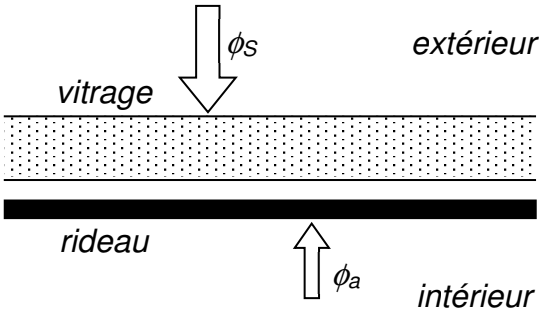
3.4 Rayonnement thermique-Exercice 3

Le toit de certaines automobiles est ajouré et comporte une vitre. L'été, celle-ci peut être masquée par un rideau amovible situé au ras du vitrage. Ce rideau, noir, bloque le rayonnement solaire direct, mais, en conséquence, s'échauffe. Le but de cet exercice est de déterminer si un vitrage teinté permet de réduire cet échauffement.

La vitre reçoit de l'extérieur un flux d'énergie par unité de surface noté Φ_S. Ce flux correspond principalement au rayonnement solaire direct, dont le spectre est supposé uniquement constitué de longueurs d'onde du domaine visible.
La vitre teintée est partiellement transparente pour les longueurs d'onde du domaine visible : une fraction (1-A) de Φ_S est transmise par la vitre, et une fraction A y est absorbée (le coefficient de réflexion de la vitre est supposé nul).



Elle est en revanche entièrement opaque et assimilable à un corps noir dans le domaine infrarouge.
Le flux d'énergie émis par unité de surface <u>par chaque face</u> de la vitre est noté Φ_V.

Le rideau est assimilé à un corps noir idéal pour toutes les longueurs d'ondes. Sa température est notée T_R.
Le flux d'énergie émis par unité de surface <u>par chaque face</u> du rideau est noté Φ_R. Il reçoit de l'habitacle de la voiture un flux d'énergie par unité de surface Φ_a.
Les échanges thermiques par convection et conduction sont négligeables devant les échanges radiatifs.
Le régime est stationnaire.

a-Préciser le domaine de longueurs d'ondes (infrarouge ou visible) correspondant au rayonnement émis par le rideau. Reproduire sommairement la figure ci-dessus, et y représenter les différents flux rayonnés.
En exploitant la stationnarité du régime pour la vitre, puis pour le rideau, établir deux équations reliant Φ_R, Φ_V, A, Φ_S, et Φ_a.

b-En déduire les expressions de Φ_R et de Φ_V en fonction de A, Φ_S et Φ_a.
Vérifier que $\Phi_R + \Phi_V = \Phi_S + \Phi_a$ et l'interpréter simplement.
Déterminer si la puissance rayonnée par le rideau vers l'intérieur de la voiture est augmentée ou diminuée par l'utilisation d'un vitrage teinté.

c-Déterminer l'expression de T_R et calculer sa valeur pour A = 0,00 et A = 0,60.
Données : $\Phi_S = 900\ W.m^{-2}$, $\Phi_a = 400\ W.m^{-2}$

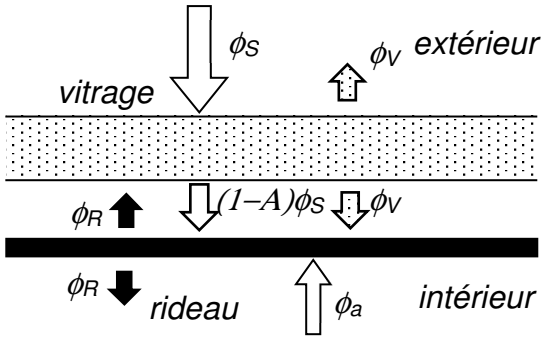
d-En s'inspirant des questions précédentes, déterminer l'expression du flux Φ_0 qui pénètre à l'intérieur de la voiture *en l'absence de rideau,* en fonction de Φ_S, Φ_a et A.
Vérifier, littéralement ou numériquement, que $\Phi_0 > \Phi_R$.
Conclure sur les avantages et inconvénients du rideau.

On rappelle :
- Loi de Stefan donnant le flux surfacique émis par un corps noir : $\varphi_e = \sigma T^4$ avec $\sigma = 5{,}67.10^{-8}\ W.m^{-2}.K^{-4}$
- Loi de Wien : $\lambda_m.T = 3000\ \mu m.K$

3.4 Rayonnement thermique-Exercice 3

---

a-Rideau à température ambiante => rayonnement dans l'infra-rouge



Equilibre thermique pour un m² de vitrage : flux surfacique absorbé = flux surfacique émis

$$\boxed{A\Phi_S + \Phi_R = 2\Phi_V}$$

Equilibre thermique pour un m² de rideau : flux surfacique absorbé = flux surfacique émis

$$\boxed{(1-A)\Phi_S + \Phi_V + \Phi_a = 2\Phi_R}$$

b-On a : $(1-A)\Phi_S + \Phi_V + \Phi_a = 2(2\Phi_V - A\Phi_S)$ => $\boxed{\Phi_V = \frac{1}{3}[(1+A)\Phi_S + \Phi_a]}$

Puis : $\boxed{\Phi_R = \frac{1}{3}(2-A)\Phi_S + \frac{2}{3}\Phi_a}$

On vérifie que : $\Phi_V + \Phi_R = \Phi_a + \Phi_S$

Interprétation : Cette relation traduit l'équilibre thermique du système {rideau+vitre}

$\Phi_V + \Phi_R$ est le flux surfacique émis par ce système

$\Phi_a + \Phi_S$ est le flux surfacique absorbé par ce système

Si la vitre est teintée, le coefficient d'absorption A augmente, donc Φ_R diminue. La puissance rayonnée par le rideau vers l'intérieur de la voiture diminue.

c-Loi de Stefan pour le rideau : $\Phi_R = \sigma T_R^4$ => $T_R = \left(\frac{\Phi_R}{\sigma}\right)^{1/4}$

A.N : T_R = 352 K si A = 0 T_R = 332 K si A = 0,6

d-Equilibre thermique de la vitre :

flux surfacique absorbé = flux surfacique émis

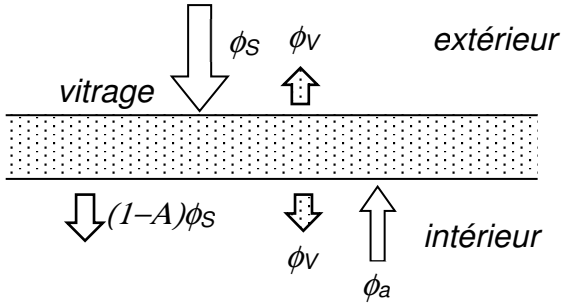
$$A\Phi_S + \Phi_a = 2\Phi_V$$

L'habitacle reçoit : $\Phi_0 = (1-A)\Phi_S + \Phi_V$

Soit : $\boxed{\Phi_0 = (1-\frac{A}{2})\Phi_S + \frac{1}{2}\Phi_a}$

Si A = 0 : Φ_0 = 1100 W.m^{-2} > Φ_R = 866 W.m^{-2}

Si A = 0,6 : Φ_0 = 830 W.m^{-2} > Φ_R = 687 W.m^{-2}



Le rideau permet de réduire la puissance thermique reçue par l'habitacle.
