

Mesure de l'albédo, de l'émissivité et calcul du SRI selon la préconisation de la norme ASTM E1980

Pour la société RICHARD

Représenté par : Cédric Vion

Société

Tel : 03.20.00.18.97

Mail : cedric.vion@colorants-richard.com

Ce rapport présente les résultats des caractérisations effectuées sur des échantillons fournis par la société ENGIE Lab – Laborelec

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 EM5. Cette mesure est conforme à la norme ASTM E408.

- Dates des essais : Le 4 janvier 2024 et le 12 janvier 2024
- Nom de l'opérateur : Léo Raoult et Jean-Pierre Monchau
- Ecart par rapport à la méthode d'essai spécifiée (ASTM E903): Néant
- Ecart par rapport à la méthode d'essai spécifiée (ASTM E408): Néant

I. Dispositifs de mesure

I.1 Mesures d'albédo :

Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un spectromètre UV-visible Lambda1050[®] de marque Perkin-Elmer. La sphère intégrante est incluse dans le dispositif de mesure du spectromètre pour permettre des mesures de réflectance et transmittance spectrales directionnelles hémisphériques. La bande spectrale utile est de 200 nm à 2500 nm. Deux détecteurs sont utilisés : un photomultiplicateur et un détecteur PbS.

I.2 Mesures d'émissivité :

Les mesures d'émissivité totale directionnelle sont effectuées grâce à l'émissomètre EM5. 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 (Spectralon[™]) 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 1. Dans cette norme, le calcul de l'albédo nécessite l'utilisation des données spectrales dans la bande allant de 280 nm à 2500 nm.

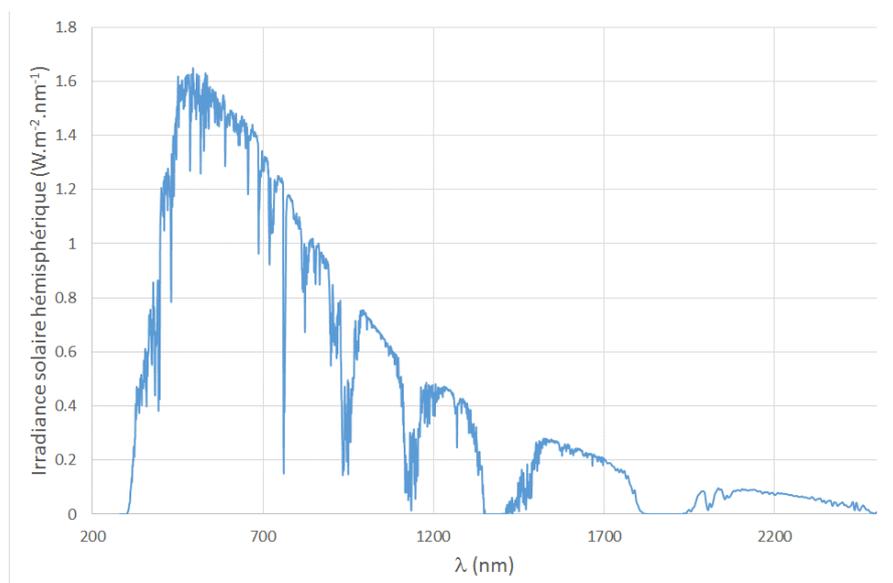


Figure 1 : Irradiance solaire hémisphérique telle que définie dans la norme ASTM-G173

III. 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 dioptries lisse 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

IV. 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. Sur le béton l'hétérogénéité a imposé de faire plusieurs spectres. L'écart-type sur ces mesures est de 3.5%. Les résultats des mesures d'émissivité sont présentés dans le tableau 2.

	HD512 Blanche	HD547 Ton pierre RAL 1015	HD445 RAL7016
Albédo	0.823	0.666	0.210
solar absorbance	0.177	0.334	0.790
Emissivité directionnelle	0.948	0.948	0.943
Emissivité hémisphérique	0.897	0.897	0.892

Tableau 2 : Albédo et émissivité des revêtements

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 W·m⁻²·K⁻¹
- 2 à 6 m.s⁻¹ : h_c=12 W·m⁻²·K⁻¹
- 6 à 10 m.s⁻¹ : h_c=30 W·m⁻²·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%

	HD512 Blanche	HD547 Ton pierre RAL 1015	HD445 RAL7016
SRI-5	103	81	19
SRI-12	103	82	20
SRI-30	103	82	21

Tableau 3 : Valeur du SRI des revêtements.

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 12 janvier 2024

