

PANNEAU SOLAIRE ANTI-REFLET

Les panneaux solaires les plus performants ont actuellement un rendement de 25 %. L'ensemble des cellules photovoltaïques est protégé par une plaque de verre d'indice $N = 1,50$. On cherche à savoir ici quel gain on peut obtenir en utilisant une couche anti-reflet d'indice n .

Les coefficients de réflexion R et transmission T en énergie d'un dioptre sont donnés par :

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad \text{et} \quad T = \frac{4n_1 n_2}{(n_1 + n_2)^2}$$

où n_1 et n_2 sont les indices de part et d'autre du dioptre.

Pour les applications numérique, on prendra $n = \sqrt{N}$.

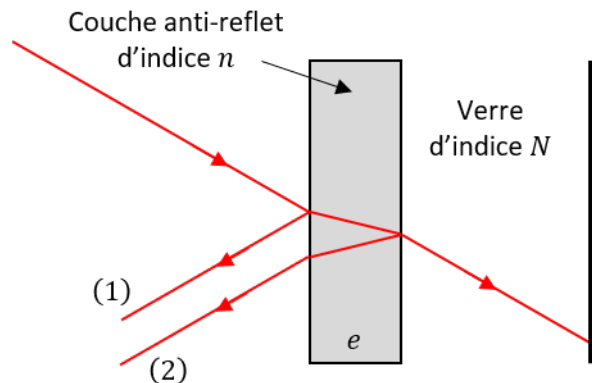
1) En considérant $n_{air} = 1$, quelle est la puissance perdue par réflexion sur un panneau sans couche anti-reflet ?

Correction

On applique la forme donnée :

$$R = \left(\frac{1 - N}{1 + N} \right)^2 = 4,0 \%$$

Une couche d'épaisseur e d'un milieu transparent d'indice n tel que $1 < n < N$ est déposée sur le verre. On ne tiendra compte que des deux premières réflexions sur chacun des dioptres.



2) Expliquer qualitativement comment un tel dispositif peut réduire la puissance réfléchie.

Correction

Les deux ondes peuvent interférer destructivement. Moins de puissance sera donc réfléchie. Plus de puissance sera donc transmise.

3) On suppose que l'onde incidente, d'éclairement I_0 et de longueur d'onde $\lambda_0 = 600 \text{ nm}$, arrive en incidence normale. Quels sont les éclairements I_1 et I_2 des ondes réfléchies ? Exprimer la différence de marche δ et en déduire les caractéristiques de la couche anti-reflet la plus mince.

Correction

L'onde (1) subit uniquement une réflexion air/couche. L'onde (2) subit deux transmissions air/couche et une réflexion couche/verre. Ainsi :

$$\begin{cases} \frac{I_1}{I_0} = R_{1/n} = \left(\frac{1 - n}{1 + n} \right)^2 = 1,02 \% \\ \frac{I_2}{I_0} = T_{1/n}^2 R_{n/N} = \left(\frac{4n}{(1 + n)^2} \right)^2 \left(\frac{n - N}{n + N} \right)^2 = 1,00 \% \end{cases}$$

La différence de chemin optique en incidence normale vaut :

$$\delta = 2ne$$

Les interférences sont destructives (anti-reflet) i :

$$\delta = 2ne = \left(p + \frac{1}{2} \right) \lambda_0$$

Pour $p = 0$ (plus petite couche), on obtient :

$$e = 0,12 \text{ } \mu\text{m}$$

La lumière du soleil n'est pas monochromatique, on considère alors que l'éclairement de l'onde totale réfléchie à la pulsation ω est :

$$dI = 2\mathcal{E}_0^\omega \left[1 + \cos\left(\frac{\omega\delta}{c} \right) \right] d\omega \quad \text{avec :} \quad \mathcal{E}_0^\omega = \begin{cases} \frac{I_0}{\Delta\omega} & \text{si : } \omega_0 - \frac{\Delta\omega}{2} \leq \omega \leq \omega_0 + \frac{\Delta\omega}{2} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

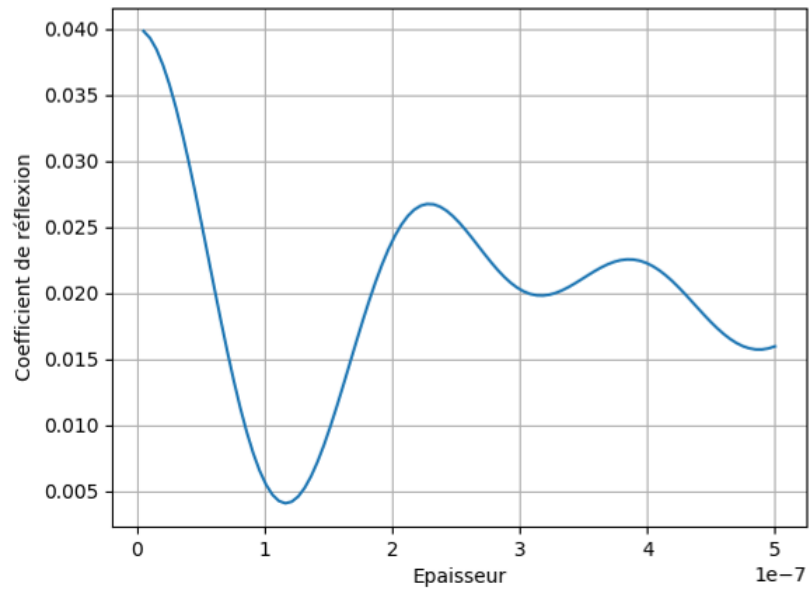
4) Exprimer l'éclairement total I_r de l'onde réfléchie.

Correction

Des ondes qui ne sont pas de même pulsation sont incohérentes. Il faut sommer les intensités.

$$I_r = \int dI = \int_{\omega_0 - \frac{\Delta\omega}{2}}^{\omega_0 + \frac{\Delta\omega}{2}} 2\mathcal{E}_0 \left[1 + \cos\left(\frac{\omega\delta}{c}\right) \right] d\omega = 2I_0 \left[1 + \cos\left(\frac{\omega\delta}{c}\right) \times \frac{\sin(\delta\Delta\omega/2c)}{\delta\Delta\omega/2c} \right]$$

Le graphe ci-dessous montre l'évolution du coefficient de réflexion en fonction de l'épaisseur (en mètre) de la couche anti-reflet.



5) Quelle doit être l'épaisseur de la couche pour une efficacité maximale? Quel gain obtient-on par rapport à un panneau solaire dépourvu d'une telle couche?

Correction

On voit sur la courbe, que le coefficient de réflexion est minimum pour $e = 0,117 \mu\text{m}$ et que le coefficient de réflexion a été diminué d'un facteur 10 par rapport à la situation du début de l'exercice (sans couche).