

Instruction pour expérience

WL 370 Unité d'essai p. transm.
de chaleur par conduction

G.U.N.T. Gerätebau GmbH

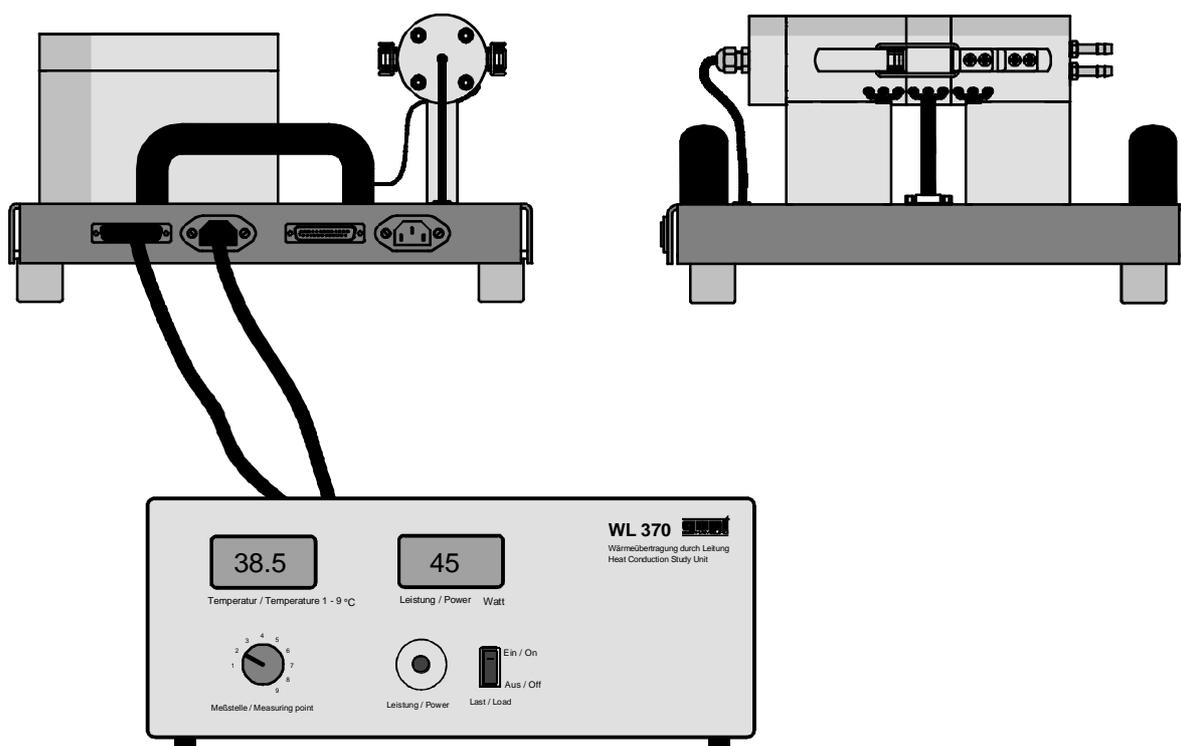
Boîte postale 1125

D-22881 Barsbüttel • Allemagne

Téléphone (040) 670854-0

Téléfax (040) 670854-42

WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



Tous droits réservés G.U.N.T. Gerätebau G.m.b.H., Barsbüttel, 02/98

Instruction pour expérience

Lisez impérativement les directives de sécurité avant la première mise en service!

Sommaire

1	Introduction.	1
2	Description de l'appareil.	2
2.1	Composition de l'appareil.	2
2.1.1	Conduction thermique linéaire	3
2.1.2	Conduction thermique radiale.	4
2.1.3	Appareil de commande et d'affichage.	5
2.2	Points de mesure et dimensions	6
2.2.1	Conduction thermique linéaire	6
2.2.2	Conduction thermique radiale.	7
2.3	Mise en service	8
3	Instructions de sécurité	10
3.1	Danger de blessures ou de mort	10
3.2	Dangers pour l'appareil et son fonctionnement	11
4	Théorie fondamentale	12
4.1	Conduction thermique stationnaire	12
4.2	Conductibilité thermique	13
4.3	Conduction thermique linéaire.	14
4.3.1	Conduction thermique à travers une paroi plane	14
4.3.2	Conduction thermique à travers une paroi multicouche	14
4.4	Conduction thermique radiale	15
5	Expérimentations	16
5.1	Conduction thermique linéaire avec l'élément d'essai 1	16
5.1.1	Interprétation de l'essai.	18

WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



5.2	Conduction thermique linéaire avec l'élément d'essai 2	19
5.2.1	Interprétation de l'essai	20
5.3	Conduction thermique linéaire avec l'élément d'essai 3	21
5.3.1	Interprétation de l'essai	22
5.4	Conduction thermique radiale	23
5.4.1	Interprétation de l'essai	24
5.5	Autres essais	24
6	Annexe	25
6.1	Feuilles de travail	25
6.2	Caractéristiques techniques	29
6.3	Bibliographie	30
6.4	Indexe	31

1 Introduction

Pour les calculs techniques, il est important de déterminer la quantité de chaleur transmise par unité de temps entre deux milieux portés à des températures différentes et séparés l'un de l'autre par une paroi. Ce transport de chaleur, appelé transfert thermique, s'effectue essentiellement selon trois modes :

- **Conduction thermique** dans les solides ou dans des liquides ou gaz au repos.
- **Convection** entre un corps solide et un milieu liquide ou gazeux en mouvement.
- **Rayonnement thermique**, sans vecteur matériel.

La plupart du temps, la chaleur est transférée simultanément par conduction, convection et rayonnement. Les différents modes de transfert thermique étant soumis à des lois différentes, ils doivent être traités de façon distincte.

Le **banc d'essai G.U.N.T. WL 370 de transfert thermique par conduction** permet d'étudier de façon expérimentale les lois et grandeurs fondamentales de la **conduction thermique** dans les corps solides.

L'appareil de table **WL 370 Transfert thermique par conduction** comporte deux dispositifs d'expérimentation, l'un pour la **conduction thermique linéaire**, l'autre pour la **conduction thermique radiale**.

La **conduction thermique linéaire** permet, en utilisant différents éléments de montage, d'effectuer des expériences avec des matériaux et des diamètres variés.

WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



2 Description de l'appareil

2.1 Composition de l'appareil

L'appareil d'essai **WL 370 Transfert thermique par conduction** est un appareil de tables à deux dispositifs d'expérimentation, **Conduction thermique linéaire (1)** et **Conduction thermique radiale (2)**. L'appareil de commande et d'affichage (3) se place à côté de l'appareil d'essai. Les deux unités sont reliées entre elles par deux câbles : un câble de données (4) et un câble d'alimentation électrique (5). L'appareil d'essai doit être complété par une alimentation électrique (8) et un circuit d'alimentation et d'évacuation d'eau de refroidissement (6,7), à prévoir par le laboratoire.

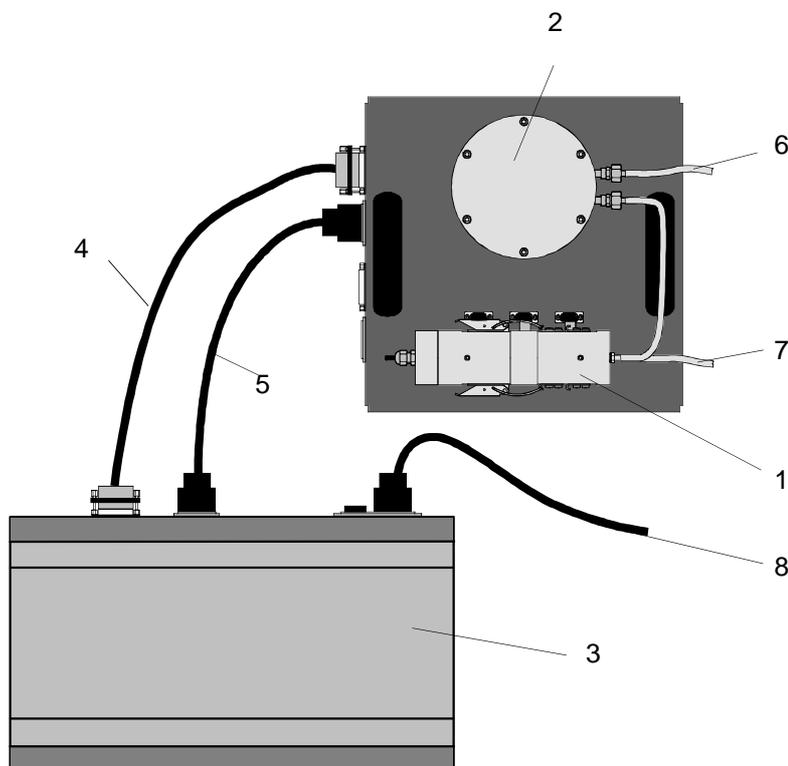


Fig. 2.1 Appareil de table avec appareil de commande et d'affichage

2.1.1 Conduction thermique linéaire

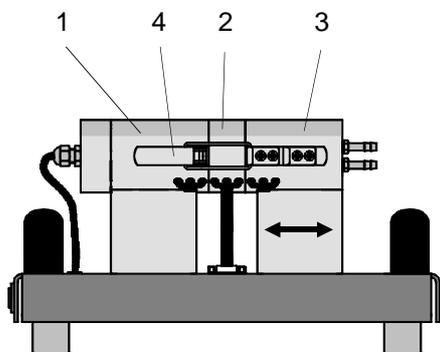


Fig. 2.4 Conduction thermique linéaire

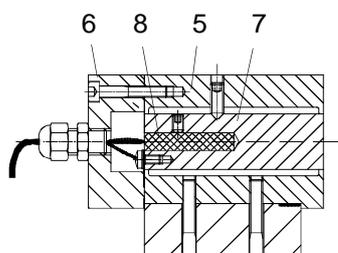


Fig. 2.2 Source de chaleur

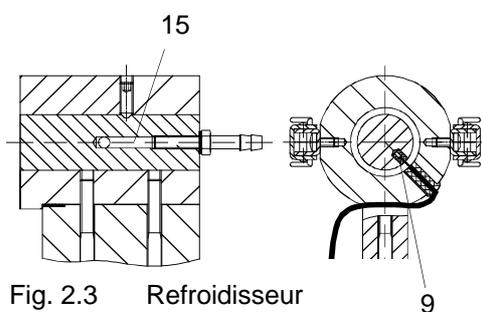


Fig. 2.3 Refroidisseur et points de mesure

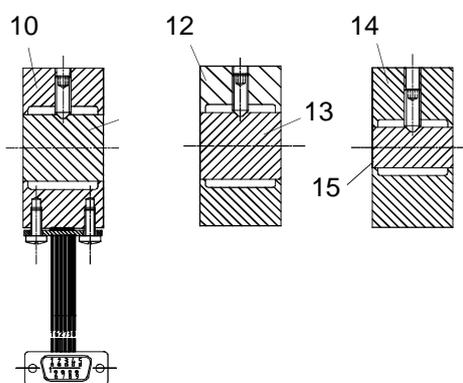


Fig. 2.5 Éléments d'essai

Le montage d'expérimentation de la **conduction thermique linéaire** comprend deux sous-ensembles :

- une partie fixe avec la source de chaleur (1)
- différents éléments d'essai (2)
- une pièce mobile avec refroidisseur (3)

Les éléments d'essai se montent en ouvrant le système de serrage (4) et en reculant l'élément de refroidissement (3). La chaleur peut ainsi être transférée de façon linéaire de l'élément chauffant au refroidisseur, à travers l'élément d'essai intermédiaire.

La source de chaleur (1) se compose d'une isolation extérieure (5), d'un couvercle (6), d'un barreau en laiton (7) et d'une résistance électrique (8). Trois points de mesure (9) disposés à 45° sont placés, à travers l'isolation extérieure (5), sur le barreau de laiton (7). Avec l'élément d'essai (10), on dispose ainsi d'une étendue de mesure à neuf emplacements de mesure.

L'**élément d'essai 1** (10) comporte trois points de mesure sur un barreau de laiton (11). Ce barreau de laiton est de même diamètre que celui de la source de chaleur (1) et du refroidisseur (3). Les câbles de mesure sont raccordés à la platine par un connecteur D-SUB. Les autres éléments d'essai peuvent s'insérer à côté de l'élément d'essai 1, sans avoir à débrancher la liaison au connecteur D-SUB.

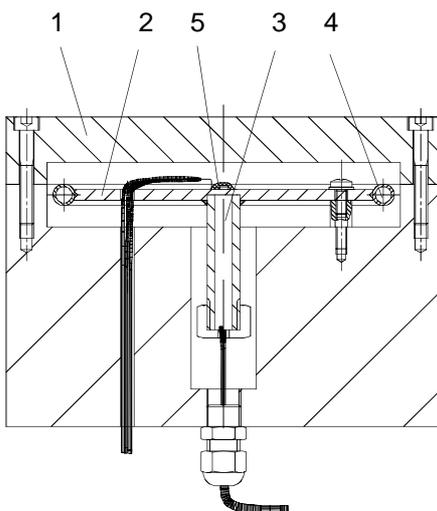
L'**élément d'essai 2** (12) a, lui aussi, le même diamètre que la source de chaleur et le refroidisseur, mais il est en acier inoxydable (13) et n'a pas d'emplacement de mesure.

L'**élément d'essai 3** (14) est, par contre, d'un diamètre inférieur et est, cette fois, en laiton (15)

et ne comporte pas non plus d'emplacement de mesure. Tous les éléments d'essai comportent une enveloppe isolante.

Le refroidisseur (3) est constitué, comme la source de chaleur, d'un barreau de laiton avec isolation extérieure. Ce barreau de laiton comporte toutefois des perçages (15) par lesquels peut circuler l'eau de refroidissement.

2.1.2 Conduction thermique radiale



Le module d'essai **Conduction thermique radiale** est un ensemble fermé. Celui-ci comprend :

- Une enveloppe isolante (1) avec couvercle
- Un disque (2) avec élément chauffant (3) et refroidisseur (4)

L'élément chauffant (3) est fixé par le bas au centre d'un disque de laiton (2). A la périphérie du disque est disposé un tube de cuivre (4) dans lequel peut circuler l'eau de refroidissement. En haut, six points de mesure de température (5) sont disposés radialement par rapport au centre.

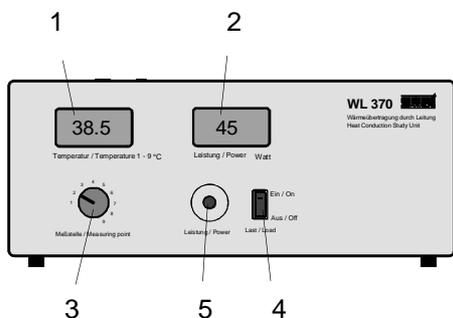
Fig. 2.6 Conduction thermique radiale

Avec cette disposition, la chaleur est transmise radialement de la source de chaleur au refroidisseur.

WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



2.1.3 Appareil de commande et d'affichage



L'appareil de commande et d'affichage dispose d'un afficheur de température et d'un afficheur de puissance (1,2). Ce sont deux afficheurs numériques. La température est affichée en C et la puissance du chauffage en W.

La sélection des points de mesure de température à afficher se fait au moyen d'un bouton rotatif (3).

Le chauffage se commande par l'interrupteur (4) MARCHE / ARRET et se règle par le potentiomètre (5).

Fig. 2.7 Appareil de commande et d'affichage

WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



2.2 Points de mesure et dimensions

2.2.1 Conduction thermique linéaire

Les points de mesure sont numérotés de gauche à droite. La distance d'un point de mesure au point suivant est toujours de 10 mm.

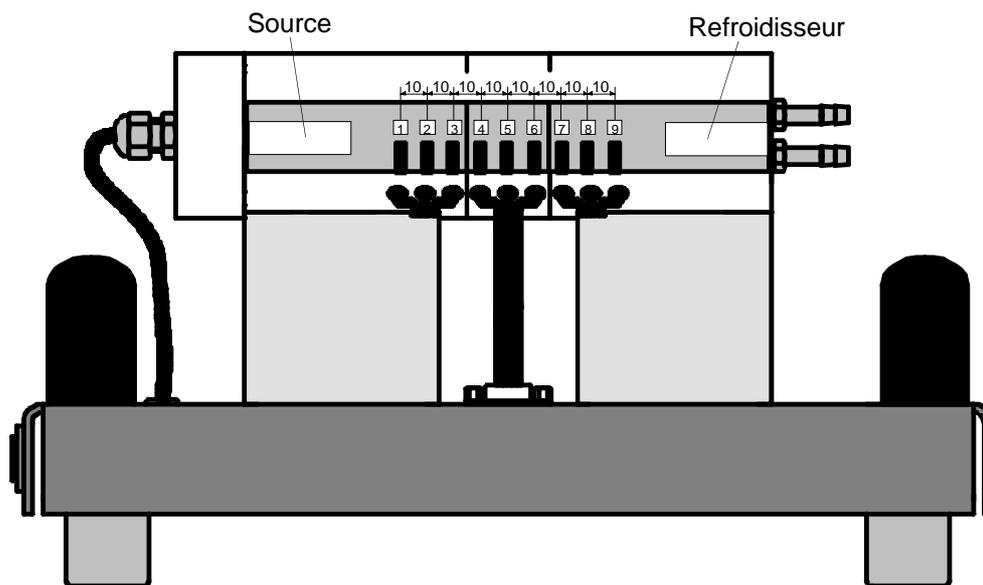


Fig. 2.8 Points de mesure de transfert thermique linéaire

Le diamètre de la source de chaleur, du refroidisseur et des éléments d'essai 1 et 2 est de 25 mm. L'élément d'essai 3 a un diamètre de 15 mm.

Si l'élément d'essai 1 n'est pas utilisé pour une expérience, les températures des points de mesure 4, 5, et 6 doivent être ignorés.

2.2.2 Conduction thermique radiale

Les points de mesure sont numérotés du centre vers l'extérieur. La distance d'un point de mesure à un autre est toujours de 10 mm.

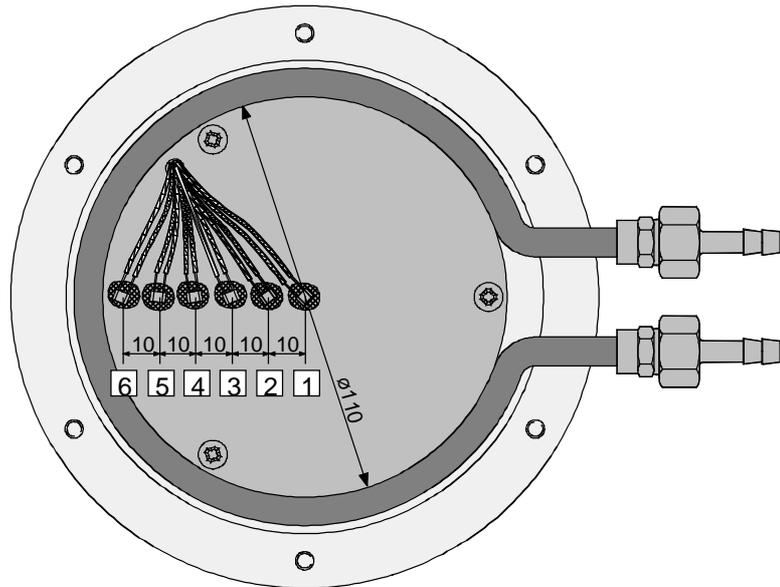


Fig. 2.9 Points de mesure de transfert thermique radial

Le diamètre du disque est de 110 mm, et son épaisseur de 4 mm.

La source de chaleur est disposée en dessous et au centre du disque, et son diamètre est de 12 mm.

Pour ces essais, les points de mesure 7, 8 et 9 doivent être ignorés.

2.3 Mise en service

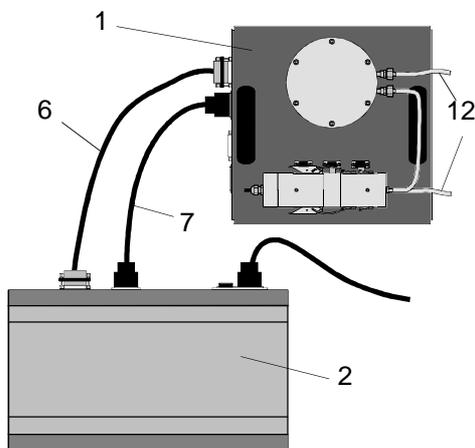


Fig. 2.10 Appareil d'essai

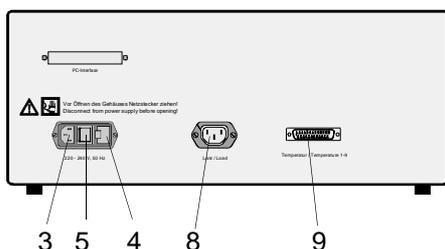


Fig. 2.12 Face arrière de l'appareil de commande et d'affichage

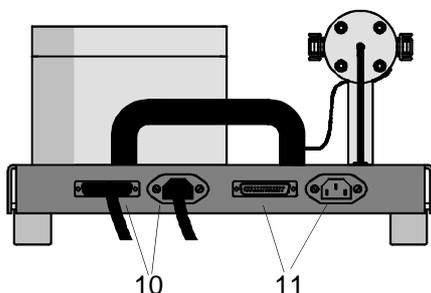


Fig. 2.11 Côté raccordement Appareil d'essai

Avant de procéder aux essais, il est indispensable de lire soigneusement les Instructions d'essai et d'enseigner à chaque participant la mise en oeuvre correcte.

- Disposer l'appareil d'essai (1) et l'appareil de commande et d'affichage (2) sur une table, en s'assurant de leur stabilité.
- Effectuer le raccordement électrique :
A l'arrière de l'appareil de commande et d'affichage se trouve une prise de courant d'alimentation (3) avec fusible (4) en aval et un interrupteur général (5) pour l'alimentation en 230V / 50 Hz de l'appareil de commande et d'affichage.
- Raccorder l'appareil d'essai à l'appareil de commande et d'affichage au moyen du câble de données (6) et du câble d'alimentation électrique (7). Les prises électriques pour le chauffage (8) et l'enregistrement de données (9) se trouvent à l'arrière de l'appareil.
La prise de gauche de l'appareil est utilisée pour l'essai **Transfert thermique radial** (10), tandis que la droite sert à l'essai de **Transfert thermique linéaire** (11).
- L'alimentation et l'évacuation de l'eau de refroidissement (12) doivent être prévues avec un tuyau de 6 mm.

Attention !

Ne jamais raccorder la source de chaleur directement au secteur. Le raccordement doit toujours s'effectuer via l'appareil de commande et d'affichage.

WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



Avant de changer de branchement, couper d'abord l'appareil de commande et d'affichage.

Ne jamais fonctionner sans refroidisseur.

WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



3 Instructions de sécurité

3.1 Danger de blessures ou de mort

En matière de **sécurité du travail**, la mise en **oeuvre du banc d'essai de transfert thermique par convection WL 370** doit prendre en **considération les points suivants** :



- **DANGER !** Faire très attention en ouvrant l'appareil de commande et d'affichage et en accédant à un circuit électrique quelconque.

Il y a danger d'électrocution. Débrancher impérativement la fiche secteur au préalable.

Les réparations ne doivent être effectuées que par des personnes qualifiées.

- Respecter le calibre prescrit pour le dispositif de protection (fusible).



- **DANGER !** Ne pas toucher les surfaces et pièces brulantes !

Danger de brulures.

Toujours laisser d'abord l'appareil refroidir.

En fonctionnement à forte puissance de chauffage, l'enveloppe de l'appareil est également à haute température. Les vis du système de fermeture peuvent également atteindre une température élevée. Ne les démonter qu'avec des gants ou à l'aide d'un chiffon.

3.2 Dangers pour l'appareil et son fonctionnement



- Danger de surchauffe.
Ne jamais faire fonctionner l'appareil d'essai au-delà de 120C.
Les éléments en plastique risqueraient de fondre.



- Ne jamais faire fonctionner l'appareil d'essai sans eau de refroidissement. L'appareil peut atteindre une température excessive.



- Ne pas raccorder la source de chaleur directement au secteur. La source de chaleur pourrait atteindre une température excessive et brûler.



- Avant de changer le branchement des câbles de données et d'énergie, couper d'abord l'appareil de commande et d'affichage. Les capteurs de température et transformateurs de mesure risqueraient d'être endommagés.

4 Théorie fondamentale

4.1 Conduction thermique stationnaire

La conduction thermique est le transport thermique moléculaire en milieu solide, liquide ou gazeux, sous l'effet d'un différentiel de température. Si le transport de chaleur est maintenu de façon continue par apport de chaleur, c'est le cas le plus fréquent de la **conduction thermique stationnaire**, par exemple dans les échangeurs de chaleur.

Par la section d'un corps solide, fig. 4.1, cette section étant nettement plus grande que la surface périphérique, il s'écoule, en un temps t , selon la loi de Fourier, la quantité de chaleur Q .

Le **flux thermique** \dot{Q} par conduction thermique est déterminé par l'équation suivante :

$$Q = -\lambda \cdot A \cdot t \cdot \frac{d\vartheta}{dx} \quad (4.1)$$

dans laquelle λ est la **conductivité thermique** du matériau soumis à la chaleur, ϑ a la **température**, A la **surface** isotherme et $d\vartheta / dx$ le **gradient de température** dans le sens du flux thermique.

Le **flux thermique** \dot{Q} est égal au quotient de la quantité de chaleur par le temps.

$$\dot{Q} = \frac{Q}{t} = -\lambda \cdot A \cdot \frac{d\vartheta}{dx} \quad (4.2)$$

Pour ce calcul, on suppose qu'un différentiel de température n'est présent que dans une direction, la température dans un plan perpendiculaire étant supposée constante.

Le flux thermique surfacique est appelé la **densité de flux thermique** \dot{q} :

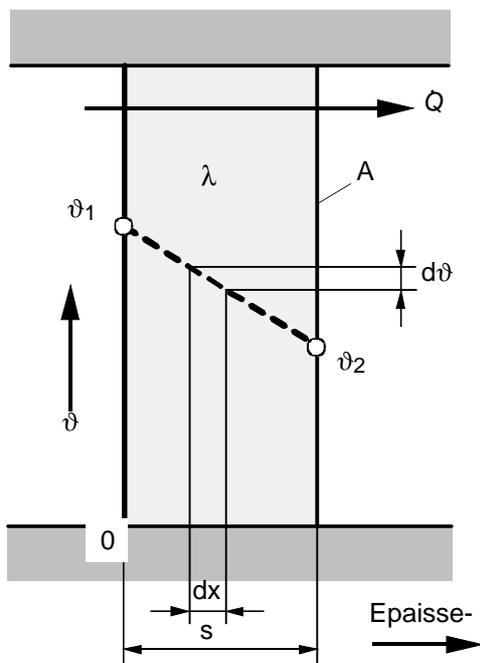


Fig. 4.1 Conduction thermique à travers une paroi plane

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{A} \quad (4.3)$$

Si l'on considère un matériau dont la conductivité thermique est fonction de la température $\lambda = f(\vartheta)$, et si l'on prend cette conductivité thermique λ comme conductivité thermique moyenne $\lambda_{1,2}$ dans la plage comprise entre les températures ϑ_1 et ϑ_2 , on obtient pour la **densité de flux thermique \dot{q}** :

$$\dot{q} = \frac{\lambda}{s} \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_2) \quad (4.4)$$

4.2 Conductivité thermique

La conductivité thermique est un processus moléculaire, qui consiste en un échange d'énergie cinétique entre une molécule et une autre.

Dans les métaux, la conduction thermique provient, en plus de l'agitation moléculaire, des courants d'électrons qui augmentent la conductivité. Dans ces matériaux, les électrons ne sont pas assujettis à une position fixe, mais se déplacent librement dans le réseau moléculaire (un peu comme les molécules d'un gaz). C'est la raison pour laquelle les matériaux électriquement conducteurs ont une conductivité thermique nettement supérieure à celle des matériaux électriquement non conducteurs. La conductivité thermique à 20 C est approximativement :

$$\lambda_{20C} \approx \frac{2,45 \cdot \chi_e \cdot T}{10^8} \text{ in } \frac{W}{m \cdot K} \quad (4.5)$$

avec χ_e = conductivité électrique ($1/(\Omega \cdot m)$)

T = température absolue (K)

4.3 Conduction thermique linéaire

4.3.1 Conduction thermique à travers une paroi plane

A travers une paroi plane, le flux thermique, selon l'équation 4.1 est égal à :

$$Q = -\lambda \cdot A \cdot t \cdot \frac{d\vartheta}{dx} .$$

A section constante A et avec $dx = s$ on obtient :

$$\dot{Q} = \frac{\lambda}{s} \cdot A \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_2) \quad (4.6)$$

4.3.2 Conduction thermique à travers une paroi multicouche

Le flux thermique est identique pour chaque couche de la paroi. On a par conséquent :

1. couche : $\dot{Q} = \frac{\lambda_1}{s_1} \cdot A \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_2)$

2. couche : $\dot{Q} = \frac{\lambda_2}{s_2} \cdot A \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_n)$

n. couche : $\dot{Q} = \frac{\lambda_n}{s_n} \cdot A \cdot (\vartheta_n - \vartheta_{n+1})$

En transformant et en additionnant les équations des différentes couches, on obtient le flux thermique cherché, compte tenu du différentiel total de température, comme suit :

$$\dot{Q} = \frac{A \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_{n+1})}{\frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \frac{s_n}{\lambda_n}} \quad (4.7)$$

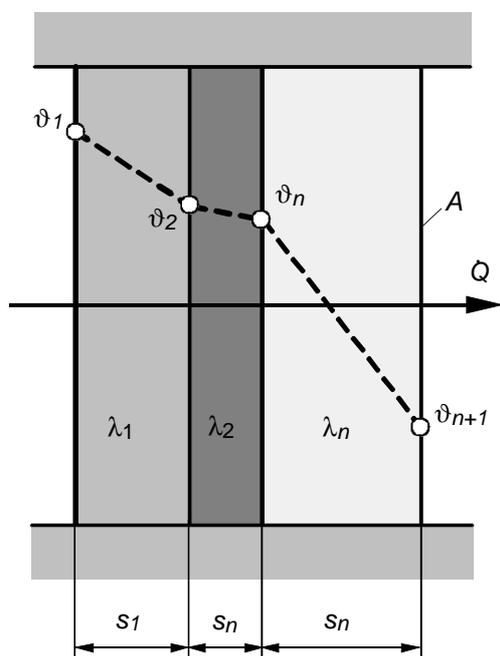


Fig. 4.2 Conduction thermique dans une paroi multicouche

4.4 Conduction thermique radiale

La conduction thermique radiale correspond à la conduction thermique à travers un cylindre creux. Alors que dans une paroi plane, la surface de passage thermique reste constante, la surface soumise à la chaleur varie dans le cas du transfert thermique radial, $A = f(r)$. Le flux thermique étant toutefois constant, on obtient, en un point quelconque du cylindre :

$$\dot{Q} = -\lambda \cdot A \cdot \frac{d\vartheta}{dr} \quad (4.8)$$

avec $A = 2 \cdot r \cdot \pi \cdot L$ $L =$ longueur du cylindre
d'o :

$$\dot{Q} = -\lambda \cdot 2 \cdot r \cdot \pi \cdot L \cdot \frac{d\vartheta}{dr}$$

Par transformation et intégration entre les limites r_i et r_a , on obtient le flux thermique cherché dans un cylindre creux :

$$\dot{Q} = \lambda \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot L}{\ln \frac{r_a}{r_i}} \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_2) \quad (4.9)$$

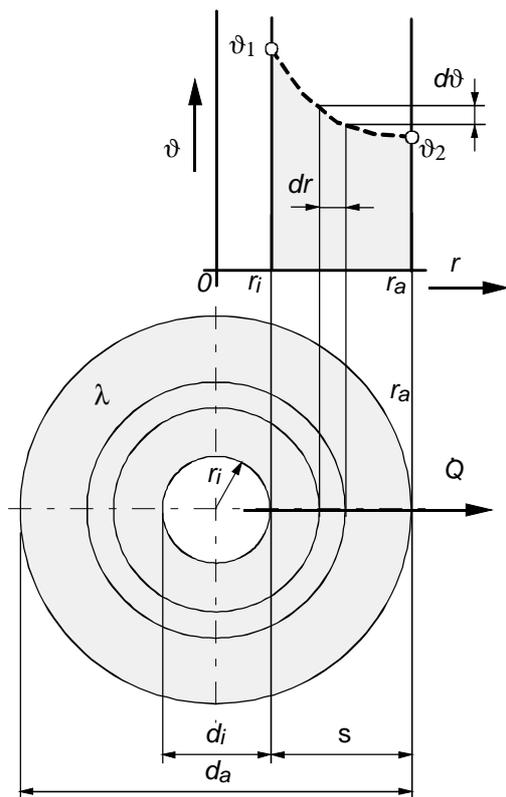


Fig. 4.3 Conduction thermique radiale

Tous droits réservés G.U.N.T. Gerätebau G.m.b.H., Barsbüttel, 02/98

5 Expérimentations

Ce chapitre décrit quelques exemples d'expériences pouvant être réalisées avec cet appareil.

Les résultats de mesure indiqués ne doivent pas être considérés comme étant des valeurs indicatives valables dans tous les cas. Selon l'habileté de l'expérimentateur, la température ambiante, ainsi que la température et la quantité d'eau de refroidissement, les résultats obtenus peuvent présenter une certaine dispersion.

Le chapitre est scindé en essais de **conduction thermique linéaire** et de **conduction thermique radiale**.

Le but recherché dans ces expériences doit être la représentation graphique du diagramme de la température en conduction linéaire et radiale, la conductibilité thermique λ pouvant, en outre, être déterminée.

5.1 Conduction thermique linéaire avec l'élément d'essai 1

- Placer l'appareil comme indiqué au chap. 2.3, monter l'élément d'essai 1 et régler le débit d'eau de refroidissement (il suffit d'une très faible quantité d'eau de refroidissement, environ 1 l/h, pour évacuer, avec un différentiel de température de 90 C, une puissance thermique de 90 W).
- Mettre l'appareil en marche et régler la puissance sur l'appareil de commande et d'affichage pour obtenir le gradient de température souhaité.
- Lorsque l'état de la conduction thermique est stationnaire, c'est-à-dire quand les températures aux différents points de mesure sont sta-

WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



bles et n'évoluent plus, relever les indications des différents points de mesure et de la puissance électrique de la source de chaleur.

Elément d'essai 1 avec 3 points de mesure	étendue de mesure :		laiton /	laiton /	laiton
	diamètre :		25 mm	25 mm	25 mm
	conductibilité thermique* :		113	113	113 W / (m · K)
	puissance :		82 Watt	à 20°C	
point de mesure	distance s en mm	température ϑ en °C	différentiel de température $\Delta\vartheta$ en K		conductibilité thermique λ en $\frac{W}{m \cdot K}$
1	-	120.8	-		-
2	10	112.6	8.2		203.7
3	20	103.5	9.1		183.6
4	30	89.2	14.3		116.8
5	40	78.1	11.1		150.5
6	50	67.6	10.5		159.1
7	60	52.3	15.3		109.2
8	70	41.5	10.8		154.7
9	80	29.9	11.6		144.0

Tab. 5.1 Points de mesure de l'élément 1

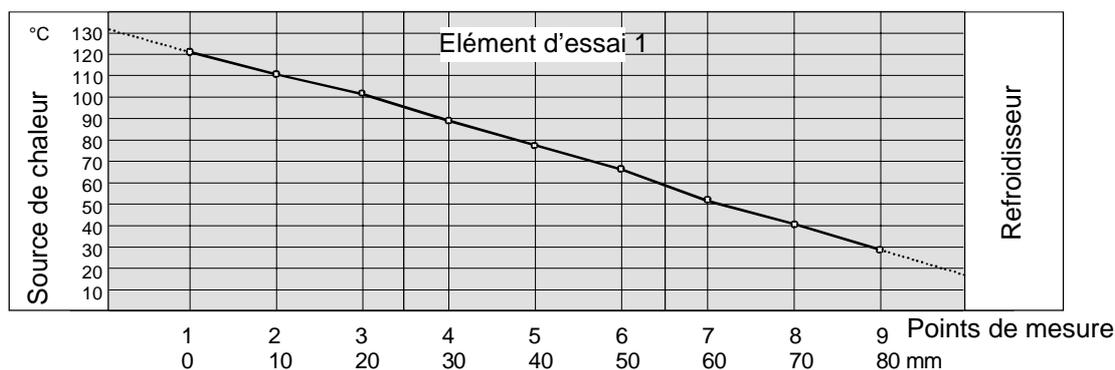


Fig. 5.1 Diagramme de température avec l'élément 1

5.1.1 Interprétation de l'essai

Les valeurs λ supérieures à la valeur généralement indiquée dans les manuels $\lambda_{Messing} = 113 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, provient d'une part des pertes thermiques de l'isolation, et d'autre part de l'augmentation de la conductibilité à température élevée.

Pour des pertes = 0, le besoin calorifique serait moindre et la valeur λ inférieure. L'importance des pertes est fonction du différentiel de température par rapport à l'environnement.

On voit sur le tab. 5.1, que lorsque la température baisse, la conductibilité thermique λ diminue.

Il n'est par conséquent pas évident de déterminer la part qui concourt à l'augmentation de la conductibilité thermique λ .

La fig. 5.1 montre clairement les variations de caractéristiques de température aux points de contact de l'élément d'essai. Ce contact imparfait est également responsable d'un différentiel de température $\Delta \vartheta$ plus élevé, ainsi que d'une conductibilité thermique λ plus faible entre les points de mesure 3-4 et 6-7.

WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



5.2 Conduction thermique linéaire avec l'élément d'essai 2

- Mettre en place l'élément d'essai 2 et régler le débit d'eau de refroidissement
- Mettre l'appareil en marche et régler la puissance sur l'appareil de commande et d'affichage pour obtenir le gradient de température souhaité.
- Lorsque l'état de la conduction thermique est stationnaire, relever les différentes valeurs de mesure et la puissance électrique de la source de chaleur.

Elément d'essai 2 pas d'emplacement de mesure	étendue de mesure:		laiton / 25 mm	inox / 25 mm	laiton 25 mm
	diamètre :	conductivité thermique*:	113	15	113 W/(m·K)
	puissance :		20 Watt	* à 20°C	
point de mesure	distance s en mm	température ϑ en °C	différentiel de température $\Delta\vartheta$ en K	conductivité thermique λ en $\frac{W}{m \cdot K}$	
1	-	99.3	-	-	
2	10	98.9	-	-	
3	20	97.6	-	-	
Points de contact 1	25	~94	5.3	192.2	
Points de contact 2	55	~29	65	18,8	
7	60	28.4	-	-	
8	70	25.8	-	-	
9	80	23.4	5.6	181.9	

Tab. 5.2 Points de mesure de l'élément 2

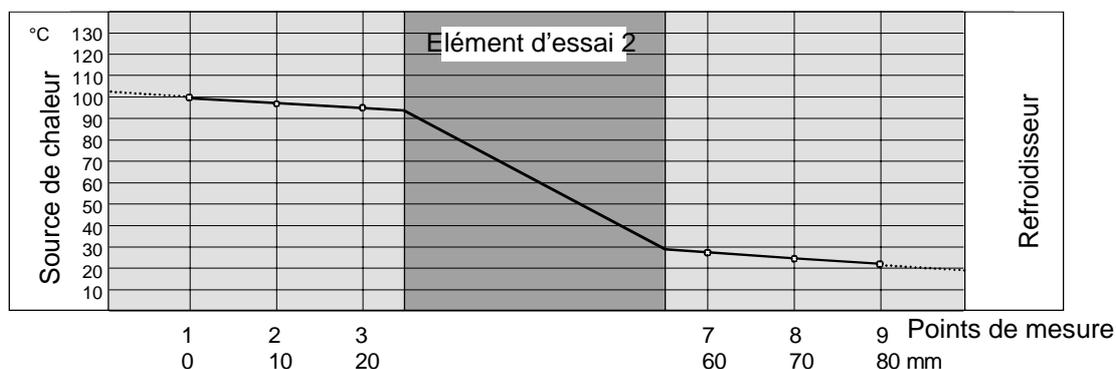


Fig. 5.2 Diagramme de température de l'élément 2

5.2.1 Interprétation de l'essai

Les températures des points de contact 1 + 2 ont été prises sur la fig. 5.2.

On retrouve ici la même approximation par rapport aux valeurs citées généralement dans les manuels

$\lambda_{Messing} = 113 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ et

$\lambda_{VA-Stahl} = 15 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$. Les valeurs sont également légèrement plus élevées, cf.chap. 5.1.1.

Les mesures étant faites ici dans une zone sensible, les valeurs λ ne peuvent être obtenues que sur une plus grande distance. Les erreurs de température dues à l'imprécision des capteurs et de l'affichage ont une grande influence, même pour une faible écart, de telle sorte qu'une interprétation des résultats n'est plus possible. Ceci est rapidement mis en évidence en essayant d'obtenir des valeurs de λ entre les premiers points de mesure.

WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



5.3 Conduction thermique linéaire avec l'élément d'essai 3

- Mettre en place l'élément d'essai 3 et régler le débit d'eau de refroidissement
- Mettre l'appareil en marche et régler la puissance sur l'appareil de commande et d'affichage pour obtenir le gradient de température souhaité.
- Lorsque l'état de la conduction thermique est stationnaire, relever les différentes valeurs de mesure et la puissance électrique de la source de chaleur.

Elément d'essai 3 pas d'emplacement de mesure	étendue de mesure : diamètre : conductibilité thermique*: puissance :	laiton / 25mm 113 23 Watt	laiton / 15 mm 113 * à 20°C	laiton 25 mm 113 W / (m · K)
point de mesure	distance s en mm	température ϑ en °C	différentiel de température $\Delta\vartheta$ en K	conductibilité thermique λ en $\frac{W}{m \cdot K}$
1	-	99.8	-	-
2	10	98.4	-	-
3	20	96.1	-	-
Points de contact 1	25	~94	5,8	201,9
Points de contact 2	55	~35	59	66,2
7	60	31.2	-	-
8	70	28.4	-	-
9	80	25.0	10	117.1

Tab. 5.3 Points de mesure de l'élément 3

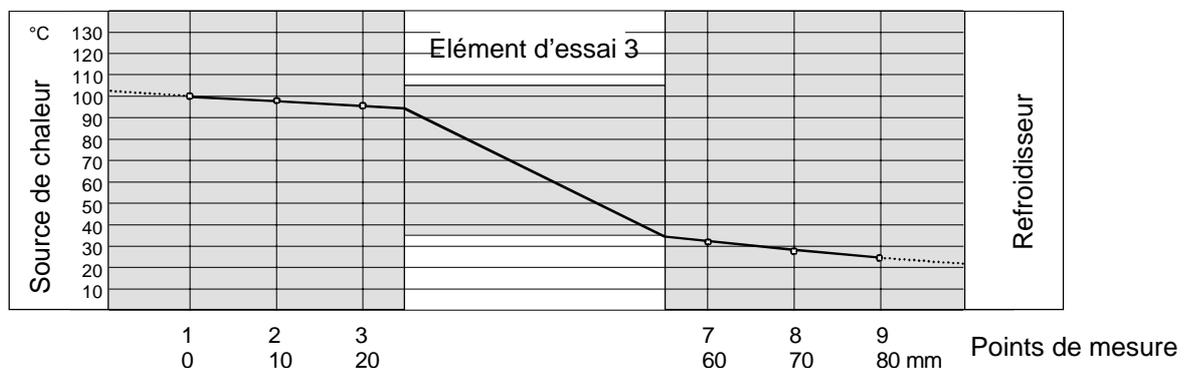


Fig. 5.3 Diagramme de température de l'élément 3

WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



5.3.1 Interprétation de l'essai

Les températures des points de contact 1 + 2 ont été prises sur la fig. 5.3.

Là aussi, on remarque, pour le gros diamètre $D = 25 \text{ mm}$, l'approximation par rapport à la valeur généralement indiquée dans les manuels $\lambda_{\text{Messing}} = 113 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$. Les valeurs sont, à nouveau, légèrement plus élevées, cf. chap. 5.1.1. La valeur λ pour l'élément d'essai ne peut pas être obtenue. La raison en est qu'avec une discontinuité de section importante et des points de contacts imparfaits, le flux thermique est extrêmement contrarié.

La plage de mesure est, ici aussi, très sensible, de telle sorte que les valeurs λ ne peuvent être déterminées que sur des distances plus importantes. Les erreurs de température dues à l'imprécision des capteurs et de l'affichage ont une grande influence, même pour une faible écart, de telle sorte qu'une interprétation des résultats n'est plus possible. Ceci est rapidement mis en évidence en essayant d'obtenir des valeurs de λ entre les premiers points de mesure.

5.4 Conduction thermique radiale

- Placer l'appareil comme indiqué au chap. 2.3 et régler l'eau de refroidissement (il suffit d'environ 1 l/h d'eau de refroidissement pour évacuer, avec un différentiel de température de 90 C, une puissance thermique de 90 W).
- Raccorder comme indiqué le câble d'alimentation électrique et le câble de données.
- Mettre l'appareil en marche et régler la puissance sur l'appareil de commande et d'affichage pour obtenir le gradient de température souhaité.
- Lorsque l'état de la conduction thermique est stationnaire, c'est-à-dire quand les températures aux différents points de mesure sont stables et n'évoluent plus, relever les indications des différents points de mesure et de la puissance électrique de la source de chaleur.

Disque circulaire servant de cylindre creux		étendue de mesure :		
		diamètre :	laiton	
		conductivité thermique *:	12 / 55 mm	
		puissance:	113 W / (m · K)	
			90 Watt * à 20°C	
point de mesure	distance r_a en mm	température ϑ en °C	différentiel de température $\Delta\vartheta$ en K	conductivité thermique λ en $\frac{W}{m \cdot K}$
1	-	84.9	-	-
2	10	71.9	13	non calculable
3	20	55.2	16.7	148.6
4	30	44.4	10.8	134.4
5	40	37.5	6.9	149.3
6	50	31.8	5.7	140.2

Tab. 5.4 Valeurs de mesure en conduction thermique radiale

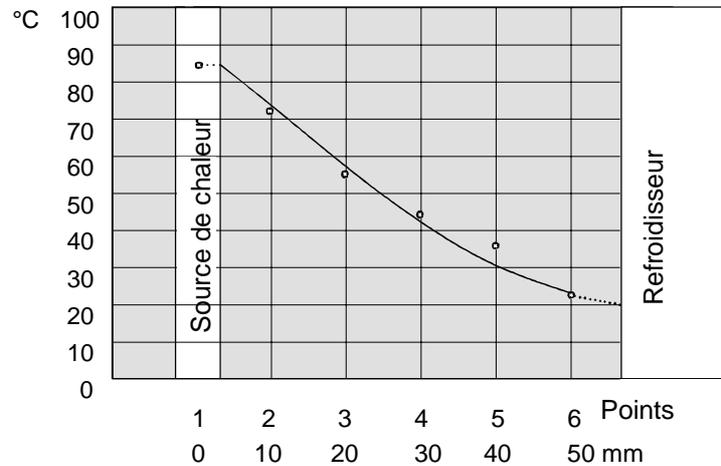


Fig. 5.4 Diagramme de température de la conduction thermique radiale

5.4.1 Interprétation de l'essai

On retrouve ici la même approximation par rapport à la valeur citée généralement dans les manuels $\lambda_{laiton} = 113 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$. Les valeurs sont, là aussi, légèrement plus élevées, cf. chap. 5.1.1.

5.5 Autres essais

Il est possible d'effectuer d'autres essais en fixant, à la place des éléments d'essai, du papier, du liège ou une tôle de métal de faible épaisseur. Ces éléments intermédiaires peuvent donner un mauvais contact, c'est pourquoi leur épaisseur ne devra pas dépasser 1 mm.

WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



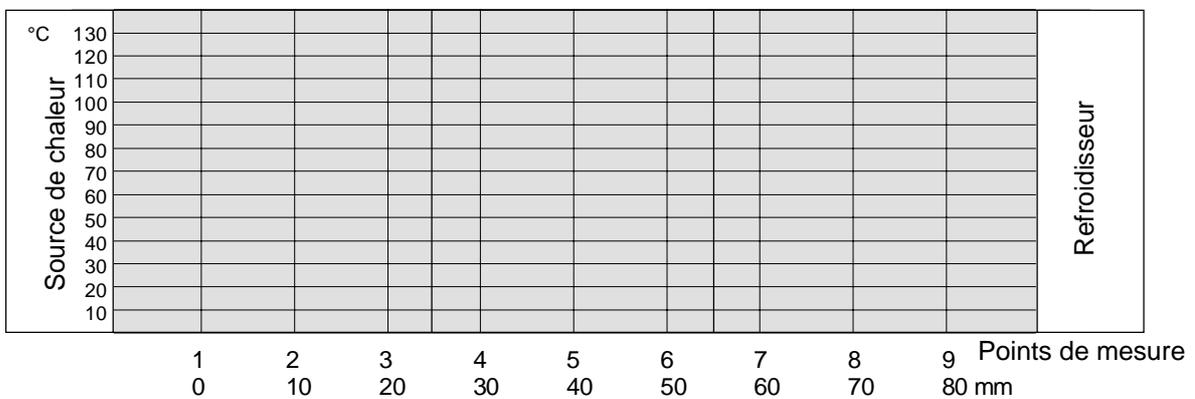
6 Annexe

6.1 Feuilles de travail

Conduction thermique linéaire avec l'élément d'essai 1

Elément d'essai 1 avec 3 points de mesure	étendue de mesure :		laiton / 25 mm	laiton / 25 mm	laiton 25 mm
	diamètre :	conductivité thermique * :	113	113	113 W/(m·K)
	puissance :		Watt * à 20°C		
point de mesure	distance s en mm	température ϑ en °C	différentiel de température $\Delta\vartheta$ en K	conductivité thermique λ en $\frac{W}{m \cdot K}$	
1	-				
2	10				
3	20				
4	30				
5	40				
6	50				
7	60				
8	70				
9	80				

Tous droits réservés G.U.N.T. Gerätebau G.m.b.H., Barsbüttel, 02/98



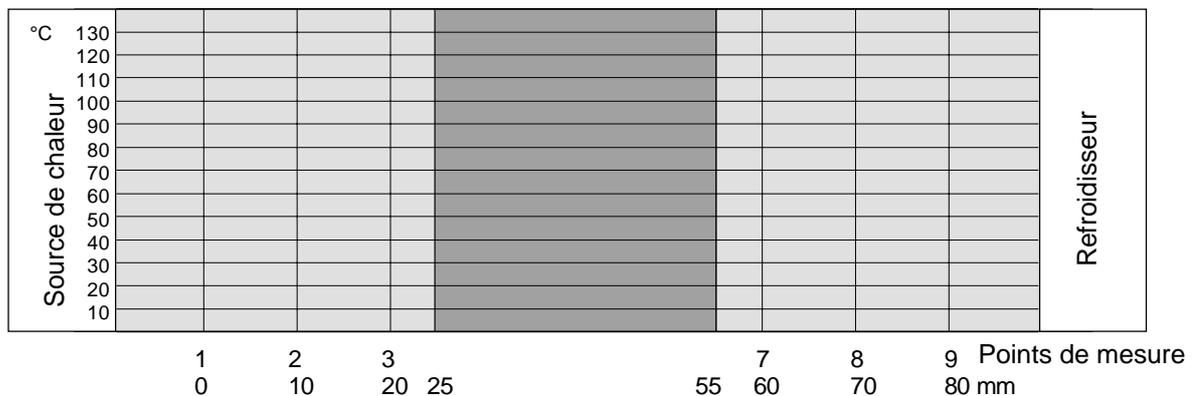
WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



Conduction thermique linéaire avec l'élément d'essai 2

Elément d'essai 2 pas d'emplacement de mesure	étendue de mesure :		laiton /	inox /	laiton
	diamètre : 25 mm 25 mm				
	conductibilité thermique * :		113	15	113 W / (m · K)
	puissance :		Watt * à 20°C		
point de mesure	distance s en mm	température ϑ en °C	différentiel de température $\Delta\vartheta$ en K	conductibilité thermique λ en $\frac{W}{m \cdot K}$	
1	-				
2	10				
3	20				
Points de contact 1	25				
Points de contact 2	55				
7	60				
8	70				
9	80				

Tous droits réservés G.U.N.T. Gerätebau G.m.b.H., Barsbüttel, 02/98



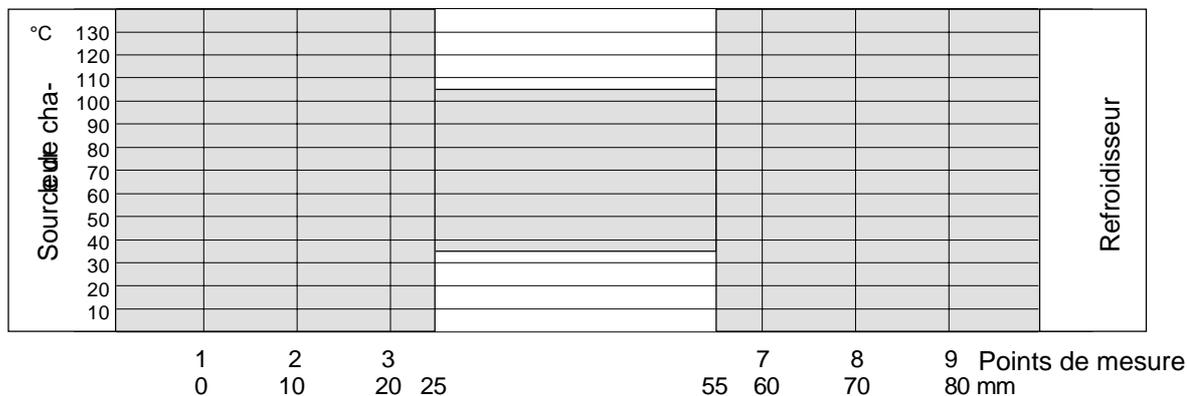
WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



Conduction thermique linéaire avec l'élément d'essai 3

Elément d'essai 3 pas d'emplacement de mesure		étendue de mesure :		laiton / 25mm	laiton / 15 mm	laiton 25 mm
		diamètre :		113	113	113 W/(m · K)
		conductibilité thermique* :		Watt		
		puissance :				
point de mesure	distance s en mm	température ϑ en °C	différentiel de température $\Delta\vartheta$ en K	conductibilité thermique λ en $\frac{W}{m \cdot K}$		
1	-					
2	10					
3	20					
Points de contact 1	25					
Points de contact 2	55					
7	60					
8	70					
9	80					

Tous droits réservés G.U.N.T. Gerätebau G.m.b.H., Barsbüttel, 02/98



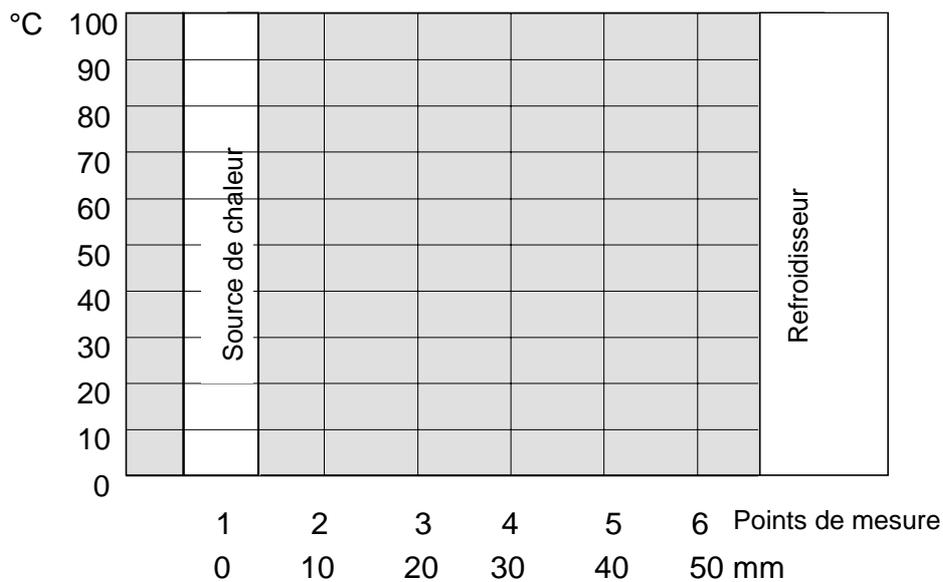
WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



Conduction thermique radiale

Disque circulaire servant de cylindre creux	étendue de mesure :		laiton	
	diamètre :	12 / 25 mm		
	conductibilité thermique * :		113 W/(m · K)	
	puissance :		Watt* à 20°C	
point de mesure	distance r_a en mm	température ϑ en °C	différentiel de température $\Delta\vartheta$ en K	conductibilité thermique λ en $\frac{W}{m \cdot K}$
1	-			
2	10			
3	20			
4	30			
5	40			
6	50			

Tous droits réservés G.U.N.T. Gerätebau G.m.b.H., Barsbüttel, 02/98



WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



6.2 Caractéristiques techniques

Dimensions de l'appareil d'essai :

Poids :	8	kg
Hauteur :	200	mm
Largeur :	350	mm
Longueur :	350	mm

Dimensions de l'appareil de commande et d'affichage :

Poids :	4	kg
Hauteur :	195	mm
Largeur :	460	mm
Longueur :	345	mm
Source de chaleur :		
Puissance :	100	W

Capteurs de température :

Type :	TD5A	
Plage de mesure :	-40 à 150	C

Elément d'essai 1

Matériau :	laiton	
Diamètre :	25	mm
Longueur :	30	mm

Elément d'essai 2

Matériau :	acier inox 1.4305	
Diamètre :	25	mm
Longueur :	30	mm

Elément d'essai 3

Matériau :	laiton	
Diamètre :	15	mm
Longueur :	30	mm

Alimentation électrique :

Secteur :	230 V / 50 Hz
Fusible de protection dans l'appareil de commande et d'affichage :	4 A

WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



6.3 Bibliographie

Walter Wagner,
Wärmeübertragung (Transfert thermique),
Vogel Fachbuch / Kamprath-Reihe,
4. édition révisée. Würzburg 1993

Günter Cerbe, Hans-Joachim Hoffmann,
Einführung in die Wärmelehre (Introduction à la
Thermodynamique),
Carl Hanser Verlag,
9. édition révisée , München, Wien 1990

WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



6.4 Indexe

A	
annexe	25 - 33
autres essais	24
C	
caractéristiques techniques	29
conductibilit	13
conductibilité thermique	12 - 13
conduction thermique	1
conduction thermique stationnaire	12
convection	1
courants d'électrons	13
cylindre creux	15
D	
danger de blessures ou de mort	10
dangers pour l'appareil et son fonctionnement	11
densité de flux thermique	12
différentiel de température	12
E	
électriquement conducteurs	13
électrons	13
énergie cinétique	13
expérimentations	16 - 24
F	
feuilles de travail	25
flux thermique	12
G	
gradient de température	12
I	
instructions de sécurité	10 - 11
introduction	1
isurface isotherme	12
L	
liège	24
M	
molécule	13
P	
papier	24
paroi multicouche	14
paroi plane	14
points de contact	18
processus moléculaire	13

Tous droits réservés G.U.N.T. Gerätebau G.m.b.H., Barsbüttel, 02/98

WL 370 Unité d'essai pour transmission de chaleur par conduction



R		
	rayonnement thermique	1
S		
	sécurité du travail	10
	surface	12
	surface de passage thermique	15
T		
	t"le de métal	24
	t"le de métal de faible	24
	théorie fondamentale	12 - 15
	transfert thermique	1
	transport de chaleur	1
	transport thermique	12

Tous droits réservés G.U.N.T. Gerätebau G.m.b.H., Barsbüttel, 02/98