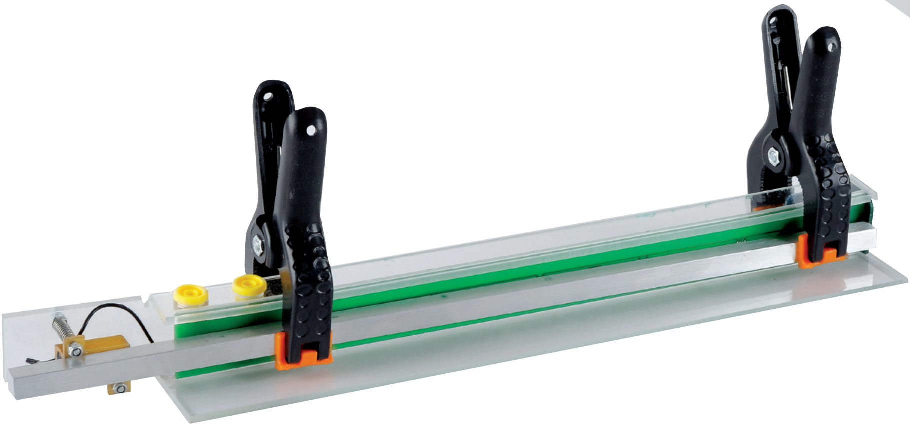
Transfert de Chaleur V2

33552

NOTICE



Retrouvez l'ensemble de nos gammes sur : www.pierron.fr

PIERRON
ÉQUIPEMENT PÉDAGOGIQUE SCIENTIFIQUE

PIERRON - ASCO & CELDA • CS 80609 • 57206 SARREGUEMINES Cedex • France
Tél. : 03 87 95 14 77 • **Fax :** 03 87 98 45 91
E-mail : education-france@pierron.fr

1 - Introduction

Ce dispositif a pour but d'étudier le transfert de chaleur par conduction entre un corps métallique et l'air ambiant, au niveau de la couche d'air juste en contact avec la surface métallique.

Cet appareil est constitué d'un support sur lequel sont positionnés une résistance chauffante et 6 capteurs de température, équidistants 2 à 2. À l'aide de pinces de serrage, on vient mettre en contact une des 2 barres métalliques, au choix, avec la résistance et les capteurs. Les données des différents capteurs sont collectées dans le temps par un logiciel téléchargeable gratuitement sur le site www.pierron.fr.

Il sera alors possible d'étudier le transfert de chaleur soit de l'air vers la barre (réchauffement) ou soit de la règle vers l'air (refroidissement).

L'exploitation des mesures pourra mener à l'étude de nombreux phénomènes physiques tels que :

- L'étude et la propagation de la chaleur le long d'une barre métallique.
- La détermination de la capacité thermique massique d'un métal.
- L'étude des échanges thermiques.

2 - Contenu de l'emballage

- un support
- une barre en aluminium
- une barre en acier
- 2 pinces
- un câble USB / micro-USB
- une notice

Caractéristiques

- Capteurs : MCP9803
- Résistance chauffante : 10 W
- Distance entre 2 capteurs : 50 mm
- Alimentation : 12 V continu
- Connectique : micro-USB
- Dimensions : 400 x 60 x 35 mm
- Masse : 240 g

Les modes de transfert de la chaleur, d'un corps à l'environnement, sont les suivants :
- la conduction ;
- la convection ;
- le rayonnement.

Le dispositif utilisé, permet d'étudier les modes de transfert de la chaleur à l'aide de corps métalliques, vous disposez d'une règle en aluminium et d'une règle en acier. L'air ambiant entoure ces règles, elles ne sont donc pas isolées du milieu extérieur.

a. Si ces règles sont refroidies puis réchauffées par l'air ambiant (réchauffement par l'air à température T_{air}), elles seront les sièges d'un transfert convectif avec le milieu extérieur. Dans ce mode de transfert thermique, nous allons associer aux échanges thermiques une constante de temps τ qui sert d'échelle de temps à ces phénomènes.

Un bilan thermique conduit à l'équation suivante d'évolution de la température de la règle (voir l'étude théorique) :

$$C.\frac{d}{dt}T_{(t)} = -\alpha.S.(T_{(t)} - T_{air})$$

C'est une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants. Sa résolution, en tenant compte des conditions initiales, donne l'équation suivante :

$$T(t) = (T_i - T_{air}).e^{-\frac{1}{\tau}t} + T_{air}$$

b. Si les règles sont chauffées à une extrémité à l'aide d'une résistance électrique (chauffage), cette extrémité étant maintenue à température quasi constante (régime permanent), nous observerons alors une évolution progressive de la température jusqu'à une distance **x** de la résistance électrique. Cette valeur **x** dépendra de la nature (verre, bois ou métal) de la tige, de côté **a**. Elle caractérisera la conduction thermique de la tige considérée. Nous admettrons que les pertes thermiques, par rayonnement et convection s'effectuent au niveau de la surface latérale de la tige.

Le bilan thermique d'une portion élémentaire de la tige, en tenant compte de la chaleur cédée par la surface latérale et du transfert thermique à l'intérieur, par conduction selon la loi de Fourier, conduit à cette équation différentielle :

$$\frac{d^2\theta}{dt} - \frac{4.k}{\lambda.a}\theta = 0$$

Cette équation admet la solution suivante :

$$\theta(x) = \theta_0 . e^{-\frac{x}{\delta}}$$

$$\text{d'où} \quad \ln(\theta_{(x)}) = \ln(\theta_0) - \frac{x}{\delta}$$

Utilisation

La dispositif est livré avec deux règles métalliques en aluminium et en acier. Chaque règle est mise en place à l'aide des 2 pinces. Les 6 capteurs de température, de type MCP9803, sont équidistants. À l'extrémité de gauche du support se trouve la résistance chauffante, à l'extrémité droite se situent le micro-contrôleur, qui collecte les informations fournies par les capteurs, et la sortie micro-USB..

Les données, relatives aux tensions de sortie au niveau de chaque capteur de température, sont transmises à l'unité centrale, via le port USB.

Les manipulations avec ce dispositif ne nécessite que l'installation du logiciel PIANODE, téléchargeable gratuitement sur le site www.pierron.fr Les données récupérées dans PIANODE peuvent être copiées et collées dans Excel ou tout autre tableur pour faire une analyse et un traitement graphique.

1. Mise en place du dispositif

- ❏ Choisir la règle à étudier.
- ❏ Positionner la règle en contact avec les capteurs et la maintenir en position à l'aide des 2 pinces.
- ❏ Vérifier la bonne tenue des pinces sur le support en veillant à ce que les mâchoires soient parfaitement en contact d'un côté avec la règle et de l'autre avec le support.

Éviter que l'utilisateur se tienne à l'aplomb de celles-ci dans le cas où elles viendraient à se désolidariser du support.

- ❏ Vérifier que la règle est bien en contact avec l'ensemble des 6 capteurs.

2. Mesure de la température de la règle et mode opératoire

Pour le mode de **réchauffement**, il faut mettre la règle et son support dans le réfrigérateur (mais pas dans le «freezer») pendant environ 30 minutes.
Avant de la sortir du frigo, il faut :

- ❑ Connecter le dispositif à un PC.
- ❑ Lancer le logiciel PIANODE et renseigner les données nécessaires concernant la durée entre deux acquisitions et la durée totale de l'acquisition.

Pour le mode de **chauffage**, il faut brancher l'ensemble comme précédemment, excepté le fait que nous alimenterons cette fois la résistance chauffante avec un générateur de tension de type avant de lancer la série la série d'acquisitions.

ATTENTION après le chauffage, la température des règles peut être relativement importante et pourrait provoquer des brûlures.
Bien attendre leur refroidissement avant de les manipuler ou le faire avec des équipements adaptés (gants anti-chaleur).

3. Lancement du logiciel PIANODE

- ❑ Télécharger le logiciel PIANODE sur le site www.pierron.fr.
- ❑ Installer le logiciel.
- ❑ Connecter l'appareil au port USB du PC sur lequel vous venez d'installer PIANODE.
- ❑ Dans la rubrique **Port**, cliquer sur le bouton **Détection**.
- ❑ Le port sur lequel est branché l'appareil apparaît alors dans le champ déroulant.
- ❑ Sélectionner le nombre de données totale durant l'acquisition en modifiant la valeur dans le champ dans la rubrique **Nb val max.** ou ajuster le curseur au niveau de la valeur souhaitée (valeur minimum : 1 - valeur maximum : 1 000)
- ❑ Définir ensuite la durée entre l'affichage de 2 données successives en modifiant la valeur dans le champ dans la rubrique **Débit limite (secondes)** ou ajuster le curseur au niveau de la valeur souhaitée. **ATTENTION cette valeur est à saisir en secondes**.
- ❑ Cliquer ensuite sur le bouton **Connecte** pour lancer l'acquisition.
- ❑ Stopper l'acquisition en cliquant sur le bouton **Disconnecte**.
- ❑ Avant de lancer une nouvelle acquisition, remettez toutes les valeur à zéro en cliquant sur le bouton **RAZ**.

Il est possible pour l'utilisateur de calibrer lui-même les capteurs de température (même si ceux-ci ont été calibrés en usine). Pour cela :

- ❑ Cliquer sur **Actions** dans la barre des menus.
- ❑ Choisir **Envoie CALIBRE**.
- ❑ Dans la fenêtre qui s'affiche, renseigner la valeur de la température ambiante qui sera appliquée à l'ensemble des 6 capteurs. La température doit être saisie en degrés. **S'il ne s'agit pas d'un nombre entier, il faudra séparer la partie entière de la partie décimale par un "."**.
- ❑ Valider en cliquant sur **OK**.

Pour revenir aux réglages d'usine, sélectionner **Envoie INIT** dans le menu **Actions**.

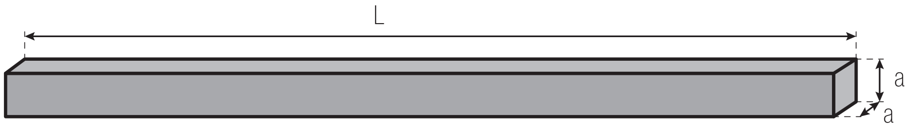
Pour intégrer ces données dans un tableur, il suffit de sélectionner toutes les valeurs (en cliquant sur la case située tout en haut à gauche, dans le tableau), de les copier en cliquant sur **Édition** puis **Copier les données** (ou par le raccourci clavier **CTRL + C**) et de les coller dans le tableur en cliquant sur **Édition** puis **Coller** (par le raccourci **CRTL + V**).

4. Spécifications techniques des règles

- Longueur : 400 mm
- Section carrée de coté 10 mm,
- Capacité thermique massique de l'aluminium : 921 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
- Capacité thermique massique de l'acier : 460 $J.kg^{-1}.K^{-1}$
- Masse volumique de l'aluminium : $2{,}70 \times 10^3$ $kg.m^{-3}$
- Masse volumique de l'acier : $7{,}80 \times 10^3$ $kg.m^{-3}$
- Conductivité thermique de l'aluminium λ : 200 $W.m^{-1}.K^{-1}$
- Conductivité thermique de l'acier λ : 54 $W.m^{-1}.K^{-1}$

1. Réchauffement de la règle : Étude de la convection

1.1 Partie théorique



La règle de métal est un parallélépipède de longueur **L**, de section carrée de côté **a**, initialement en équilibre thermique, dans un réfrigérateur, à la température $\mathbf{T_i}$.
Lorsque la règle est sortie du réfrigérateur, elle se réchauffe au contact de l'air ambiant qui est à la température $\mathbf{T_{air}}$.
On s'intéresse à l'évolution de la température de la règle dans le temps $\mathbf{T_{(t)}}$, pendant le réchauffement, lorsqu'elle est au contact de l'air à la température constante $\mathbf{T_{air}}$.
On suppose que la quantité de chaleur cédée par l'air vers la règle, $\boldsymbol{\delta}\mathbf{Q}$, pendant un bref intervalle de temps **dt**, est proportionnelle à la surface **S** de contact règle-air (où $S = 4.L.a + 2.a^2$), ainsi qu'à l'écart de température $\mathbf{T_{air} - T_{(t)}}$.
On écrit donc :

$$\delta Q = -\alpha.S.(T_{(t)} - T_{air}).dt \qquad (1)$$

Cette chaleur permet le réchauffement de la règle. Si on note **C** la capacité thermique de la règle, on peut écrire :

$$\delta Q = C.(T_{(t+dt)} - T_{(t)})$$

En faisant tendre dt vers 0, on obtient l'équation suivante :

$$\delta Q = C.\frac{dT}{dt}.dt \qquad (2)$$

En faisant l'égalité des équations (1) et (2), nous obtenons l'équation d'évolution de la température de la règle (3) :

$$C.\frac{dT_{(t)}}{dt} = -\alpha.S.(T_{(t)} - T_{air}) \qquad (3)$$

C'est une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants, que nous pouvons résoudre, en tenant compte des conditions initiales $\mathbf{T_{(t=0)} = T_i}$.

Dans le souci de mieux comprendre le développement de notre sujet, nous désirions répondre aux questions suivantes :

1) Quelles sont les dimensions de **C** et de α ? et de $\tau = C/(\alpha.S)$?

2) Calculer la température $\mathbf{T_{(t)}}$ en fonction de τ, $\mathbf{T_i}$. et $\mathbf{T_{air}}$.

3) Tracer l'allure de la courbe $\mathbf{T_{(t)}}$.

4) Quel est le graphe de la fonction $\ln\left(\frac{T_{(t)}-T_{air}}{T_i-T_{air}}\right)$?

Réponses aux questions de la partie théorique

1) Dimensions de C et α :

À l'aide des équations précédentes, nous pouvons écrire :

$$\frac{\delta Q}{dt} = C.\frac{d}{dt}T_{(t)}$$

L'unité de Q est $L^2.M.T^{-2}$.
L'unité de C est $L^2.M.T^{-2}/\theta = L^2.M.T^{-2}.\theta^{-1}$.
Donc, l'unité de C est $J.K^{-1}$.

L'unité de la constante de temps τ est en seconde (s).

$$\tau = \frac{C}{\alpha.S} \quad \text{d'où} \quad \alpha = \frac{C}{\tau.S}$$

$$[\alpha] = \frac{L^2.M.T^{-2}.\theta^{-1}}{T.L^2} = M.T^{-3}.\theta^{-1}$$

L'unité de α est donc $kg.s^{-3}.K^{-1}$ ou $J.°C^{-1}.s^{-1}.m^{-2}$.

2) Calcul de la température $T_{(t)}$ en fonction de t, T_i et T_{air} :

De l'équation (3) nous pouvons également écrire que :

$$\frac{dT_{(t)}}{dt} = \frac{-\alpha.S}{C}(T_{(t)} - T_{air})$$

$$\frac{dT_{(t)}}{dt} = -\frac{1}{\tau}(T_{(t)} - T_{air}) \qquad (4)$$

La résolution de l'équation (4) donne :

$$\frac{dT_{(t)}}{(T_{(t)} - T_{air})} = -\frac{1}{\tau}dt$$

$$\int_{T_i}^{T} \frac{dT_{(t)}}{(T_{(t)} - T_{air})} = -\frac{1}{\tau}\int_{0}^{t} dt$$

$$[\ln(T_{(t)} - T_{air})]_{T_i}^{T} = -\frac{1}{\tau}[\,t\,]_0^t$$

À $t = 0$, $T_{(t=0)} = T$, on peut alors écrire :

$$\ln\left(\frac{T_{(t)}-T_{air}}{T_i-T_{air}}\right) = -\frac{1}{\tau}$$

$$\frac{T_{(t)}-T_{air}}{T_i-T_{air}} = e^{-\frac{t}{\tau}}$$

d'où la solution à l'équation différentielle (4) qui est :

$$T_{(t)}=(T_i-T_{air}).e^{-\frac{t}{\tau}} + T_{air}$$

3) Représentation de la courbe $T_{(t)}$:

On sait que $\lim\limits_{t \to \infty} T_{(t)} = T_{air}$ et que $\lim\limits_{t \to 0} T_{(t)} = T_i$.

On sait également que $T_{(t\,=\,t_0)} = 0$, ce que revient à écrire à partir de la solution de l'équation différentielle de la question 2:

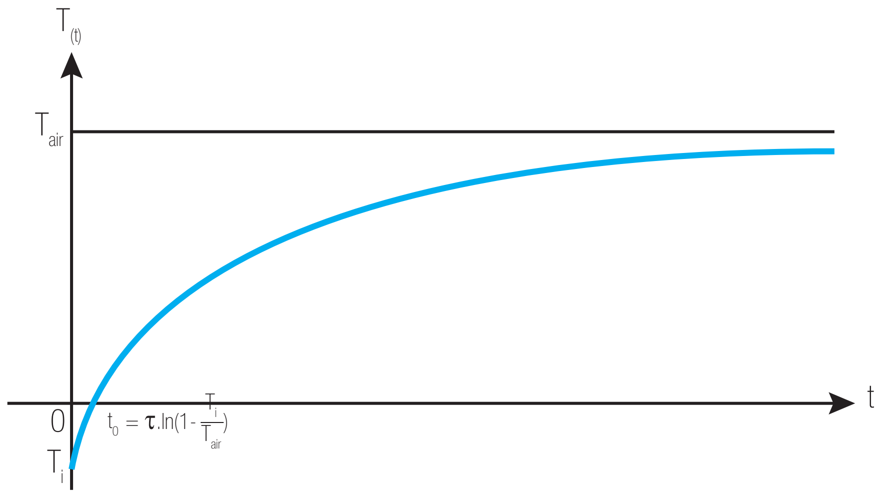
$$T_{(t_0)}=(T_i-T_{air}).e^{-\frac{1}{\tau}t_0} + T_{air} = 0 \quad \text{donc} \quad T_{air}=(T_{air}-T_i).e^{-\frac{1}{\tau}t_0}$$

d'où $\dfrac{T_{air}}{(T_{air}-T_i)} = e^{-\frac{1}{\tau}t_0}$ qui s'écrit également $\ln\left(\dfrac{T_{air}-T_i}{T_{air}}\right) = -\dfrac{1}{\tau}t_0$

On en déduit la valeur t_0 :

$$t_0 = \tau.\ln(1 - \frac{T_i}{T_{air}})$$

On construit alors l'allure de courbe $T_{(t)}$:



4) Graphe de la fonction ln :

La solution de l'équation différentielle (4) est : $T_{(t)}=(T_i\text{-}T_{air}).e^{-\frac{t}{\tau}} + T_{air}$

d'où $T_{(t)} - T_{air} = (T_i\text{-}T_{air}).e^{-\frac{t}{\tau}}$, ce qui revient à $\dfrac{T_{(t)}\text{-}T_{air}}{T_i\text{-}T_{air}} = e^{-\frac{t}{\tau}}$

ainsi $\ln\left(\dfrac{T_{(t)}\text{-}T_{air}}{T_i\text{-}T_{air}}\right) = -\dfrac{t}{\tau} = -\dfrac{1}{\tau}t$

On peut donc écrire $\ln\left(\dfrac{T_{(t)}\text{-}T_{air}}{T_i\text{-}T_{air}}\right) = a.t$ avec $\mathbf{a}$ = constante $= -\dfrac{1}{\tau}$

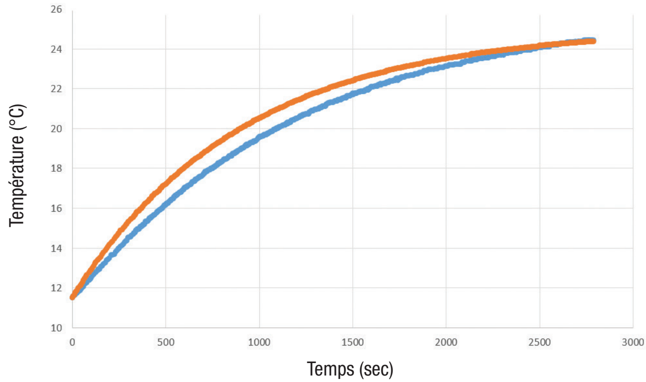
On en déduit que le graphe de la fonction $\ln\left(\dfrac{T_{(t)}\text{-}T_{air}}{T_i\text{-}T_{air}}\right)$ est une droite qui passe par l'origine et de coefficient directeur $\mathbf{a} = -1/\tau$.

1.2. Partie expérimentale

- ❑ Mettez la règle en aluminium au réfrigérateur pendant 30 minutes environ.
- ❑ Branchez le support à un ordinateur.
- ❑ Positionner la règle sur le support.
- ❑ Faire une acquisition du réchauffement de la règle avec le programme PIANODE.

À l'issue de l'acquisition, tracer la courbe T(t).

Évolution de la température en fonction du temps
Règle en aluminium - Capteur 1

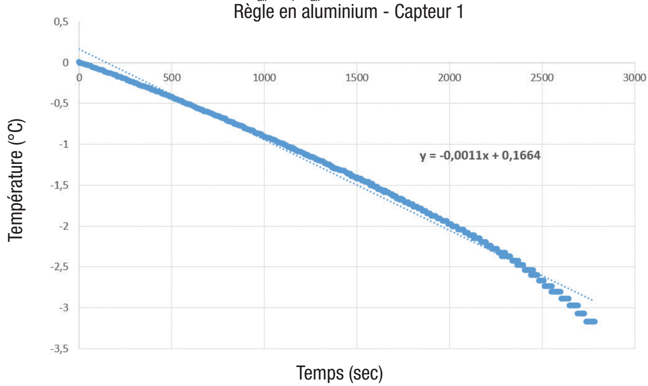


Ce graphique présente les résultats expérimentaux,en bleu. La courbe orange est le résultat du calcul de :

$$T_{(t)}=(T_i-T_{air}).e^{-\frac{t}{\tau}}+T_{air}$$

Le bilan thermique théorique est donc bon. L'échange de chaleur lors du réchauffement est un échange convectif.
Pour faire ce tracé, il faut bien entendu exploiter les valeurs expérimentales et surtout déterminer le paramètre τ (τ est caractéristique du régime transitoire).
Il peut être déterminé graphiquement de façon classique ou bien encore en traçant le graphe suivant :

$\ln((T-T_{air})/(T_i-T_{air}))$ en fonction du temps
Règle en aluminium - Capteur 1



Si la capacité thermique **C** de la règle est calculée théoriquement, la mesure de τ permet d'évaluer la valeur du coefficient de convection thermique α de l'air ambiant durant la manipulation.

Remarque : la même étude conduite avec de l'air ambiant soufflé permet d'évaluer l'influence de la vitesse du vent sur les phénomènes de convection.

Inversement, la détermination de α avec la règle d'aluminium et son utilisation dans l'interprétation des valeurs expérimentales obtenues avec la règle en acier permet de déterminer la capacité thermique massique de l'acier.

5) Afin d'évaluer les incertitudes et notamment sur la température, nous avons procédé de la façon suivante :

Une simple acquisition des températures de chaque capteur sans chauffage ni réchauffement de la règle. Dans ce cas, le régime est permanent.

En considérant les capteurs tous totalement identiques nous majorons volontairement l'incertitude sur la mesure de la température.

Réalisons 100 mesures de la température de la règle en aluminium pour chaque capteur avec $\Delta t = 1$ s

On obtient : $\Delta T = 0{,}6$ °C.

2. Chauffage de la règle : Étude de la conduction

2.1. Partie théorique

Dans ce mode de transfert thermique, les règles sont chauffées par effet Joule à une de leurs extrémités à l'aide d'une résistance électrique, nous nous intéressons donc à la conduction thermique.

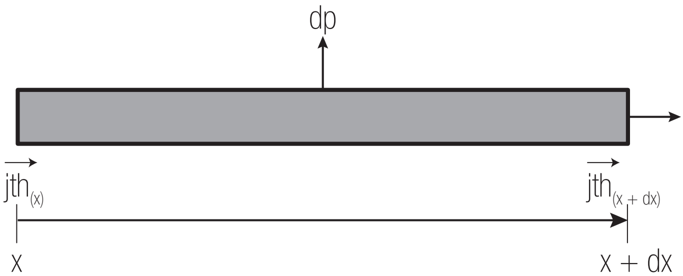
Avant de développer le processus de la propagation ou le transfert thermique par conduction, nous admettons les hypothèses que les tiges d'aluminium ou d'acier sont maintenues à une température constante à leur extrémité et qu'elles sont suffisamment longues pour que la température de l'autre extrémité soit confondue avec la température ambiante $\mathbf{T_{air}}$.

Nous admettons que les pertes thermiques, par convection, de la surface latérale de la tige s'expriment par :

$$dp = k.(T - T_{air}).ds \qquad (1)$$

où **dp** est la puissance thermique cédée par un élément de la surface latérale ds.

T - T$_{air}$ est l'excédent de température de l'élément du conducteur par rapport au milieu ambiant avec lequel il est en contact.
k est une constante caractéristique du conducteur considéré.



L'énergie interne de la tige d'une portion élémentaire est constante en régime permanent car il n'y a pas d'échauffement au sein de la tige.
Il en résulte que :

$$[jth_{(x)} - jth_{(x+dx)}].S = dp$$

où jth est la densité de flux thermique ($w.m^{-2}$).
$S = a^2$ est la section de la tige (m^2).

La chaleur est cédée par la surface latérale $ds = 4a.dx$.

De l'équation (1), nous obtenons :

$$\frac{d\,jth}{dx} = -\frac{1}{a^2}\frac{dp}{dx} = -\frac{1}{a^2}\,k.(T - T_{air}).4a \qquad (2)$$

On pose $\theta_{(x)} = T - T_{air}$. La loi de Fourier donne :

$$jth_{(x)} = -\lambda\frac{dT}{dx} = -\lambda\frac{d\theta}{dx} \qquad \text{soit} \qquad \frac{d\,jth}{dx} = -\lambda\frac{d^2\theta}{dx^2}$$

En reportant cette valeur dans l'équation (2), on obtient :

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} = \frac{4k}{\lambda a}\theta$$

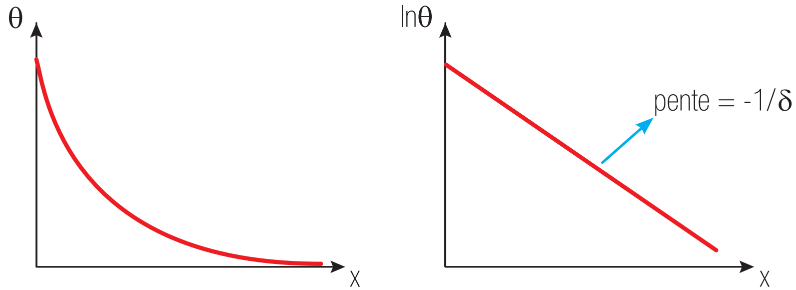
$$\text{soit} \quad \frac{d^2\theta}{dx^2} - \frac{4k}{\lambda a}\theta$$

On pose $\delta = \sqrt{\frac{\lambda a}{4k}}$, l'équation précédente devient alors

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} - \frac{1}{\delta^2}\theta = 0$$

Cette équation admet la solution générale suivante : $\theta_{(x)} = \theta_0.\exp\left(-\frac{x}{\delta}\right)$

D'où $\ln\theta_{(x)} = \ln\theta_0 - \frac{x}{\delta}$

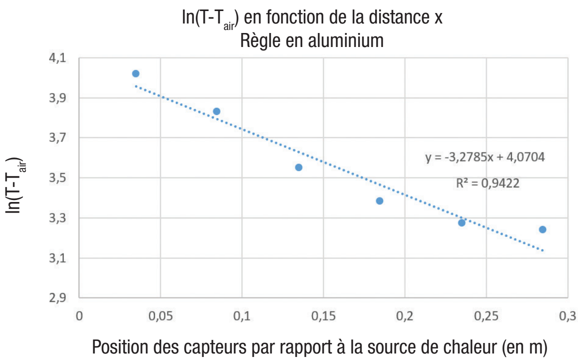


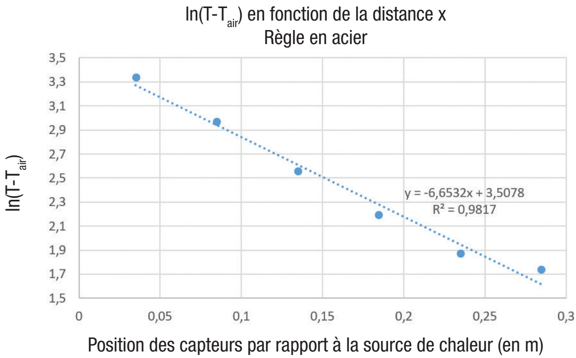
Avec deux règles de matériau différent (aluminium et acier), nous comparons les pentes :

- pente 1 de l'aluminium $= -\sqrt{\frac{4k}{\lambda_{al}a}}$
- pente 2 de l'acier $= -\sqrt{\frac{4k}{\lambda_{acier}a}}$

Le coefficient **k** conserve la même valeur pour les deux règles.
Si nous connaissons la conductivité λ de l'une des deux, nous pouvons trouver la conductivité de la deuxième.
On donne la conductivité thermique à 20 °C des 2 matériaux :

- conductivité thermique de l'aluminium : 200 $W.m^{-1}.K^{-1}$
- conductivité thermique de l'acier est 54 $W.m^{-1}.K^{-1}$.





Les 2 figures précédentes, montrent le logarithme népérien en fonction de la distance **x** pour les deux métaux chauffés sous une puissance de 10 W.
On trouve alors les valeurs suivantes : $1/\delta_{al} = 3{,}28$ et $1/\delta_{acier} = 6{,}65$.

$$\lambda_{acier} = \lambda_{al} . \left(\frac{\delta_{acier}}{\delta_{al}}\right)^2$$

Application numérique : $\lambda_{acier} = 228.\left(\frac{3{,}28}{6{,}65}\right)^2 = 48{,}66\ W.m^{-1}.K^{-1}$

L'allure des courbes (droites) permet également de vérifier la loi de la propagation de la chaleur le long de la règle.

Si au cours d'une acquisition, nous coupons le chauffage après avoir atteint un régime permanent, la chaleur se transmet alors de la règle vers l'air (mode de refroidissement).

Concernant les gradients thermiques (dT/dx) des deux règles, nous constatons que le gradient de la règle en acier est moins important que celui de l'aluminium ; le rapport entre les deux gradients est environ de [(22,5/0,3) / (30/0,3) = 0,75].

1 - Entretien

Aucun entretien particulier n'est nécessaire au fonctionnement de votre appareil.
Toutes les opérations de maintenance ou de réparation doivent être réalisées par PIERRON - ASCO & CELDA. En cas de problème, n'hésitez pas à contacter le Service Clients.

2 - Garantie

Les matériels livrés par PIERRON - ASCO & CELDA sont garantis, à compter de leur livraison, contre tous défauts ou vices cachés du matériel vendu. Cette garantie est valable pour une durée de 2 ans après livraison et se limite à la réparation ou au remplacement du matériel défectueux. La garantie ne pourra être accordée en cas d'avarie résultant d'une utilisation incorrecte du matériel.
Sont exclus de cette garantie : la verrerie de laboratoire, les lampes, fusibles, tubes à vide, produits, pièces d'usure, matériel informatique et multimédia.
Certains matériels peuvent avoir une garantie inférieure à 2 ans, dans ce cas, la garantie spécifique est indiquée sur le catalogue ou document publicitaire.
Le retour de matériel sous garantie doit avoir notre accord écrit.
Vices apparents : nous ne pourrons admettre de réclamation qui ne nous serait pas parvenue dans un délai de quinze jours après livraison au maximum. À l'export, ce délai est porté à un mois.
La garantie ne s'appliquera pas lorsqu'une réparation ou intervention par une personne extérieure à notre Société aura été constatée.

ÉQUIPEMENT PÉDAGOGIQUE SCIENTIFIQUE

PIERRON - ASCO & CELDA
CS 80609 • 57206 SARREGUEMINES Cedex • France
Tél. : 03 87 95 14 77
Fax : 03 87 98 45 91
E-mail : education-france@pierron.fr