau 2 : Albédo et émissivité des échantillons avant et après vieillissement.

Le SRI (Solar Reflectance Index) se calcule selon la norme ASTM E-1980 et rend compte de la capacité d'une surface à protéger de l'échauffement du au rayonnement solaire. Le SRI se calcule suivant trois niveaux de vent qui détermine trois niveaux de coefficient de convection :

0 à 2 m.s⁻¹ : $h_c = 5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

2 à 6 m.s⁻¹ : $h_c = 12 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

6 à 10 m.s⁻¹ : $h_c = 30 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

L'ensemble des résultats et des calculs de SRI sont reportés dans le tableau 4.

Les incertitudes concernant ces moyennes n'ont pas été calculées selon la méthode de propagation habituelle mais selon les données de la littérature [3]. 1% d'incertitude sur l'albédo entraîne 1.4% d'incertitude sur le SRI. 1% d'incertitude sur l'émissivité entraîne 0.6% d'incertitude sur le SRI. L'incertitude sur l'albédo est de 2% et sur l'émissivité sont de 1% [4]. La somme quadratique (selon le GUM [5]) donne une incertitude sur le SRI de : 3.1%

	F102 avant vieillissement	F102 après vieillissement
SRI-5	112	111
SRI-12	112	111
SRI-30	112	111

Tableau 4 : Valeur du SRI des échantillons avant et après vieillissement.

Les incertitudes sur les mesures étant de 3.1%, soit 3.4 point de SRI, on peut considérer que le vieillissement n'affecte pas la valeur du SRI.

Données bibliographiques:

[1] W. Sabuga, R. Todtenhaupt, Technical report "Bilateral intercomparison of total hemispherical emissivity and normal spectral emissivity measurements at BNM-LNE and PTB - PTB results", May 1999)

[2] BNM-LNE, PTB, Euromet final report n° 516, Intercomparison of total hemispherical and normal spectral emissivity measurements, Euramet (2000)

[3] Akbari, H., R. Levinson, and P. Berdahl, "ASTM Standards for Measuring Solar reflectance and Infrared Emittance of Construction Materials and Comparing their Steady-State Surface Temperatures," *Proceedings of the ACEEE 1996 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Vol. 1, p. 1*, Pacific Grove, CA, August 1996

[4] Comparative study of radiometric and calorimetric methods for total hemispherical emissivity measurements, Jean-Pierre Monchau, Jacques Hameury, Patrick Ausset, Bruno Hay, Laurent Ibos & Yves Candau, *Heat and Mass Transfer, Wärme- und Stoffübertragung* ISSN 0947-7411, Heat Mass Transfer DOI 10.1007/s00231-017-2238-6

[5] GUM 1995, Evaluation of measurement data - A guide to the expression of uncertainty

Fait à Champs sur Marne, le 24 août 2023

