Propriétés optique et thermique du polycarbonate pour son utilisation dans un panneau solaire hybride avec concentrateur

Domingo De Sousa Meneses, Patrick Echegut, Pierre-Olivier Logerais, Olivier Riou, Fabien Delaleux, D. Vacher, Olena Iurevych, Sergii Gubin, Philippe Guibert, Michel Dudeck

▶ **To cite this version:**

Domingo De Sousa Meneses, Patrick Echegut, Pierre-Olivier Logerais, Olivier Riou, Fabien Delaleux, et al.. Propriétés optique et thermique du polycarbonate pour son utilisation dans un panneau solaire hybride avec concentrateur. JITH 2015, Journées Internationales de Thermique - JITH, Oct 2015, Marseille, France. hal-04138028

HAL Id: hal-04138028
https://hal.u-pec.fr/hal-04138028

Submitted on 22 Jun 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

17èmes Journées Internationales de Thermique (JITH 2015)
Marseille (France), 28 - 30 Octobre 2015

Propriétés optique et thermique du polycarbonate pour son utilisation dans un panneau solaire hybride avec concentrateur

Domingos DE SOUSA MENESES[1], Patrick ECHEGUT[1],
Pierre-Olivier LOGERAIS[2], Olivier RIOU[2], Fabien DELALEUX[2],
Damien VACHER[3]
Olena IUREVYCH[4], Sergii GUBIN[5], Philippe GUIBERT[4], Michel DUDECK[4]

[1]Conditions Extrêmes et Matériaux : Haute Température et Irradiation - CNRS UPR3079,
45071 Orléans cedex 2, France
[2]CERTES, IUT de Sénart – Fontainebleau Département Génie Industriel et Maintenance (GIM),
rue Georges Charpak, 77567 Lieusaint cedex, France
[3]Institut Pascal UMR 6602, CNRS-UBP-IFMA, UdA, Clermont Université, Clermont-Ferrand, France
[4]Institut Jean le Rond d'Alembert, Université Pierre et Marie Curie et CNRS, UMR9061
4 place Jussieu 75005 Paris / 2 place de la Gare de ceinture 78210 Saint Cyr l'Ecole, France
[5]National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute"
17, Tchkalova st, Kharkiv, 61070, Ukraine

desousa@cnrs-orleans.fr, echegut@cnrs-orleans.fr
logeraispo@gmail.com, fabien.delaleux@u-pec.fr, olivier.riou@u-pec.fr
Damien.Vacher@univ-bpclermont.fr
***Olena.iurevych@upmc.fr**, gubinsv@d4.khai.edu, philippe.guibert@upmc.fr,*
michel.dudeck@heywood.dalembert.upmc.fr

Résumé : La modélisation thermique et énergétique d'un capteur solaire hybride nécessite de connaître les coefficients optiques et thermiques des différents éléments du capteur. Le polycarbonate est proposé comme couverture de protection du capteur solaire hybride. Le facteur de transmission globale du polycarbonate dans la gamme du domaine visible de 400 nm à 900 nm a été mesuré. Les facteurs de transmission, de réflexion et d'absorption ont été mesurés pour une longueur d'onde allant de 0,4 µm à 25 µm. A partir des résultats, l'indice de réfraction et le coefficient d'extinction ont été calculés. L'émissivité du polycarbonate à basse température a été mesurée pour la gamme spectrale allant de 8 µm à 14 µm. Les valeurs obtenues seront utilisées ultérieurement dans la modélisation thermique du capteur solaire hybride avec concentrateur.

Mots clés : capteur solaire hybride, polycarbonate, facteurs optiques, émissivité

1. Introduction

Un capteur solaire hybride permettant d'optimiser l'utilisation du rayonnement solaire est décrit [1,2]. Le polycarbonate monolithe, un des éléments du capteur joue un rôle important dans le fonctionnement du capteur. Les propriétés optiques (le facteur de transmission, de réflexion, d'absorption, l'indice de réfraction et le coefficient d'extinction) de ce matériau ont une grande influence sur les échanges thermiques et la quantité du rayonnement reçue par le système photovoltaïque et thermique dans un capteur solaire hybride avec concentrateur. En fonction de propriétés optique et thermique du polycarbonate, les caractéristiques du capteur comme la puissance et les rendements électrique et thermique varient [3]. Les trois facteurs de transmission, de réflexion et d'absorption montrent la capacité d'un matériau à transmettre, réfléchir et absorber de l'énergie. Deux dispositifs optiques ont été utilisés pour mesurer ces paramètres. Le facteur de transmission globale a été obtenu en enregistrant le flux émis par une lampe après avoir traversé un échantillon de polycarbonate constituant la protection du capteur et utilisé aussi comme guide d'onde dans une gamme spectrale allant du visible au proche infrarouge. Cette mesure a été effectuée à l'Université de Clermont-Ferrand. Les facteurs de transmission et de réflexion en fonction de la longueur d'onde ont été obtenus en utilisant le spectromètre VERTEX 80v Vacuum Spectrometer au laboratoire Conditions Extrêmes et Matériaux : Haute Température et Irradiation du CNRS à Orléans. Après avoir mesuré les facteurs de transmission et de réflexion, le facteur

d'absorption a été calculé en utilisant la loi de conservation d'énergie. L'émissivité a été mesurée au laboratoire CERTES de l'IUT à Sénart en utilisant la méthode radiométrique périodique.

2. Capteur solaire hybride

Le capteur solaire hybride comprend deux plaques de polycarbonate (l'une est utilisée comme protection, du capteur, l'autre comme support de l'hologramme), un concentrateur holographique du rayonnement solaire, un panneau photovoltaïque et un échangeur thermique. Le rayonnement solaire est reçu sur la surface de la première plaque plane en polycarbonate réfléchissant la partie UV du spectre solaire. Le rayonnement traverse cette plaque (figure 1) et arrive sur un film holographique (H).

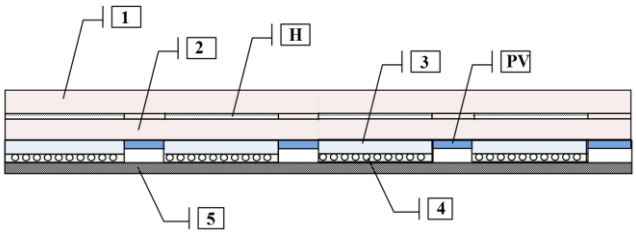


Figure 1 : Schéma du capteur solaire hybride avec concentrateur holographique, 1. Polycarbonate monolithe guide d'onde, 2. Polycarbonate monolithe, H. feuille holographique, 3. Absorbeur 4. Tube de cuivre pour le fluide caloporteur, PV. Cellules photovoltaïques 5. Calorifugeage.

La partie visible et proche infrarouge du rayonnement solaire est réfléchie par les éléments holographiques puis canalisée dans la première plaque en polycarbonate faisant office de guide d'onde avant d'arriver après réflexions multiples sur les cellules photovoltaïques (PV).

Un concentrateur holographique est placé sous la première feuille de polycarbonate et au-dessus d'une seconde feuille aussi en polycarbonate. Les feuilles holographiques et les cellules photovoltaïques sont réparties de manière à former un damier. La partie infrarouge du spectre solaire traverse les éléments holographiques et son énergie est utilisée dans un échangeur thermique (3, absorbeur) permettant le chauffage d'un fluide caloporteur (4). La séparation en longueur d'onde réalisée par l'hologramme permet de diminuer la température des cellules photovoltaïques en dirigeant la partie infrarouge du rayonnement vers l'absorbeur et permet donc d'augmenter leur rendement [4].

3. Facteur de transmission optique du polycarbonate dans le domaine de longueur d'onde de 400 nm à 900 nm

Les mesures de facteur de transmission ont été réalisées dans les gammes spectrales du visible et du proche infrarouge car ce domaine est utilisé par les cellules photovoltaïques pour la production de l'électricité. Le facteur de transmission du polycarbonate et celui de deux matériaux choisis pour effectuer une comparaison ont été mesurés au à l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand. Les mesures ont été réalisées avec une lampe étalon émettant un rayonnement dans la gamme du visible (lampe à ruban de tungstène Philips 6002E) et une fibre conduisant le flux transmis vers la fente d'entrée d'un spectromètre Chromex 500IS (montage de type Czerny-Turner) ayant une distance focale de 500 mm.

La figure 2 présente les spectres enregistrés en utilisant la lampe tungstène, sans plaque entre la lampe et la fibre, puis avec insertion de la plaque de polycarbonate. Les enregistrements ont été réalisés pour les fenêtres spectrales suivantes : 400-500 nm, 500-600 nm, 600-700 nm, 700-800 nm, 800-900 nm. Les émissions dans les gammes de longueur d'onde sont présentées en couleurs différentes sur la figure 2.

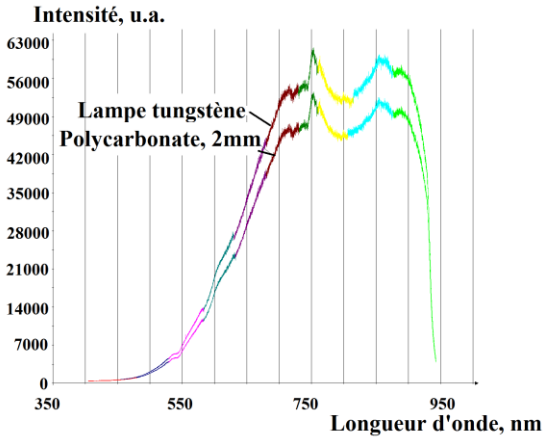


Figure 2 : Spectres enregistrés sans plaque de polycarbonate (lampe tungstène seule) et avec la plaque de polycarbonate (2 mm)

Le facteur de transmission en fonction de la longueur d'onde est présenté sur la figure 3, il vaut en moyenne 0,873 dans toute la gamme spectrale considérée, il est décroissant de 400 nm à 550 nm, puis il est ensuite sensiblement constant.

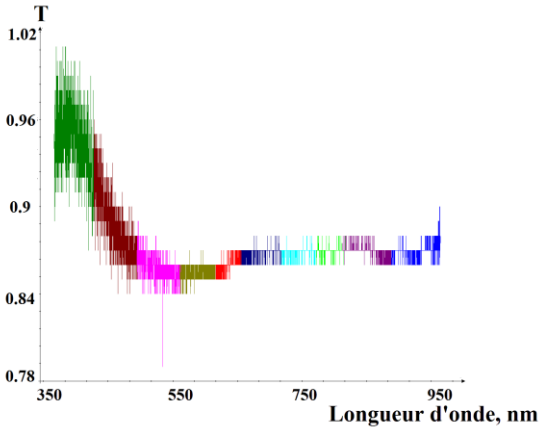


Figure 3 : Facteur de transmission du polycarbonate (2 mm) en fonction de la longueur d'onde

Les propriétés du polycarbonate ont été comparées à celles du verre et du plastique. La figure 4 présente les signaux enregistrés avec la lampe à ruban de tungstène seule puis avec successivement deux plaques de verre, l'une de 2 mm, l'autre de 4 mm. Les enregistrements ont été réalisés pour les mêmes fenêtres spectrales que précédemment : 400-500 nm, 500-600 nm, 600-700 nm, 700-800 nm, 800-900 nm.

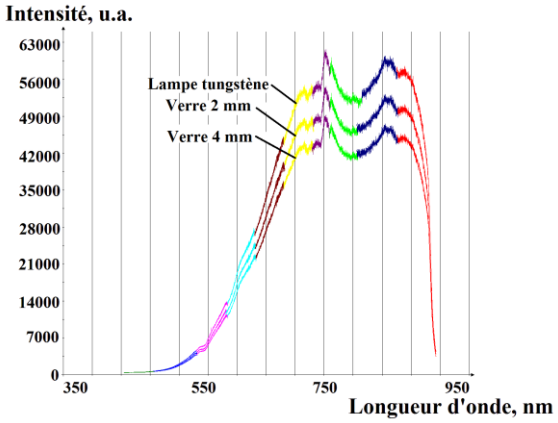
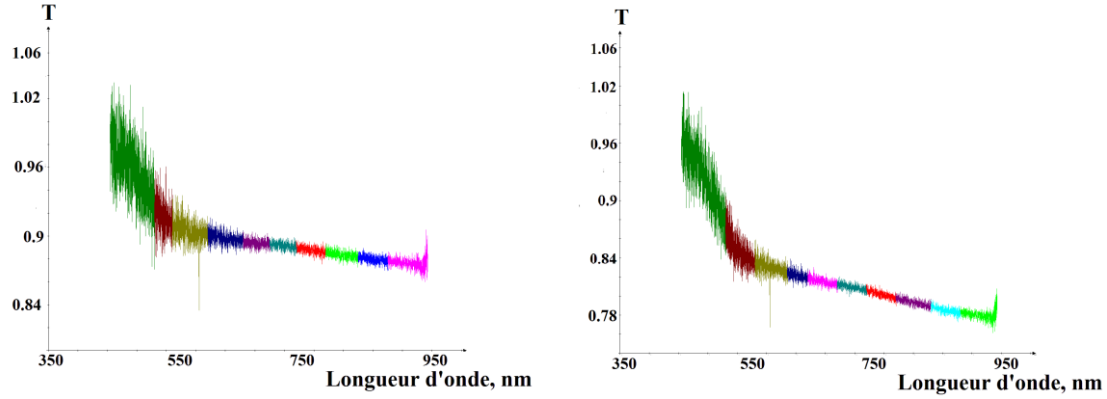


Figure 4 : Spectres enregistrés sans plaque (lampe seule) et avec des plaques de verre de 2 mm et de 4 mm

Les figures 5a et 5b montrent l'évolution du coefficient de transmission en fonction de la longueur d'onde. Il vaut en moyenne 0,89 pour le verre d'épaisseur 2 mm et 0,82 pour le verre de 4 mm, dans toute la gamme spectrale considérée.



a) b)

Figure 5 : Facteur de transmission du verre en fonction de la longueur d'onde pour une épaisseur de verre a) 2 mm, b) 4 mm

La figure 6 présente l'intensité enregistrée avec la lampe à ruban de tungstène seule puis successivement avec deux plaques de plastique (polystyrène), l'une de 2 mm d'épaisseur, l'autre de 4 mm. Les enregistrements ont été réalisés avec les fenêtres mêmes spectrales : 400-500 nm, 500-600 nm, 600-700 nm, 700-800 nm, 800-900 nm.

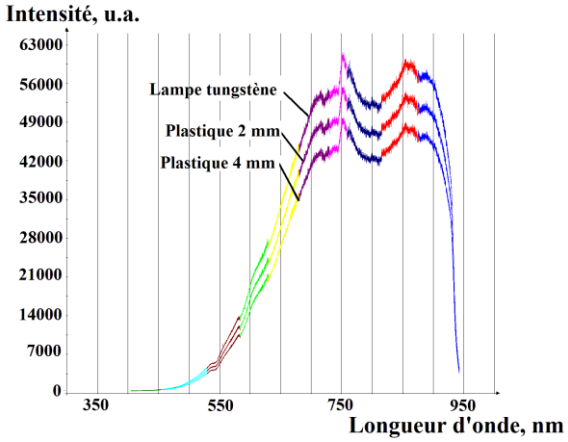
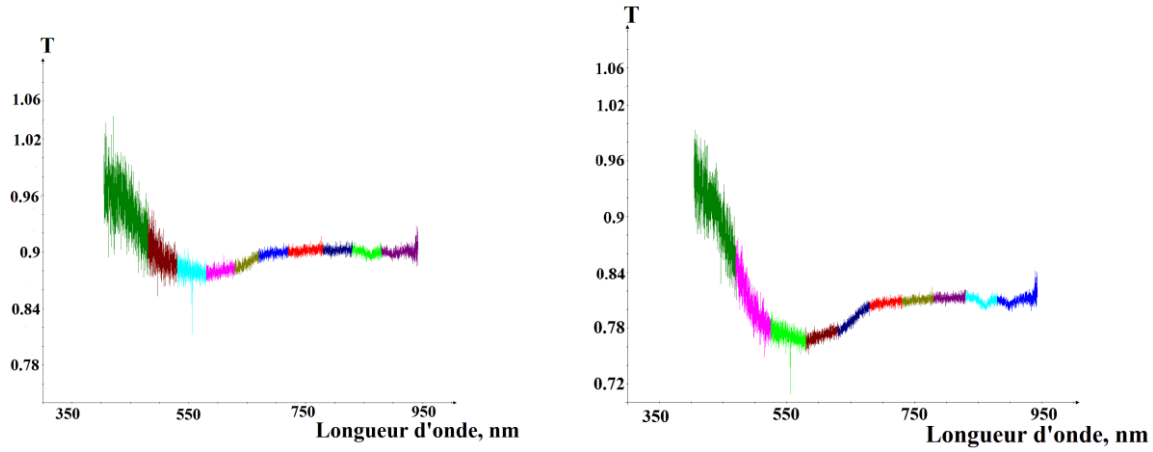


Figure 6 : Spectres enregistrés sans plaque et avec la plaque de plastique de 2 mm et de 4 mm

Les figures 7a et 7b montrent l'évolution du coefficient de transmission en fonction de la longueur d'onde. En moyenne, dans toute la gamme spectrale considérée, il est de 0,89 pour le verre ayant une épaisseur de 2 mm et 0,80 pour 4 mm d'épaisseur.



a) b)

Figure 7 : Facteur de transmission du plastique en fonction de la longueur d'onde pour une épaisseur de plastique a) 2 mm, b) 4 mm

Les résultats des mesures du facteur de transmission des différents matériaux sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Coefficients de transmission moyens du polycarbonate, du verre et du plastique

	Polycarbonate 2 mm	Verre 2 mm	Verre 4 mm	Plastique 2 mm	Plastique 4 mm
T	0,873	0,897	0,82	0,896	0,80

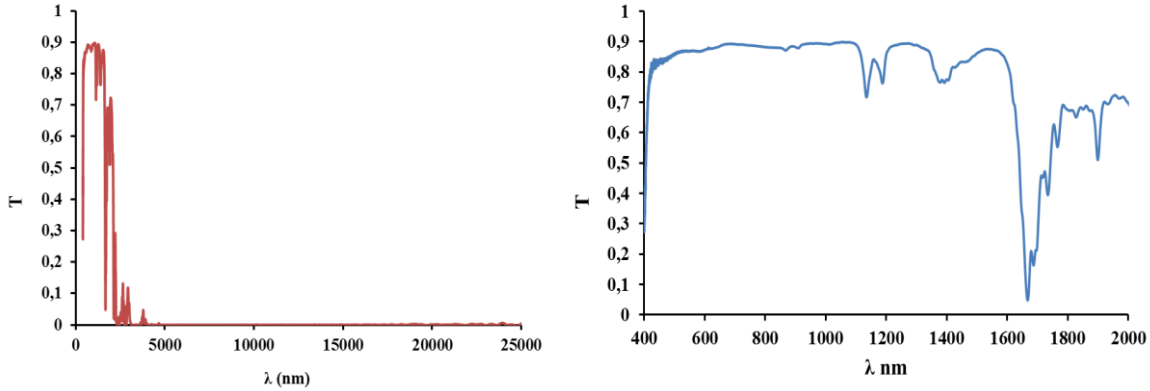
Même si le coefficient de transmission du polycarbonate est plus petit que celui du verre et du plastique (différence de 0,02 pour une épaisseur de 2 mm), il a été choisi comme couverture de protection dans le capteur solaire hybride en raison de sa légèreté et de sa solidité. Le polycarbonate a été choisi aussi en raison de son indice de réfraction qui est plus grand que celui du verre et du plastique. Plus cet indice est grand, plus l'angle critique dans le guide d'onde sera petit et plus de rayons pourront être captés dans le guide d'onde.

4. Paramètres optique en fonction de la longueur d'onde pour le spectre de 400 nm à 25000 nm

La transmissivité et le facteur de réflexion du polycarbonate ont été mesurés au CEMHTI (CNRS d'Orléans). Les mesures ont été effectuées avec le spectromètre VERTEX 80v Vacuum Spectrometer. Ce spectromètre interférométrique est de type Michelson. L'interféromètre de Michelson comprend un dispositif optique qui produit des interférences par division d'amplitude. Il est constitué essentiellement de deux miroirs et d'une lame semi-réfléchissante. Les deux configurations possibles d'utilisation sont la configuration en lame d'air et celle en coin d'air. Les facteurs de transmission et de réflexion ont été mesurés dans différentes configurations géométriques avec deux différentes platines.

4.1. Facteur de transmission du polycarbonate en fonction de la longueur d'onde

Les dimensions de l'échantillon sont 2 x 2 cm x 2,86 mm homogénéité des unités.



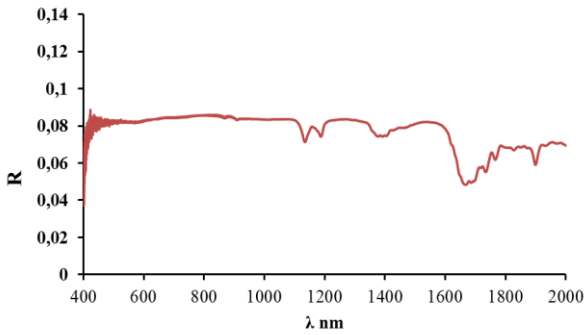
a) b)

Figure 8 : Facteur de transmission de polycarbonate en fonction de la longueur d'onde :
a) pour les parties visible et infrarouge (de 400 nm à 25000 nm),
b) pour les parties visible et proche infrarouge (de 400 nm à 2000 nm)

La transmission *T* correspond à la transmission après réflexions multiples sur les faces parallèles du polycarbonate. Le facteur de transmission d'une plaque de polycarbonate (épaisseur 2,86 mm) en fonction de la longueur d'onde pour le spectre de 400 nm à 25000 nm est présenté sur la figure 8a et sur la figure 8b pour la partie visible et proche infrarouge du spectre de 400 nm à 2000 nm. Sur la figure 8, on note qu'à partir de 4000 nm, la transmission du polycarbonate est inférieure à 10^{-2}. Sur la figure 9, on observe la transmissivité du polycarbonate entre 400 nm et 2000 nm. On note que de 700 nm jusqu'à 1100 nm, la transmissivité est presque constante et voisine de 0,9 et que de 1100 nm à 1600 nm, elle présente des variations tout en restant comprise entre 0,7 et 0,9. A 1660 nm, il y a une chute vers 0,05 due à des absorptions de combinaisons de modes vibrationnels. Entre 1660 et 4000 nm, la transmissivité n'est pas constante et le maximum se situe entre 1780 et 1880 (aussi 1918 et 1990 nm) aux environs de 0,7. Une chute de transmissivité - elle atteint 0,7 - est observée à 1900 nm, elle est due également à des absorptions de combinaisons de modes vibrationnels.

4.2. Facteur de réflexion du polycarbonate en fonction de la longueur d'onde

Le facteur de réflexion du polycarbonate n'est pas constant dans la bande spectrale allant de 400 nm à 25000 nm. Il présente une valeur maximale de 0,132 pour une longueur d'onde de 8400 nm et une valeur minimale de 0,009 pour 7900 nm (figure 9.a).



a) b)

Figure 9 : Facteur de réflexion du polycarbonate en fonction de la longueur d'onde :
a) pour les parties visible et infrarouge (de 400 nm à 25000 nm),
b) pour les parties visible et proche infrarouge (de 400 nm à 2000 nm)

Le facteur de réflexion du polycarbonate en fonction de la longueur d'onde pour le spectre visible et proche infra-rouge est présenté sur la figure 9.b. La réflectivité du polycarbonate dans la bande spectrale de 400 nm à 1600 nm reste constante avec une valeur de 0,083 sauf deux chutes observables à 1150 nm et 1400 nm.

4.3. Indice de réfraction et du coefficient d'extinction du polycarbonate

Après avoir mesuré les facteurs de réflexion *R* et de transmission *T*, il est possible de déduire le facteur d'absorption *A* avec un simple bilan énergétique, on en déduit ensuite le facteur d'émission *E*. En effet, à

l'équilibre thermique, la loi de Kirchhoff stipule que le facteur d'émission est égal au facteur d'absorption [5], ce qui se traduit par :

$$E = 1 - R - T \qquad (1)$$

Il est aussi possible de déterminer la réflectivité à l'interface ρ, le facteur de perte τ, et l'indice de réfraction complexe $\tilde{n}$ qui s'écrit :

$$\tilde{n} = n + ik \qquad (2)$$

où n est l'indice de réfraction et k le coefficient d'extinction. Ces paramètres peuvent être déterminés à partir de la connaissance de R et T. Ces méthodes sont présentées ci-dessous dans le cas de matériaux semi-transparents sous la forme d'une plaque d'épaisseur suffisamment grande pour éviter le phénomène d'interférence.

4.3.1. Méthode « Net-radiation »

Dans les bandes spectrales pour lesquelles le facteur de réflexion R et le facteur de transmission T ne sont pas égaux à zéro, on peut directement remonter aux valeurs de n et k [6] car les relations entre R, ρ, T, τ sont :

$$\rho = \frac{R(R-2) - T^2 - 1 + \sqrt{\left(1 + T^2 - R(R-2)\right)^2 + 4R(R-2)}}{2(R-2)} \qquad (3)$$

$$\tau = \frac{1}{T}\left(\frac{R}{\rho} - 1\right) \qquad (4)$$

Les relations entre ρ, τ et des indices n et k sont les suivantes :

$$\rho = \left|\frac{\tilde{n} - 1}{\tilde{n} + 1}\right|^2 = \frac{(n-1)^2 + k^2}{(n+1)^2 + k^2} \qquad (5)$$

$$\tau = e^{-4\pi k \omega d} \qquad (6)$$

où d est l'épaisseur de la plaque que le rayonnement traverse et ω le nombre d'onde. Pour trouver les parties réelle et imaginaire de l'indice de réfraction complexe, les expressions suivantes sont utilisées :

$$k = \frac{\ln(1/\tau)}{4\pi\omega d} \text{ où } \omega = \frac{1}{\lambda} \qquad (7)$$

$$n = \frac{1 + \rho + \sqrt{4\rho - (\rho - 1)^2 k^2}}{1 - \rho} \qquad (8)$$

4.3.2. Méthode de Kramers-Kronig

Pour les bandes spectrales où il y a un fort coefficient d'absorption ($T = 0$), on utilise la méthode de Kramers-Kronig. On obtient les coefficients ρ et τ en utilisant les relations (5) et (6) pour calculer les indice n et k avec :

$$\theta(\omega) = -\frac{1}{2\pi} P \int_0^\infty ln\left|\frac{s + \omega}{s - \omega}\right| \frac{d\ ln\ \rho(s)}{ds} ds \qquad (9)$$

$$n = \frac{1 - \rho^2}{1 + \rho^2 - 2\rho\cos(\theta)} \qquad (10)$$

$$k = \frac{2\rho\sin(\theta)}{1 + \rho^2 - 2\rho\cos(\theta)} \qquad (11)$$

4.3.3. Modèle de la fonction diélectrique

Pour les basses fréquences (longueurs d'onde supérieures à 2000 nm), les méthodes de Kramers-Kronig et Net-radiation (RT) ne sont plus applicables. On utilise alors le modèle de la fonction diélectrique qui permet de trouver l'indice de réfraction réel *n* et le coefficient d'extinction *k*. Il s'agit de reproduire les spectres expérimentaux (*R* et *T*) à l'aide d'un modèle de fonction diélectrique :

$$\varepsilon = \tilde{n}^2 \qquad (12)$$

Le modèle de la fonction diélectrique semi-quantique donne :

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_\infty + \sum_j \frac{S_j \Omega_j^2}{\Omega_j^2 - \omega^2 - 2\Omega_j P_j(\omega)} \qquad (13)$$

où Ω_j est le nombre d'onde associé à l'oscillateur libre, P_j est l'énergie propre de l'oscillateur (fonction d'amortissement), S_j est la contribution diélectrique du $j^{ième}$ phonon. Les modèles basés sur un traitement quantique de l'interaction lumière-matière montrent que, en raison de l'anharmonicité de réseau, une vibration de cristal j interagit avec le bain de phonons d'une manière complexe.

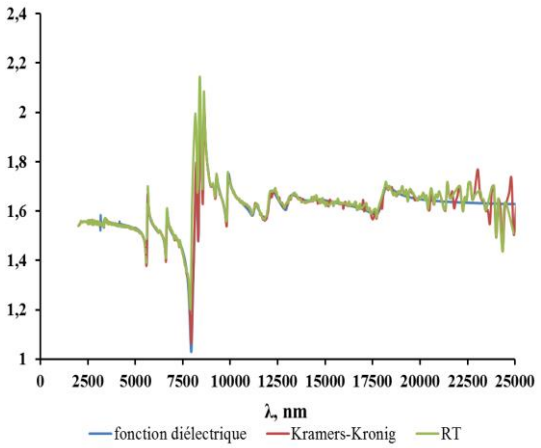


Figure 10 : Indice de réfraction du polycarbonate obtenu par les trois méthodes.

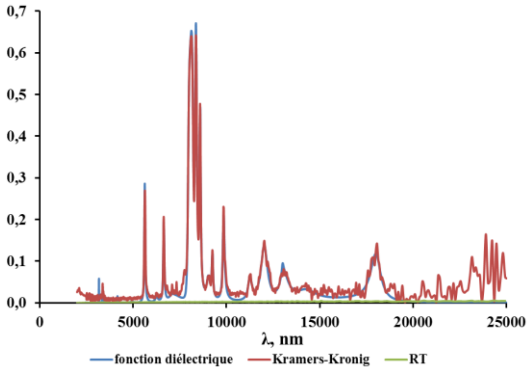


Figure 11 : Indice d'extinction (k) du polycarbonate obtenu par les trois méthodes.

La conséquence du phonon est un décalage de fréquence et un amortissement qui sont généralement fortement dépendants de la fréquence. Le résultat de l'interaction est décrit par la fonction d'énergie propre :

$$P_j(\omega) = \Delta_j(\omega) + i\Gamma_j(\omega) \qquad (14)$$

où Δ_j représente le décalage de la fréquence harmonique, Γ_j caractérise l'amortissement du phonon.

Quand le coefficient d'absorption est faible c'est la méthode « net-radiation » (RT) qui est utilisée. Quand le coefficient d'absorption est grand, c'est la méthode Kramers-Kronig qui est utilisée. Jusqu'à un nombre d'onde de 4500 cm^{-1}, il faut utiliser le modèle de fonction diélectrique.

5. Paramètres thermique. Emissivité du polycarbonate

La méthode radiométrique périodique a été choisie pour réaliser les mesures de l'émissivité du polycarbonate. Cette méthode consiste à moduler faiblement la température d'échantillon autour de la température où l'on désire connaître l'émissivité. Ainsi, on peut séparer le flux réfléchi du flux propre de l'échantillon. C'est le principe de la méthode radiométrique modulée. Pour obtenir l'émissivité, on doit comparer le flux mesuré à celui d'une surface d'émissivité connue. En chauffant la plaque du polycarbonate jusqu'à la température à laquelle on veut connaître la valeur d'émissivité, on mesure avec la camera thermographique LWIR la température apparente de l'échantillon et la température de l'environnement. Avec un thermocouple, on mesure la température réelle qui est celle d'un corps noir créé dans l'échantillon du matériau à mesurer par un orifice. La température mesurée dans l'orifice est égale à la température correcte de la cible et l'émissivité du corps creux correspond approximativement à 1. Le graphique d'étalonnage nous permet de définir les luminances, et en utilisant la modèle classique de l'émetteur, on calcule l'émissivité [7] en faisant des corrections par rapport à l'émittance de l'environnement :

$$L^0_{\Delta\lambda}(T_{app}) = \varepsilon_{\Delta\lambda} \cdot L^0_{\Delta\lambda}(T_r) + (1-\varepsilon_{\Delta\lambda}) \cdot L^0_{\Delta\lambda}(T_e) \qquad (15)$$

$L^0_{\Delta\lambda}(T_{app})$ est le signal thermique directionnel intégré au sein de la largeur de bande spectrale du système IR,
$L^0_{\Delta\lambda}(T_r)$ est l'émissivité apparente directionnelle de la surface de la cible, c'est le signal thermique équivalent isotrope à un corps noir à la température vraie de surface T,
$L^0_{\Delta\lambda}(T_e)$ est le signal thermique isotrope décroissant à partir de l'environnement qui est censé être produit par un corps noir à la température T_e,
$\tau_{\Delta\lambda} = (1-\varepsilon_{\Delta\lambda})$ est la réflectivité apparente de la surface de la cible.
La transcription du signal de la caméra thermographique mène à la température apparente T_{app} en utilisant la courbe d'étalonnage du système IR. Cette méthode permet d'effectuer des mesures stables et reproductibles.

Les mesures de l'émissivité apparente du polycarbonate ont été effectuées à l'IUT de Sénart avec un échantillon de 5cm x 5cm et d'épaisseur 2,86 mm. La gamme spectrale étudiée est 8000-14000 nm (domaine de l'IR) et la plage de température utilisée est de 30 °C à 130 °C (avec un pas de 10 °C). Les données expérimentales, température réelle de l'échantillon T_r, température de l'environnement T_e, et température apparente T_{app} donnent après un étalonnage préalable, les trois flux $L^0_{\Delta\lambda}(T_r)$, $L^0_{\Delta\lambda}(T_e)$ et $L^0_{\Delta\lambda}(T_{app})$ [8]. Pour calculer l'émissivité apparente, on utilise alors la relation :

$$\varepsilon_{\Delta\lambda} = \frac{L^0_{\Delta\lambda}(T_{app}) - L^0_{\Delta\lambda}(T_e)}{L^0_{\Delta\lambda}(T_r) - L^0_{\Delta\lambda}(T_e)} \qquad (16)$$

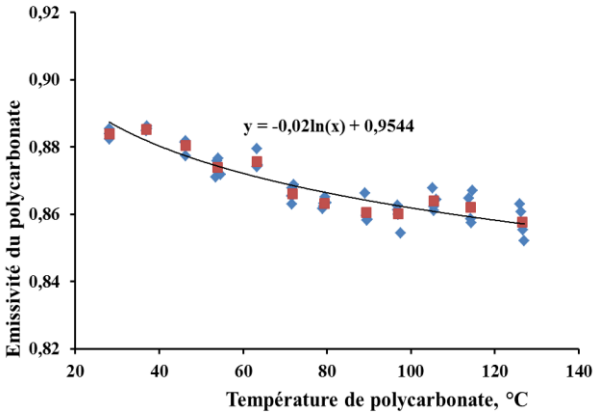


Figure 12 : Emissivité apparente du polycarbonate

La valeur moyenne d'émissivité du polycarbonate monolithe est 0,868.

Conclusion

Les caractéristiques optique et thermique du polycarbonate ont été mesurées. Le facteur global de transmission a été mesuré à partir de la transmittance des matériaux pour une incidence normale. Entre le verre, le plastique et le polycarbonate, c'est ce dernier matériau qui a été choisi comme couverture de protection du capteur malgré sa transmittance (0,873) dans le spectre du rayonnement visible de 450 nm à 950 nm qui est plus faible que celle du plastique (0,896) et du verre (0,897). La raison de ce choix est que le polycarbonate est plus léger et qu'il est le matériau le plus solide parmi tous les matériaux industriels transparents. Le polycarbonate a été retenu en raison de son indice de réfraction global qui est plus grand que celui du verre et du plastique. Les mesures en fonction de la longueur d'onde ont permis d'obtenir la valeur des facteurs de transmission, de réflexion et d'absorption globaux pour chaque bande spectrale dans le capteur solaire hybride. Les mesures de l'émissivité du polycarbonate ont donné une valeur moyenne de 0,868.

Les valeurs du facteur de transmission, de réflexion et d'absorption en fonction de longueur d'onde ainsi que la valeur de l'émissivité du polycarbonate seront utilisées dans la modélisation thermique et énergétique du capteur solaire hybride.

Nomenclature

Symbole

A	facteur d'absorption
$L^0_{\Delta\lambda}$	Signal thermique
P	énergie propre de l'oscillateur
R	facteur de réflexion
S	contribution diélectrique
T	facteur de transmission
T_{app}	température apparente
T_e	température de l'environnement
T_r	température réelle de l'échantillon
E	facteur d'émission
d	épaisseur de la plaque
k	coefficient d'extinction
n	indice de réfraction
$\tilde{n}$	indice de réfraction complexe

Symboles grecs

Ω	nombre d'onde associé à l'oscillateur libre
Δ	décalage de la fréquence harmonique
Γ	paramètre caractérisant l'amortissement du phonon
ρ	réflectivité à l'interface
τ	facteur de perte
ω	nombre d'onde
λ	longueur d'onde
ε	émissivité thermique

Indices

j	nombre de phonons

Références

[1] O. Iurevych, S. Gubin, Installation solaire hybride, Brevet d'Ukraine 98680, 11 juin 2012

[2] O. Iurevych, S. Gubin, M. Dudeck, Combined receiver of solar radiation with holographic planar concentrator, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Physics 29, 012016, 2012

[3] O. Iurevych, S. Gubin, M. Dudeck, Modeling of a Hybrid Solar Panel with Solar Concentration, EER Electrical Engineering Research, vol. 1, No. 2, p.35 – 41, April 2013

[4] O. Iurevych, S. Gubin, P. Guibert, M. Dudeck, Echanges thermiques dans un capteur solaire hybride avec concentrateur holographique, Conférence Internationale des Energies Renouvelables (CIER'13), Sousse, Tunisie, 15-17 déc. 2013

[5] D. De Sousa Meneses, J.F. Brun, P .Echegut, P .Simon 'Contribution of semi-quantum dielectric function models to the analysis of infrared spectra' Applied Spectroscopy 58 969-974, 2004

[6] R. Siegel, J. R. Howell, Thermal Radiation Heat Transfer. Third Edition, 1992

[7] O. Riou, P.O. Logerais, J.F. Durastanti , Quantitative study of the temperature dependence of normal LWIR apparent emissivity Infrared Physics & Technology, 60, 244-250, 2013

[8] O. Riou, P.O. Logerais, F. Delaleux., J.F. Durastanti, A self-method for resolving the problem of apparent LWIR emissivity for quantitative thermography up to 130°C, à paraître dans Infrared Physics & Technology, 2014