

TP 3.1. Transferts thermiques

Matériel expérience prof

- caméra thermique
- plaque chauffante
- plaque de différent matériaux

Matériel expérience élève

- plaque chauffante
- deux thermomètres
- boîte calorifugé
- blocs métalliques avec pas de vis pour poignées et trous lisses pour thermomètres
- poignées en téflon
- carte d'acquisition
- qqs chose pour calibrer le thermomètre ? Thermomètre de référence ? ou alors changement d'état ?

Au cours de ce TP nous allons étudier différent modes de transferts thermiques.

Illustration des différents modes de transferts thermiques

De manière générale le transfert thermique est un échange d'énergie entre deux systèmes. Le cadre du cours ne s'intéresse que au cas du transfert thermique au sein d'un solide appelé la diffusion, mais il y a en réalité différents modes de transferts thermiques.

Les trois principaux sont :

- La diffusion thermique
- La convection thermique
- Le rayonnement thermique

La convection thermique concerne un fluide en mouvement (gaz ou liquide). C'est un transfert thermique par déplacement de matière où le fluide passe du système chaud, où il reçoit de l'énergie qu'il stocke sous forme d'énergie interne, au système froid, où il cède son énergie interne. Il y a deux types de convection, la convection naturelle où le fluide se met naturellement en mouvement dès que sa température change, par exemple chauffage au sol dans une pièce l'air au sol chaud monte se refroidit au plafond et redescend au sol. Et il y a la convection forcée lorsque que le fluide est mis en mouvement, comme par exemple l'air qui est ventilé pour refroidir les ordinateurs.

- Pour la vidéo présentée schématiser le phénomène observé, s'agit-il d'une convection naturelle ou forcée ?

Le rayonnement concerne un transfert thermique entre deux systèmes sans support matériel ou à travers un milieu transparent. Même si deux objets ne sont pas en contact il peut y avoir un transfert thermique entre les deux, cela est dû à la propagation d'onde électromagnétique (de la lumière pas forcément visible) transportant le flux thermique, qui sont émises et absorbées par les particules microscopiques des systèmes excitée par leur agitation thermique. Pour avoir un échange d'énergie entre deux corps par rayonnement il n'y a donc pas besoin de matière entre eux, par exemple le Soleil chauffe par rayonnement la Terre. S'il y a un milieu entre les objets il doit néanmoins être transparent pour les fréquences principales du rayonnement thermique (infra-rouge autour de la température ambiante). Une autre condition est que les corps émettent et absorbent (sans les réfléchir) les ondes électromagnétiques, un corps qui émet et absorbe parfaitement les ondes électromagnétiques est appelé corps noir.

- Schématiser le fonctionnement d'une caméra thermique, qu'elles sont les précautions à prendre pour l'utiliser correctement ?

La diffusion thermique ou conduction thermique concerne un transfert thermique à travers un milieu matériel mais immobile, sans transport de matière. C'est la situation étudiée en cours.

- Noter à l'aide de schéma, les différentes illustrations de diffusion ou conduction thermique présentée.

Mesure de conductivité thermique

Dans ce TP nous allons mesurer la conductivité thermique d'une plaquette isolante en bois. Pour cela vous allez devoir utiliser un chauffage, prenez la précaution suivante :

Afin de ne rien détériorer et de ne pas vous brûler,
réglerez les chauffages de 1 à 4 seulement.
Vérifiez la température des objets que vous êtes en train de chauffer
et évitez de faire chauffer du plastique.

étalonnage des thermomètres Les thermomètres que vous utilisez peuvent afficher des températures différentes dues à des paramètres de fonctionnement différents, afin de pouvoir comparer les températures données par les deux thermomètres nous allons étalonner un thermomètre en fonction de l'autre.

- Brancher les thermomètres sur la carte eurosmart-sysam et enregistrer la température ambiante, que remarquez-vous en comparant les tensions données par les deux thermomètres ?
- faites chauffer à la même température les deux blocs d'aluminium et placez les dans leur même emplacement (sans isolant entre les deux) puis enregistrer le refroidissement des deux blocs, que remarquez-vous en comparant les tensions données par les deux thermomètres ?
- Afin d'établir une loi affine d'étalonnage, prenez un des deux thermomètres comme thermomètre de référence, et tracer (et imprimer) la tension du thermomètre à étalonner en fonction de la tension du thermomètre de référence.
- Modéliser la courbe obtenue par une droite affine, dont l'équation servira à convertir la tension du thermomètre à étalonner.

mesure de la conductivité thermique Une fois les thermomètres étalonnés, on va mesurer l'évolution des températures de blocs initialement à des températures différentes.

- Chauffer un seul des deux blocs, et enregistrer l'évolution des températures des deux blocs placés dans leur emplacement et séparé par une plaque en bois.
- convertir la tension du thermomètre étalonné à l'aide de l'équation affine trouvé plus haut, et tracer (et imprimer) sur un même graphe les températures des deux blocs d'aluminium. Interpréter le résultat obtenu.

Comme les deux blocs sont métalliques et séparé par une couche isolante on peut considérer leur température comme uniforme. La plaque en bois joue le rôle de résistance thermique entre les deux blocs.

Par définition de la résistance thermique R_{th} on peut écrire que $\Phi_{\text{Bloc}_1 \rightarrow \text{Bloc}_2} = \frac{T_1 - T_2}{R_{th}}$. On peut définir aussi une résistance thermique entre chaque bloc et l'extérieur R_{ext} par $\Phi_{\text{Bloc} \rightarrow \text{ext}} = \frac{T - T_{ext}}{R_{ext}}$.

On peut écrire l'équation de bilan d'énergie du bloc 1 : $C \frac{dT_1}{dt} = -\Phi_{\text{Bloc}_1 \rightarrow \text{Bloc}_2} + \Phi_{\text{Bloc}_1 \rightarrow \text{ext}}$

Donc $C \frac{dT_1}{dt} = -\frac{T_1 - T_2}{R_{th}} + -\frac{T_1 - T_{ext}}{R_{ext}}$

et de même l'équation de bilan d'énergie du bloc 2 donne :

$$C \frac{dT_2}{dt} = +\frac{T_1 - T_2}{R_{th}} + -\frac{T_2 - T_{ext}}{R_{ext}}$$

Pour éliminer la variable température extérieure du problème, on s'intéressera uniquement à la différence de température entre les deux blocs ce qui donne l'équation :

$$C \frac{d}{dt}(T_1 - T_2) = -2\frac{T_1 - T_2}{R_{th}} - \frac{T_1 - T_2}{R_{ext}}$$

soit $\tau \frac{d}{dt}(T_1 - T_2) + (T_1 - T_2) = 0$ avec $\tau = \frac{R_{th}C}{2} \times \frac{1}{1 + \frac{R_{th}}{2R_{ext}}} \simeq \frac{R_{th}C}{2}$ en supposant $R_{th} \ll R_{ext}$

- Calculer avec latis pro et tracer (et imprimer) la différence de température entre les deux blocs en fonction du temps. Choisir le modèle adéquat et en déduire la valeur de τ .

La capacité thermique du bloc est donnée par $C = mc$, avec m masse du bloc et c capacité thermique massique de l'aluminium. La résistance thermique de la plaque de bois est donnée par $R_{th} = \frac{e}{\lambda S}$ avec λ la conductivité thermique du bois, e l'épaisseur de la plaque de bois, S la surface de la plaque de bois. On en déduit que $\lambda = \frac{e}{R_{th}S} = \frac{eC}{2\tau S} = \frac{emc}{2\tau S}$

- En déduire la valeur de la conductivité thermique du bois, comparer, conclure.