

XIII : Etude de la diffusion thermique à l'aide d'une caméra thermique

Dans cette séance de travaux pratiques, on va rechercher à obtenir les coefficients caractéristiques de la diffusion thermique à l'aide de protocoles expérimental mettant en œuvre l'utilisation d'une caméra thermique.

Le compte-rendu doit être complet pour se suffire à lui-même : objectifs, description des expériences et conditions expérimentales non décrites dans l'énoncé, mesures brutes, observations, traitement des résultats (courbes), interprétation. Soignez sa présentation !

Matériel à disposition :

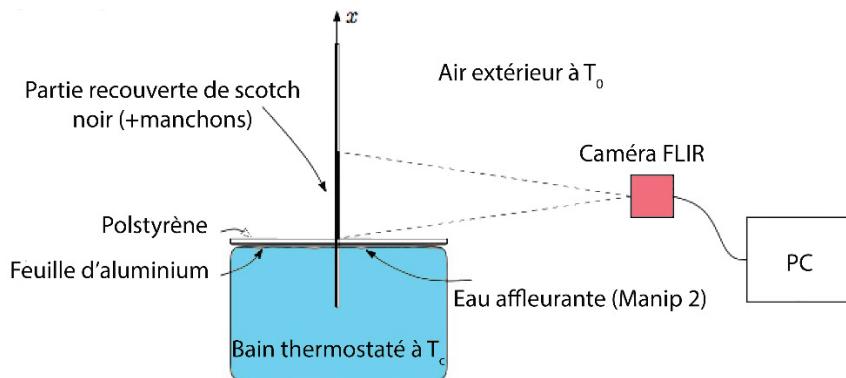
- 3 systèmes de barres en duralumin
- 1 boule d'aluminium enclavée dans du polystyrène
- Bains thermostatés
- Caméra thermique FLIR reliée à un ordinateur équipé de FlirTools
- 1 thermocouple relié à une interface Sysam (Latis-Pro)
- 1 « mètre »
- 1 pied à coulisse
- De la pâte thermique

I – Etude de la barre isolée de l'extérieur

I-1) Principe

On étudie un modèle d'ailette de refroidissement, constituée d'un barreau métallique homogène en aluminium, de section circulaire de rayon a et de longueur L , dont une partie est recouverte de peinture noir mat. La base du barreau peut être plongée dans un bain thermostaté. Quelques données numériques sur l'alliage duralumin (Aluminium > 95%, Cuivre, Manganèse et Magnésium pour les principaux) formant la barre. Toutes les valeurs dépendent des divers pourcentages de composition de l'alliage :

- Conductivité thermique : $\lambda \simeq 110 \rightarrow 210 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- Coefficient de transfert conductoconvectif (air libre) : $h \simeq 5 \rightarrow 25 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$
- Masse volumique du duralumin : $\rho = 2600 \rightarrow 2900 \text{ kg m}^{-3}$ (On prendra 2700 kg m^{-3} pour les calculs)
- Capacité thermique massique du duralumin $c = 905 \rightarrow 945 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ (On prendra $920 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ pour les calculs)



Dans cette première partie la barre sera isolée à l'aide d'un manchon de mousse recouvert de « scotch ».

Afin de mesurer λ et h , on va devoir effectuer dans l'ordre proposé trois expériences dont la première permettra de déterminer le flux thermique en $x=0$: ϕ_0 .

I-2) Mesure de ϕ_0

a) Préparation des mesures

- A quoi servent la plaque de polystyrène et la feuille d'aluminium ?
- Pourquoi recouvre-t-on la barre de scotch noir ?
- Afin de déterminer le flux le long de la tige, on place en haut de la tige avec le manchon inférieur, une sphère métallique en aluminium de masse $m = 22 \pm 0,5\text{g}$. Pour effectuer le contact avec la barre et le thermocouple on utilisera de la pâte thermique afin d'avoir un contact thermique parfait. On isole l'ensemble à l'aide d'un « cube » de polystyrène. Effectuer un bilan énergétique sur cette boule dont on supposera la température homogène et dont les pertes seront modélisées par : $\phi_{pertes} = -\frac{T(t)-T_0}{R_{th}}$ afin de démontrer :
$$\frac{dT}{dt} = \frac{T}{\tau} = \frac{T_0}{\tau} + \frac{\phi_0}{mc}$$
- On donnera l'expressions de τ en fonction de R_{th}, m et c .

b) Protocole

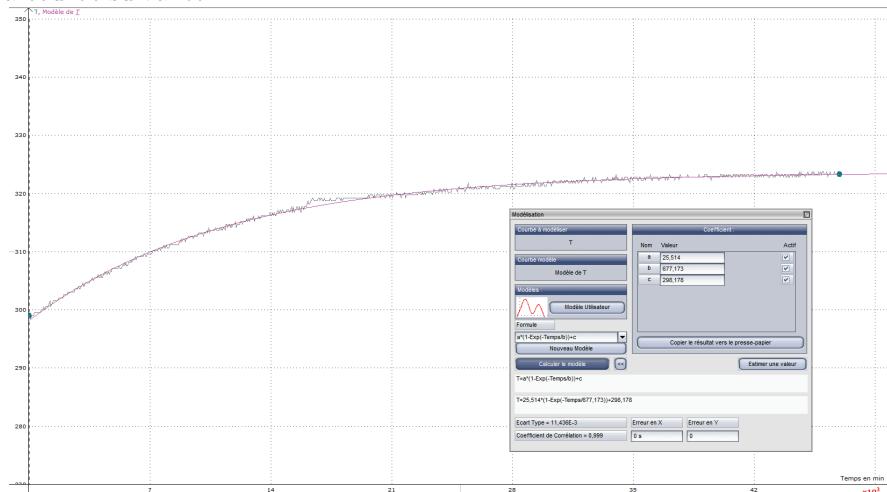
- Repérez la tige recouverte de manchons, enlever le manchon supérieur.
- Préparer votre matériel afin d'effectuer la mesure de $T(t)$ pendant 35min. Expliquer comment le graphe $T(t)$ vous permettra d'obtenir ϕ_0 .

⌘ Appeler le professeur ⌘

- Lancer votre mesure. Reposer le manchon supérieur en fin de mesure.
- En déduire la valeur de ϕ_0 à l'aide de votre exploitation graphique. Expliquer la méthode utilisée.

Document 1 : Aide à la mesure

- Prenez toutes les précautions pour que le thermocouple soit bien positionné.
- Enfoncer bien la boule enclavée sur la barre (Positionner la pate thermique avant sur la boule ou/et le haut de la barre)
- On obtient la courbe suivante :



I-3) Mesure de λ

a) Préparation des mesures

- Donner l'expression de $T(x)$ dans la barre en fonction de ϕ_0, λ et d'autres grandeurs géométriques.
- Dans le manchon, on a disposé une barre de duralumin recouverte de « scotch » noir, puis dans les manchons on a disposé deux trous séparés par une distance L qui permettront des mesures de température T_1 et T_2 à l'aide de la caméra.
- Donner l'expression de λ en fonction de ϕ_0, T_1, T_2 et de paramètres géométriques.

b) Protocole

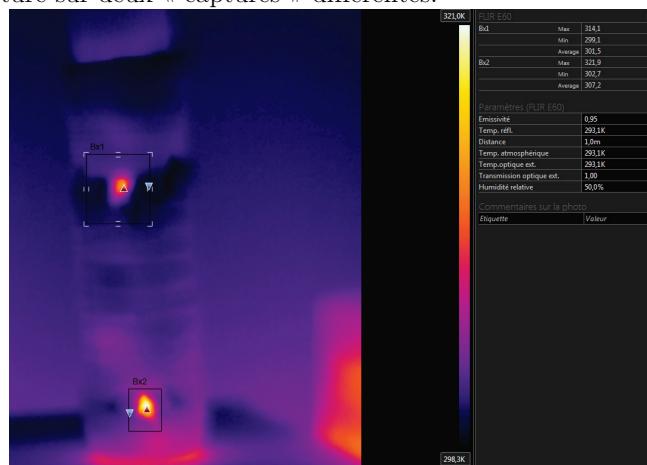
- Proposer un protocole de mesures permettant d'obtenir T_1 et T_2 à l'aide de la caméra thermique. Aidez vous du classeur sur l'utilisation de la caméra thermique afin de vous familiariser avec l'utilisation de celle-ci.
- Pourquoi recherche-t-on au niveau des trous le maximum de température ?

⌘ Appeler le professeur ⌘

- En déduire λ avec son incertitude.

Document 2 : Aide à la mesure

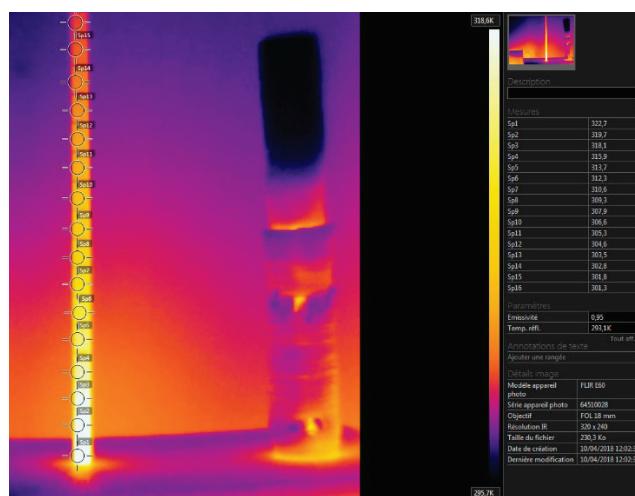
- Pensez à bien positionner la caméra thermique en face de la barre.
- Si les trous ne sont pas sur la même verticale (et même s'ils le sont) il est préférable de rechercher les maximums de température sur deux « captures » différentes.



II – Etude de la barre non isolée

II-1) Principe

Afin de mesurer h on va utiliser une autre barre formée du même alliage et de même rayon a . Cette barre est recouverte de bande de scotch tous les deux centimètres. On relèvera les différentes températures au centre de ces bandes.

II-2) Mesure de h

a) Préparation des mesures

- On suppose que les échanges thermiques conductoconvectifs vérifient la loi de Newton : $\phi_p = h(T(x) - T_0)S$.

Démontrer qu'en régime stationnaire la température dans la barre peut se mettre sous la forme :

$$T(x) = T_0 + \theta_0 e^{-\frac{x}{\delta}}$$

Où l'on précisera les expressions de δ en fonction de a, λ, h et de θ_0 en fonction de températures caractéristiques du problème

b) Protocole

- Positionner la caméra thermique de façon à repérer l'ensemble des bandes de scotch.
- Effectuer un relevé de température.

⌘ Appeler le professeur ⌘

- En déduire h avec son incertitude.

III – Etude en régime transitoire

III-1) Principe

Pour l'étude en régime variable, on utilise une barre sans repère recouverte de « scotch noir » sur 30cm environ. A l'instant $t=0$, on place la tige dans l'eau bouillante de manière à ce qu'elle affleure la surface de l'eau bouillante et on enregistre une séquence vidéo. On extrait alors des fichiers des images obtenues sous le format *.csv que l'on pourra exploiter sous python, excel ou latis-pro.

A l'aide d'une représentation graphique on déterminera le temps caractéristique τ de la diffusion.

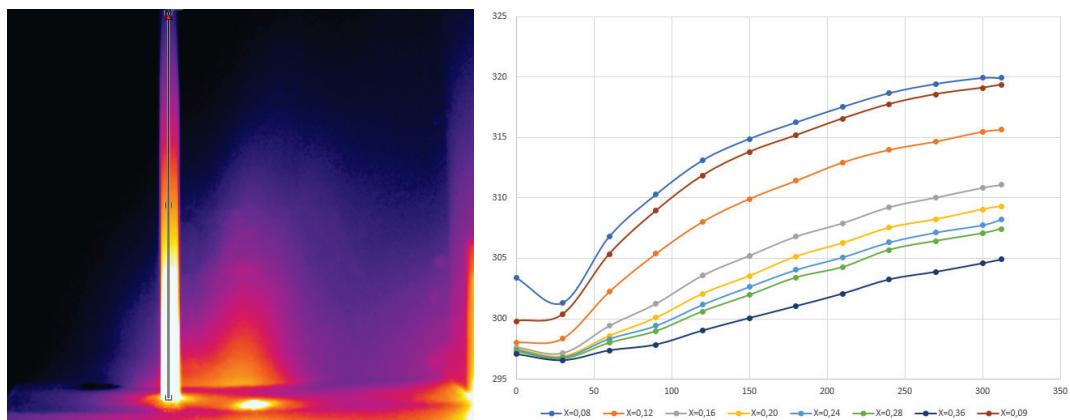
III-2) Manipulation

- Filmer la barre sur les 30cm à raison de 1 image / 10sec pendant 10 min.
- Placer un capteur « étendu » de température nommé Bx par FlirTools.
- Exporter les mesures sur un fichier *.csv.
- A partir du réseau obtenu, déterminer le temps caractéristique de la diffusion pour lequel on peut supposer que le régime stationnaire est atteint.
- En déduire un ordre de grandeur de λ à partir de cette expérience.

⌘ Appeler le professeur ⌘

Document 3 : Aide à la compréhension

- Dans le fichier *.csv, repérez bien les différentes grandeurs et supprimer les valeurs erronées ou évitez de prendre ces valeurs comme valeurs de x.



IV - Annexes :

- Alliages d'aluminium : <http://pcjoffre.fr/Data/divers/duralumin.pdf>
- Utilisation de Flirtools : http://pcjoffre.fr/Data/divers/utilisation_flir.pdf