

NORME
INTERNATIONALE

ISO
8894-2

Première édition
1990-11-15

**Matériaux réfractaires — Détermination de la
conductivité thermique —**

Partie 2 :

Méthode du fil chaud (parallèle)

(standards.iteh.ai)

Refractory materials — Determination of thermal conductivity —

Part 2 : Hot-wire method (parallel)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1ca2c2b4-fae2-4089-82be-e8d560d134d2/iso-8894-2-1990>

NORME

ISO



Numéro de référence
ISO 8894-2 : 1990 (F)

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 8894-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 33, *Matériaux réfractaires*, sous-comité SC 2, *Méthodes d'essais*.

L'ISO 8894 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Matériaux réfractaires — Détermination de la conductivité thermique*.

- *Partie 1: Méthode du fil chaud (croisillon)*
- *Partie 2: Méthode du fil chaud (parallèle)*

Les annexes A et B de la présente partie de l'ISO 8894 sont données uniquement à titre d'information.

Matériaux réfractaires — Détermination de la conductivité thermique —

Partie 2 : Méthode du fil chaud (parallèle)

1 Domaine d'application

1.1 La présente partie de l'ISO 8894 prescrit une méthode de détermination de la conductivité thermique des produits et matériaux réfractaires, dite «du fil chaud».

1.2 La méthode est applicable à des températures inférieures ou égales à 1 250 °C et à des matériaux dont la conductivité thermique est inférieure à 25 W/(m·K). Elle ne s'applique pas aux matériaux conducteurs de l'électricité.

1.3 Sous réserve des limites mentionnées en 1.2, la méthode est applicable aux matériaux en poudre et en grains (voir 7.2).

NOTES

1 La conductivité thermique des briques à liaison chimique et des réfractaires non façonnés préparés (réfractaires monolithiques) peut être modifiée en raison de la quantité d'eau qu'ils renferment encore après durcissement ou prise et qui s'élimine lors du chauffage. Ces matériaux peuvent donc nécessiter un traitement préalable; la nature et l'importance de ce traitement ainsi que la durée pendant laquelle l'éprouvette est maintenue à la température de mesure sont des détails qui, bien que préalables à l'exécution de l'essai, dépassent le cadre de la présente partie de l'ISO 8894 et doivent faire l'objet d'une convention entre les parties intéressées.

2 En général, il est difficile de mesurer les matériaux anisotropes et plus particulièrement ceux qui contiennent des fibres; l'utilisation de la méthode pour ces matériaux doit faire l'objet d'un accord entre les parties.

1.4 La détermination de la conductivité thermique par la méthode dite «du fil chaud (croisillon)» fait l'objet de l'ISO 8894-1.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 8894. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 8894 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 5022 : 1979, *Produits réfractaires façonnés — Échantillonnage et contrôle de réception.*

ISO 8894-1 : 1987, *Matériaux réfractaires — Détermination de la conductivité thermique — Partie 1: Méthode du fil chaud (croisillon).*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 8894, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 conductivité thermique, λ : Quotient de la densité du flux thermique par le gradient de température.

L'unité de conductivité thermique est le watt par mètre kelvin.

3.2 diffusivité thermique, α : Quotient de la conductivité thermique par la capacité thermique volumique.

L'unité de diffusivité thermique est le mètre carré par seconde.

3.3 puissance, P : Produit du courant par la différence de potentiel.

L'unité de puissance est le watt (volt par ampère).

4 Principe

La méthode du fil chaud (parallèle) est une méthode de mesure dynamique basée sur le contrôle de l'élévation de la température à un point donné et à une distance spécifiée d'une source de chaleur linéaire encastrée entre deux éprouvettes.

Chauffage des éprouvettes dans un four à une température spécifiée et maintien à cette température. Chauffage local ultérieur par un conducteur électrique linéaire (le fil chaud) encastré dans l'éprouvette et transportant un courant électrique de puissance connue stable dans le temps et sur toute la longueur de l'éprouvette.

Montage d'un thermocouple à une distance spécifiée du fil chaud, les conducteurs du thermocouple étant parallèles au fil (voir figure 1). L'augmentation de la température en fonction

du temps, mesurée à partir du moment du passage au courant électrique est une mesure de la conductivité thermique des éprouvettes.

5 Appareillage

5.1 Four, chauffé électriquement, capable de porter une ou plusieurs éprouvettes (voir 6.2) à la température maximale de 1 250 °C. La différence de température entre deux points quelconques de la zone occupée par les éprouvettes ne doit pas dépasser 10 °C. La variation de la température hors de cette zone pendant l'essai (d'une durée de 15 min environ) ne doit pas dépasser $\pm 0,5$ °C, et doit être connue avec une précision de ± 5 °C.

5.2 Fil chaud, de préférence en platine ou en platine rhodié, d'environ 200 mm de longueur et d'un diamètre maximal de 0,5 mm, la longueur réelle étant connue avec une précision de $\pm 0,5$ mm. À une extrémité du fil est fixé le fil conducteur pour fournir le courant de chauffage. Celui-ci peut être le prolongement du fil lui-même, et doit dans tous les cas être du même diamètre que le fil à l'intérieur de l'éprouvette. L'autre extrémité est fixée au fil conducteur servant à mesurer la chute de tension. Le diamètre de ce dernier ne doit pas être supérieur à celui du fil chaud à l'intérieur de l'éprouvette. À l'extérieur de l'éprouvette les conducteurs doivent être constitués de deux ou plusieurs fils torsadé de 0,5 mm de diamètre. À l'extérieur du four les connexions d'alimentation doivent être faites à l'aide de câbles pour courant fort (20 A/2,5 mm²).

NOTE — L'utilisation d'un fil chaud en métal est également autorisée; en ce cas, les fils conducteurs doivent être de même matériau et doivent, pour les autres critères, être conformes aux exigences de ce paragraphe.

5.3 Alimentation fournie par le fil chaud, en courant alternatif stabilisé, et dont la puissance ne varie pas de plus de 2% pendant la période de mesure. L'alimentation du fil chaud en courant électrique doit être de 80 W au minimum (équivalent à 250 W/m pour un fil de 200 mm de longueur). Une alimentation en courant continu doit être choisie de préférence.

5.4 Thermocouple différentiel en platine ou en platine rhodié, (type R ou S) constitué d'un thermocouple de mesure et d'un thermocouple de référence connectés en opposition (voir figure 1). Les conducteurs du thermocouple de mesure doivent être parallèles au fil chaud à une distance de 15 mm \pm 1 mm (voir figure 2). Le rendement du thermocouple de référence doit être maintenu stable en le plaçant entre la face extérieure du haut de l'éprouvette supérieure et une feuille du même matériau que l'éprouvette (voir figure 1). Le diamètre des fils du thermocouple doit être le même que celui du fil chaud; les fils du thermocouple doivent être suffisamment longs pour atteindre la sortie du four où des connexions peuvent être réalisées par des fils d'une autre nature jusqu'à l'appareil de mesure. Les connexions extérieures du thermocouple doivent être isothermes.

NOTES

- 1 À des températures inférieures à 1 000 °C, l'utilisation de thermocouples en métaux courants est également autorisée.
- 2 Il est autorisé d'utiliser optionnellement une couche isolante entre la feuille protectrice et l'éprouvette supérieure.

5.5 Multimètre numérique, pour la mesure du courant dans le fil chaud et la chute de tension. Le multimètre numérique doit permettre de mesurer ces deux valeurs avec une précision d'au moins $\pm 0,5$ %.

NOTE — Un appareil de la classe 0,2 ou d'une classe supérieure (voir CEI 51-2 : 1984, *Appareils mesureurs électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires*) — *Partie 2: Spécifications particulières pour les ampèremètres et les voltmètres.*

5.6 Système d'acquisition de données

Un appareil d'enregistrement de la température et du temps avec une sensibilité d'au moins 2 μ V/cm ou 0,05 μ V/Digit, une résolution du temps meilleure que 0,5 s, et une mesure de la température à 0,05 K.

5.7 Récipients (pour matériaux en poudre ou en grains), à utiliser lorsque les essais portent sur ce type de matériaux et dont les dimensions intérieures sont identiques à celles applicables aux éprouvettes de matériaux solides, et spécifiées en 6.2, conçus de telle manière que le système d'essai soit composé de deux éléments comme indiqué en 6.2. Le récipient inférieur doit avoir quatre côtés et un fond, et le récipient supérieur ne doit comporter que quatre côtés seulement, un couvercle amovible étant prévu (voir figure 3).

6 Éprouvettes

6.1 Échantillonnage

Le nombre de spécimens du matériau à soumettre aux essais doit être déterminé conformément à l'ISO 5022 ou selon une autre norme d'échantillonnage.

6.2 Dimensions

Chaque assemblage d'essai doit être constitué de deux éléments identiques d'au moins 200 mm \times 100 mm \times 50 mm.

NOTE — Il est recommandé que la dimension de chaque élément soit de 230 mm \times 114 mm \times 64 mm ou 230 mm \times 114 mm \times 76 mm. Des briques de dimensions normalisées peuvent être utilisées comme éléments constitutifs du montage d'essai, à condition qu'elles répondent aux exigences de 6.3.

6.3 Planéité de surface

Chaque surface des éléments constitutifs du montage d'essai qui se trouve en contact avec un autre élément doit, si nécessaire, être rectifiée, de telle manière que l'écart de planéité entre deux points situés à 100 mm l'un de l'autre ne dépasse pas 0,2 mm.

6.4 Rainure pratiquée dans les matériaux denses

Dans les matériaux denses, la rainure destinée à recevoir le fil et le thermocouple doit être pratiquée soit dans les deux faces de contact, soit sur la face inférieure seulement (voir figure 4).

La largeur et la profondeur de la rainure doivent permettre d'obtenir la disposition que montre la figure 4.

NOTE — Les rainures sur les deux faces seront nécessaires pour des matériaux de haute conductivité, par exemple, supérieure à 5 W/(m·K).

7 Mode opératoire

7.1 Préparer le montage d'essai. Placer le fil chaud (5.2) et le thermocouple différentiel (5.4) entre les deux éprouvettes, le fil chaud étant situé sur la ligne médiane de la face de la brique; le cas échéant, les fixer dans les rainures à l'aide d'un ciment à base d'une certaine quantité du matériau d'essai, finement moulu, mélangé à une petite quantité de liant approprié (par exemple, 2 % de dextrine et d'eau). S'assurer que les fils sont cimentés uniformément et permettent un transfert de chaleur homogène vers les deux éprouvettes, comme le montre la figure 4.

7.2 Lorsque l'essai porte sur des matériaux en poudre ou en grains, remplir jusqu'en haut avec le matériau d'essai la partie inférieure du récipient (5.7); placer dessus le fil chaud et le thermocouple différentiel comme le montre la figure 1. Remplir la partie supérieure du récipient et couvrir le montage d'essai d'une plaque du même matériau que celui des récipients. Déterminer sans tassement la masse volumique apparente du matériau d'essai.

NOTE — Le récipient peut être rempli par vibration ou pressage pour obtenir des masses volumiques spécifiques dans les cas où une valeur précise a été convenue.

7.3 Disposer le montage dans le four (5.1) en le positionnant (afin d'assurer un chauffage uniforme), sur trois supports de matière identique à celle du produit à tester, de dimensions 125 mm × 10 mm × 20 mm reposant sur la face de 125 mm × 10 mm, et placé parallèlement aux faces de 114 mm × 76 mm (ou 100 mm × 50 mm) du dispositif d'essai à environ 20 mm de ces faces.

7.4 Connecter le montage d'essai à l'appareil de mesure (5.5). Le circuit du fil chaud étant ouvert, augmenter la température du four jusqu'à la première température d'essai spécifiée, à une vitesse n'excédant pas 10 K/min.

NOTE — Les vitesses de montée en température devraient être suffisamment faibles pour garantir qu'il n'y ait aucun risque de dégradation par choc thermique.

7.5 Régler l'entrée de courant à une valeur connue déterminée (par des essais préliminaires) qui permet d'obtenir,

pour une sensibilité d'enregistrement choisie, une déviation d'au moins 60 %, et de préférence, de plus de 80 % de FSD (échelle de déviation).

Pour le choix des puissances d'entrée pour une gamme donnée de conductivités thermiques et de sensibilités d'enregistrement, se reporter au tableau 1. Les niveaux de puissance sont basés sur une déviation de l'enregistreur de $0,8 \times \text{FSD}$ pour une durée d'essai maximale (t_{max}), le tableau comporte également la précision requise pour le mesurage du temps (précision t).

NOTE — Le niveau approprié de la puissance d'entrée fournie au fil chaud est différent d'un appareillage à l'autre et doit donc faire l'objet d'une évaluation basée sur des essais préliminaires ou sur l'expérience.

7.6 Lorsque le four atteint la température d'essai, vérifier que la température dans la zone occupée par les éprouvettes est uniforme et constante. Le thermocouple différentiel (5.4) ne doit présenter aucune variation supérieure à 0,05 °C pendant une durée de 10 min avant l'essai.

7.7 Lorsque les conditions requises en 7.6 sont remplies, fermer le circuit de chauffage et enregistrer le rendement du thermocouple différentiel en fonction du temps. Noter le moment précis de l'entrée du courant dans le fil chaud. Si un système automatique de contrôle de la source de courant n'est pas utilisé, mesurer et enregistrer la chute de tension dans le fil chaud et le courant qui y passe dès que l'on a branché le circuit de chauffage puis à intervalles réguliers pendant l'essai.

7.8 Après un temps de chauffage approprié (voir tableau 1) «ouvrir» le circuit de chauffage et interrompre l'enregistrement du rendement du thermocouple différentiel.

7.9 Laisser le fil chaud et les éprouvettes atteindre la température d'équilibre. Vérifier que la température est uniforme et constante conformément à 7.6. Répéter les opérations spécifiées en 7.7 et 7.8, de façon à obtenir une mesure ultérieure de la vitesse d'élévation de la température du fil chaud dans les mêmes conditions.

7.10 Augmenter la température du four afin d'atteindre la température d'essai suivante à moins de 10 K/min. Refaire les essais spécifiés en 7.5 à 7.9.

7.11 Répéter les opérations spécifiées en 7.10 jusqu'à ce que l'on obtienne au moins deux mesures à chacune des températures d'essai spécifiées.

Tableau 1 — Recommandations pour le choix d'échelles et des niveaux de puissance
(sur la base d'une déviation de 0,8 × pleine échelle)

Conductivité Thermique, W/(m·K)	t_{\max} s	Précision de mesure de t s	Niveau de puissance recommandé (W/m)			
			Échelle 0 à 20 μ V	Échelle 0 à 50 μ V	Échelle 0 à 100 μ V	Échelle 0 à 200 μ V
0,1	2 500	4,0			7,5	15
0,4	1 260	2,0		15	30	60
1,0	900	2,0	15	40	75	150
2,0	450	1,0	30	75	150	—
4,0	350	1,0	60	150	300	—
8,0	190	0,4	120	300	—	—
16	100	0,2	240	—	—	—
25	65	0,2	375	—	—	—

NOTE — Les valeurs indiquées sur ce tableau sont basées sur l'utilisation de thermocouples de type S (voir 5.4) et doivent être ajustées si le type R est utilisé.

8 Expression des résultats

La conductivité thermique, λ , du matériau, en watts par mètre kelvin, à chaque température d'essai, est donnée par l'équation

$$\lambda = \frac{V \cdot I}{4\pi l} \frac{-Ei\left(\frac{-r^2}{4at}\right)}{\Delta\theta(t)}$$

où

- I est le courant de chauffage, en ampères;
- V est la tension, en volts;
- l est la longueur, en mètres, du fil chaud entre les prises de tension P et Q;
- $\Delta\theta(t)$ est la différence de température, en kelvins, entre les mesures et les thermocouples de référence au temps t ;
- t est la période, en secondes, écoulée après l'ouverture du circuit de chauffage;
- r est la séparation, en mètres, du fil chaud et du thermocouple de mesure;
- a est la diffusivité thermique, en mètres carrés par seconde;

$-Ei\left(\frac{-r^2}{4at}\right)$ est l'intégrale exponentielle $\int_x^u \frac{e^{-u}}{u} du$.

Après la détermination de $\frac{\Delta\theta(2t)}{\Delta\theta(t)}$, on calcule l'expression

$-Ei\left(\frac{-r^2}{4at}\right)$ à partir du tableau 2.

Ces valeurs de λ peuvent être considérées comme exactes pour les valeurs de $\frac{\Delta\theta(2t)}{\Delta\theta(t)}$ entre 1,5 et 2,4.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

9 Rapport d'essai

ISO 8894-2:1990

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes :

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ica2c2b4-iac2-4089-82bc-e8d560d134d2/iso-8894-2-1990>

- a) l'établissement chargé de l'essai;
- b) la date de l'essai;
- c) la référence à la présente partie de l'ISO 8894;
- d) le matériau soumis à l'essai (fabricant, produit, type, numéro de lot, etc.);
- e) le prétraitement éventuel du matériau d'essai (voir note 1 de l'article 1);
- f) dans le cas de matériaux en poudre ou en grains, la masse volumique apparente du matériau (sans tassement) (voir 7.2);
- g) l'atmosphère du four;
- h) la/ou les température(s) d'essai, et pour chacune, les valeurs individuelles et les valeurs moyennes de la conductivité thermique.

Tableau 2 — $-Ei \left(\frac{-r^2}{4at} \right)$, fonction de $\frac{\Delta\theta(2t)}{\Delta\theta(t)}$

$\frac{\Delta\theta(2t)}{\Delta\theta(t)}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,1	6,928 7	6,296 6	5,768 9	5,321 3	4,936 6	4,602 1	4,308 5	4,048 3	3,816 2	3,607 7
1,2	3,419 2	3,248 0	3,091 8	2,948 5	2,816 6	2,694 9	2,582 0	2,477 2	2,379 5	2,288 3
1,3	2,202 8	2,122 7	2,047 3	1,976 4	1,909 4	1,846 1	1,786 3	1,729 5	1,675 7	1,624 5
1,4	1,575 8	1,529 5	1,485 2	1,443 1	1,402 8	1,364 2	1,327 4	1,292 0	1,258 2	1,225 7
1,5	1,194 5	1,164 6	1,135 8	1,108 1	1,081 4	1,055 7	1,031 0	1,007 1	0,984 1	0,961 9
1,6	0,940 5	0,919 7	0,899 7	0,880 3	0,861 6	0,843 4	0,825 9	0,808 9	0,792 4	0,776 4
1,7	0,760 9	0,745 9	0,731 3	0,717 1	0,703 4	0,690 0	0,677 0	0,664 4	0,652 1	0,640 2
1,8	0,628 6	0,617 3	0,606 3	0,595 6	0,585 2	0,575 0	0,565 2	0,555 5	0,546 1	0,537 0
1,9	0,528 0	0,519 3	0,510 8	0,502 5	0,494 4	0,486 5	0,478 8	0,471 2	0,463 9	0,456 7
2,0	0,449 6	0,442 8	0,436 0	0,429 5	0,423 0	0,416 8	0,410 6	0,404 6	0,398 7	0,392 9
2,1	0,387 3	0,381 8	0,376 4	0,371 1	0,365 9	0,360 8	0,355 8	0,351 0	0,346 2	0,341 5
2,2	0,336 9	0,332 4	0,328 0	0,323 7	0,319 4	0,315 2	0,311 2	0,307 2	0,303 2	0,299 4
2,3	0,295 6	0,291 9	0,288 2	0,284 6	0,281 1	0,277 6	0,274 2	0,270 9	0,267 6	0,264 4
2,4	0,261 3	0,258 2	0,255 1	0,252 1	0,249 1	0,246 2	0,243 4	0,240 6	0,237 8	0,235 1
2,5	0,232 5	0,229 8	0,227 3	0,224 7	0,222 2	0,219 8	0,217 4	0,215 0	0,212 6	0,210 3
2,6	0,208 1	0,205 8	0,203 6	0,201 5	0,199 3	0,197 2	0,195 2	0,193 1	0,191 1	0,189 2
2,7	0,187 2	0,185 3	0,183 4	0,181 6	0,179 7	0,177 9	0,176 1	0,174 4	0,172 7	0,171 0
2,8	0,169 3	0,167 6	0,166 0	0,164 4	0,162 8	0,161 2	0,159 7	0,158 2	0,156 7	0,155 2
2,9	0,153 7	0,152 3	0,150 9	0,149 5	0,148 1	0,146 7	0,145 4	0,144 1	0,142 7	0,141 4
3,0	0,140 2	0,138 9	0,137 7	0,136 4	0,135 2	0,134 0	0,132 9	0,131 7	0,130 5	0,129 4
3,1	0,128 3	0,127 2	0,126 1	0,125 0	0,123 9	0,122 9	0,121 8	0,120 8	0,119 8	0,118 8
3,2	0,117 8	0,116 8	0,115 8	0,114 9	0,113 9	0,113 0	0,112 1	0,111 2	0,110 3	0,109 4
3,3	0,108 5	0,107 6	0,106 8	0,105 9	0,105 1	0,104 3	0,103 4	0,102 6	0,101 8	0,101 0
3,4	0,100 2	0,099 5	0,098 7	0,097 9	0,097 2	0,096 4	0,095 7	0,095 0	0,094 3	0,093 6
3,5	0,092 8	0,092 2	0,091 5	0,090 8	0,090 1	0,089 5	0,088 8	0,088 1	0,087 5	0,086 9
3,6	0,086 2	0,085 6	0,085 0	0,084 4	0,083 8	0,083 2	0,082 6	0,082 0	0,081 4	0,080 8
3,7	0,080 3	0,079 7	0,079 1	0,078 6	0,078 0	0,077 5	0,077 0	0,076 4	0,075 9	0,075 4
3,8	0,074 9	0,074 4	0,073 9	0,073 4	0,072 9	0,072 4	0,071 9	0,071 4	0,070 9	0,070 5
3,9	0,070 0	0,069 5	0,069 1	0,068 6	0,068 2	0,067 7	0,067 3	0,066 9	0,066 4	0,066 0
4,0	0,065 6	0,065 2	0,064 7	0,064 3	0,063 9	0,063 5	0,063 1	0,062 7	0,062 3	0,061 9
4,1	0,061 5	0,061 2	0,060 8	0,060 4	0,060 0	0,059 7	0,059 3	0,058 9	0,058 6	0,058 2
4,2	0,057 9	0,057 5	0,057 2	0,056 8	0,056 5	0,056 1	0,055 8	0,055 5	0,055 1	0,054 8
4,3	0,054 5	0,054 2	0,053 8	0,053 5	0,053 2	0,052 9	0,052 6	0,052 3	0,052 0	0,051 7
4,4	0,051 4	0,051 1	0,050 8	0,050 5	0,050 2	0,049 9	0,049 6	0,049 4	0,049 1	0,048 8
4,5	0,048 5	0,048 2	0,048 0	0,047 7	0,047 5	0,047 2	0,046 9	0,046 7	0,046 4	0,046 2
4,6	0,045 9	0,045 6	0,045 4	0,045 2	0,044 9	0,044 7	0,044 4	0,044 2	0,043 9	0,043 7
4,7	0,043 5	0,043 2	0,043 0	0,042 8	0,042 5	0,042 3	0,042 1	0,041 9	0,041 7	0,041 4
4,8	0,041 2	0,041 0	0,040 8	0,040 6	0,040 4	0,040 2	0,040 0	0,039 8	0,039 6	0,039 3
4,9	0,039 1	0,038 9	0,038 7	0,038 6	0,038 4	0,038 2	0,038 0	0,037 8	0,037 6	0,037 4
5,0	0,037 2	0,037 0	0,036 8	0,036 7	0,036 5	0,036 3	0,036 1	0,035 9	0,035 8	0,035 6
5,1	0,035 4	0,035 2	0,035 1	0,034 9	0,034 7	0,034 6	0,034 4	0,034 2	0,034 1	0,033 9
5,2	0,033 7	0,033 6	0,033 4	0,033 3	0,033 1	0,032 9	0,032 8	0,032 6	0,032 5	0,032 3
5,3	0,032 2	0,032 0	0,031 9	0,031 7	0,031 6	0,031 4	0,031 3	0,031 1	0,031 0	0,030 9
5,4	0,030 7	0,030 6	0,030 4	0,030 3	0,030 2	0,030 0	0,029 9	0,029 7	0,029 6	0,029 5
5,5	0,029 3	0,029 2	0,029 1	0,029 0	0,028 8	0,028 7	0,028 6	0,028 4	0,028 3	0,028 2
5,6	0,028 1	0,027 9	0,027 8	0,027 7	0,027 6	0,027 5	0,027 3	0,027 2	0,027 1	0,027 0
5,7	0,026 9	0,026 8	0,026 6	0,026 5	0,026 4	0,026 3	0,026 2	0,026 1	0,026 0	0,025 8
5,8	0,025 7	0,025 6	0,025 5	0,025 4	0,025 3	0,025 2	0,025 1	0,025 0	0,024 9	0,024 8
5,9	0,024 7	0,024 6	0,024 5	0,024 4	0,024 3	0,024 2	0,024 1	0,024 0	0,023 9	0,023 8
6,0	0,023 7									

NOTES

1) Le tableau 2 a été établi sur la base des indications trouvées dans la littérature (voir annex B, [1], [2] et [3]).

2) Dans ces ouvrages, les expressions $\frac{\Delta\theta(2t)}{\Delta\theta(t)}$ et $-Ei \left(\frac{-r^2}{4at} \right)$ sont indiquées respectivement comme $\frac{-Ei \left(-\frac{x}{2} \right)}{-Ei (-x)}$ et $-Ei (-x)$.

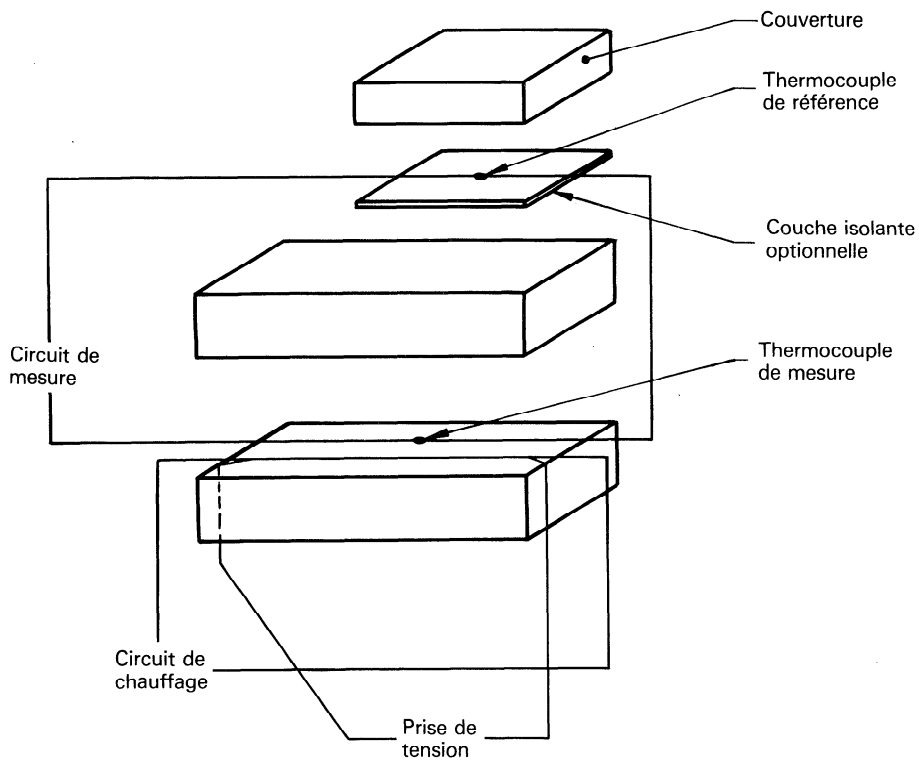


Figure 1 — Schéma de l'emplacement du circuit de mesure et du circuit de chauffage (circuit du thermocouple différentiel)

ISO 8894-2:1990
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fca2c2b4-fae2-4089-82be-e8d560d134d2/iso-8894-2-1990>

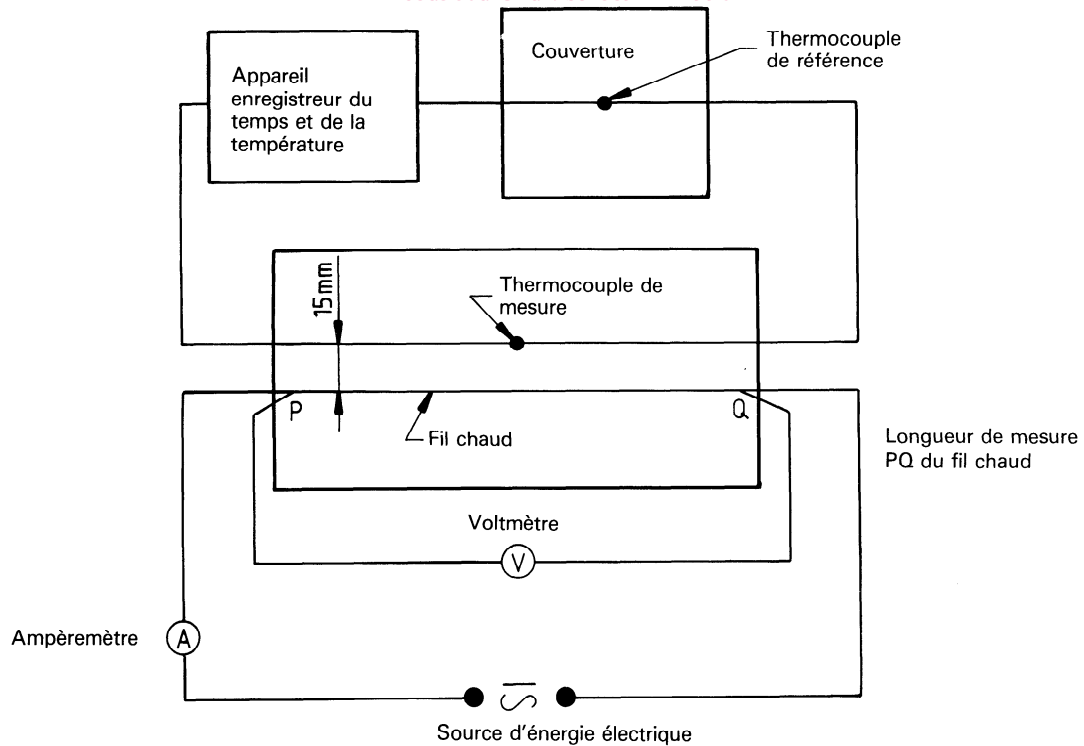


Figure 2 — Schéma du dispositif de mesure

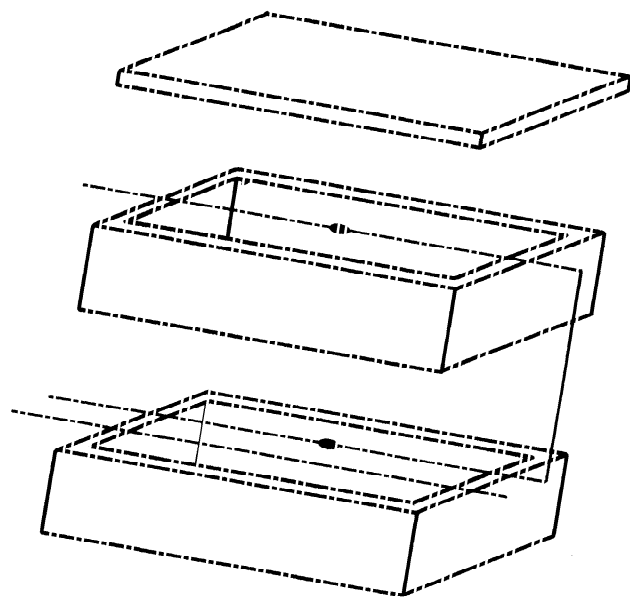


Figure 3 -- Récipient avec le fil chaud et le thermocouple posés dessus

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

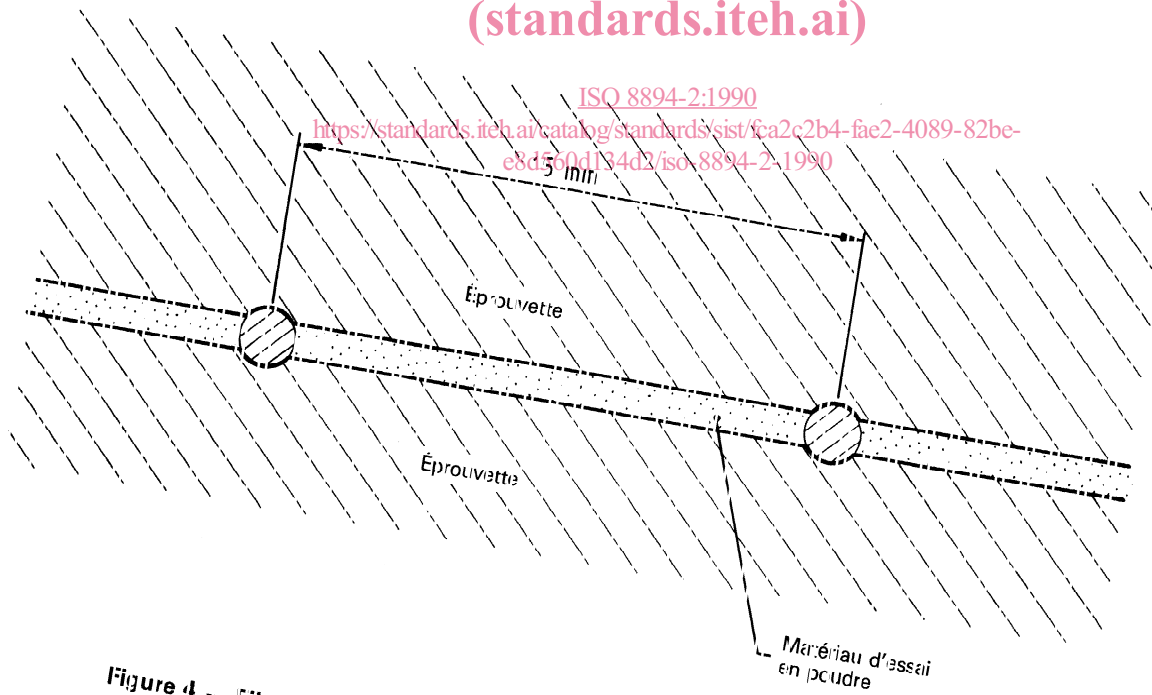


Figure 4 -- Fil chaud et thermocouple logés symétriquement (si nécessaire)