

# NORME INTERNATIONALE

ISO  
8894-1

Première édition  
1987-04-01



INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION  
ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION  
МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

## Matériaux réfractaires — Détermination de la conductivité thermique —

### Partie 1: Méthode du fil chaud (croisillon)

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

*Refractory materials — Determination of thermal conductivity —*

[ISO 8894-1:1987](#)

*Part 1: Hot-wire method (cross-array)*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f4adfa7c-01c0-48b0-821c-fb8cdb54591a/iso-8894-1-1987>

## 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 normalement 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.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 8894-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 33, *Matériaux réfractaires*.

[ISO 8894-1:1987](#)

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

# Matériaux réfractaires — Détermination de la conductivité thermique —

## Partie 1: Méthode du fil chaud (croisillon)

### 1 Objet et domaine d'application

**1.1** La présente partie de l'ISO 8894 spécifie 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 1,5 W/(m·K) et dont la diffusivité thermique est inférieure à 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s.

**1.3** Sous réserve des limites indiquées en 1.2, la méthode est applicable aux matériaux en poudre ou en grains (mais voir 5.7 et 7.3).

NOTE — 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 et qui s'élimine lors du chauffage. Ces matériaux peuvent donc nécessiter un traitement préalable; la nature et les contraintes de ce traitement préalable ainsi que la durée pendant laquelle l'éprouvette est maintenue à la température de mesure sont des détails qui dépassent le cadre de la présente partie de l'ISO 8894 et doivent faire l'objet d'une convention entre les parties intéressées.

**1.4** La méthode n'est pas applicable aux matériaux réfractaires composés de fibres ou en contenant.

NOTE — On envisage d'adapter cette méthode pour l'utiliser sur des matériaux fibreux.

**1.5** La détermination de la conductivité thermique des matériaux réfractaires par la méthode dite « du fil chaud parallèle » fera l'objet de l'ISO 8894-2.

### 2 Référence

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

### 3 Définitions

**3.1 conductivité thermique,  $\lambda$** : 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,  $\alpha$** : Quotient de la conductivité thermique par la capacité thermique volumique.

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

**3.3 capacité thermique volumique**: Quotient de la capacité thermique par le volume.

L'unité de capacité thermique volumique est le joule par mètre cube kelvin.

NOTE — Ceci est équivalent au produit de la capacité thermique massique du matériau par sa masse volumique apparente.

### 4 Principe

Chauffage d'une éprouvette dans un four à une température donnée et maintien à cette température. Chauffage local ultérieur par un conducteur électrique linéaire (le fil chaud) qui est encastré dans l'éprouvette et porte un courant électrique de puissance connue stable dans le temps et sur toute la longueur de l'éprouvette. Calcul de la variation de température du fil chaud, fonction de la conductivité thermique des matériaux de l'éprouvette, à partir de l'entrée de courant sur le fil chaud et de la température de ce dernier à deux intervalles de temps connus après avoir branché le courant de chauffage.

### 5 Appareillage

**5.1 Four**, capable de porter une ou plusieurs éprouvettes 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 température dans cette zone pendant un essai (environ 15 min) ne doit pas varier de plus de 0,5 °C et doit être connue avec une précision de  $\pm 5$  °C.

**5.2 Fil chaud**, de préférence en platine ou en platine-rhodium, d'environ 200 mm de longueur et ne dépassant pas 0,5 mm de diamètre, la longueur étant connue avec une précision de  $\pm 0,5$  mm.

NOTE — Un fil chaud fait de métal de base est également admis pour l'emploi à des températures inférieures à 1 000 °C.

**5.3 Alimentation**, fournie au fil chaud soit en alternatif, soit en continu, avec une variation de puissance durant la période de mesurage inférieure ou égale à 2 %.

**5.4 Croisillon de mesure**, formé par le fil chaud et le thermocouple platine/platine-rhodium qui est soudé en son centre. Les branches du thermocouple doivent être à angle droit avec le fil chaud (voir figures 1 et 2). Le diamètre maximal des branches du thermocouple ne doit pas être supérieur au diamètre du fil chaud (afin de minimiser la perte de chaleur par conduction au point de mesure).

**5.5 Circuit de mesure** : à chaque extrémité du fil chaud sont soudés deux fils du même type (de diamètre supérieur, si possible, à celui du fil chaud), l'un pour fournir le courant de chauffage et l'autre pour mesurer la chute de tension. Le thermocouple soudé au centre du fil chaud (voir 5.4) est connecté en opposition à un thermocouple de référence pour permettre de mesurer les modifications de température. Les fils sont suffisamment longs pour permettre leur sortie du four où des connexions peuvent être réalisées par des fils d'une autre nature jusqu'à l'appareil de mesure.

**5.6 Appareil de mesure** (voir figure 3)

**5.6.1** La chute de tension entre les extrémités du fil chaud doit être mesurée avec une précision de  $\pm 0,5\%$ . Le mesurage de la chute de tension peut être remplacé par un mesurage de la résistance avec la même précision; si l'élévation totale de la température dépasse  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , il est nécessaire de prévoir la variation de la résistance du fil chaud en fonction de la température (voir 7.9).

**5.6.2** Le courant passant par le fil chaud doit être mesuré avec une précision de  $\pm 0,5\%$ .

**5.6.3** L'appareil permettant de mesurer la température du fil chaud doit avoir une sensibilité de  $10\text{ }\mu\text{V/cm}$  avec une précision de  $1\%$ .

**5.7 Conteneurs pour matériau en poudre ou en grains**, ayant des dimensions internes égales à celles qui sont spécifiées pour les parties d'éprouvette solide en 6.2, afin que l'«épreuve» soit constituée de deux ou trois parties comme en 6.2. Le conteneur inférieur doit avoir quatre côtés et un fond et le conteneur supérieur ou le conteneur central et le conteneur du haut doivent avoir seulement quatre côtés.

## 6 Éprouvettes

**6.1** Déterminer le nombre de pièces à soumettre à l'essai conformément à l'ISO 5022 ou à tout autre plan d'échantillonnage normalisé.

NOTE — À ce propos, si chaque pièce (spécimen) est de taille suffisante pour que l'on puisse y prélever les deux ou trois parties constituant l'éprouvette (voir 6.2 et figures 1 et 2), on pourra effectuer  $n$  essais avec  $n$  spécimens; si les spécimens sont de taille plus réduite et si l'on ne peut y prélever qu'une partie, on aura besoin de  $2n$  spécimens pour  $n$  essais (pour des éprouvettes en deux parties) ou  $3n$  spécimens (pour des éprouvettes en trois parties).

**6.2** Chaque éprouvette doit être constituée soit de deux, soit de trois parties identiques avec des cotes d'au moins  $200\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ .

NOTE — Il est recommandé que les cotes de chaque partie soient de  $230\text{ mm} \times 114\text{ mm} \times 76\text{ mm}$  ou de  $230\text{ mm} \times 114\text{ mm} \times 64\text{ mm}$ . On peut donc utiliser des briques de format normalisé comme parties d'une éprouvette sous réserve des conditions requises en 6.3.

**6.3** Chaque surface d'une partie d'éprouvette en contact avec une autre partie doit être rectifiée pour obtenir des écarts inférieurs à  $0,2\text{ mm}$  entre deux points distants d'au moins  $100\text{ mm}$ .

**6.4** Pour les matériaux denses, dans le cas des éprouvettes en deux parties, usiner deux rainures rectilignes pour le croisillon de mesure (5.4) et une rainure en V pour recevoir le thermocouple de référence (5.5) sur la face (de contact) supérieure de la partie inférieure (voir figure 2). Dans le cas d'une éprouvette en trois parties, usiner les rainures destinées au croisillon de mesure sur la surface supérieure de la partie inférieure, et la rainure en V, destinée au thermocouple de référence, sur la surface supérieure de la partie centrale (voir figure 2). En aucun cas, la profondeur et la largeur de la rainure ne doivent dépasser  $1\text{ mm}$ .

L'emplacement de la jonction du thermocouple de référence sur la surface supérieure (de contact) de la partie inférieure doit être à  $5\text{ mm}$  du bord de  $230\text{ mm}$  et à  $10\text{ mm}$  au maximum du bord du fond.

## 7 Mode opératoire

**7.1** Monter l'éprouvette (ou les éprouvettes si l'on effectue deux ou plusieurs essais en parallèle). Dans le cas d'une éprouvette en deux parties, placer le croisillon (5.4) et le thermocouple de référence (5.5) entre les parties, c'est-à-dire dans le plan du fil chaud (voir figure 2). Dans le cas d'une éprouvette en trois parties, placer le croisillon avec le fil chaud entre les parties centrale et inférieure, et le thermocouple de référence entre les parties supérieure et centrale (voir figure 1).

**7.2** Dans le cas d'une éprouvette de réfractaire dense, cimenter le croisillon et le thermocouple de référence dans les rainures usinées à cet effet (voir 6.4) en utilisant un ciment constitué d'une quantité de matériau d'essai finement moulu mélangée à une petite quantité de liant approprié (par exemple  $2\%$  de dextrine et d'eau).

Le ciment doit être séché avant le début de l'essai.

**7.3** Si l'on effectue l'essai sur un matériau en poudre ou en grains, remplir le conteneur inférieur (5.7) de matériau d'essai jusqu'en haut, placer dessus le fil chaud et le croisillon et, si l'on utilise une éprouvette en deux parties, le thermocouple de référence. Placer un conteneur ouvert sur le premier et le remplir de matériau d'essai; si l'on utilise une éprouvette en deux parties, l'éprouvette est entière. Si l'on utilise une éprouvette en trois parties, positionner le thermocouple de référence sur la partie centrale, puis placer et remplir la partie supérieure de la même façon. Déterminer la masse volumique apparente du matériau d'essai sans tassement.

**7.4** Placer l'éprouvette ou les éprouvettes dans le four (5.1) en les posant (pour assurer un chauffage uniforme) chacune sur deux supports du même matériau que l'éprouvette, dont les dimensions sont de  $125\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ , afin qu'elles

reposent sur une face de 125 mm × 10 mm et soient parallèles aux faces de 100 mm (ou 114 mm) de l'éprouvette et se situent à environ 20 mm de ces faces.

**7.5** Connecter les circuits de mesure (5.5) de chaque éprouvette à l'appareil de mesure (5.6).

**7.6** Le circuit du fil chaud étant ouvert, augmenter la température d'essai (la température d'essai la plus basse si l'on effectue l'essai à plusieurs températures) à une vitesse d'au maximum 10 °C/min.

NOTE — Les vitesses de chauffe devraient être suffisamment faibles de façon à garantir qu'il n'y a aucun risque de dégât dû au choc thermique.

**7.7** La source de courant électrique (5.3) étant connectée à une résistance factice dont la valeur est équivalente à celle du fil chaud, réguler l'entrée de courant à une valeur connue (par des essais préliminaires) qui permet d'augmenter la température dans le fil chaud de moins de 100 °C en 15 min.

**7.8** Lorsque le four atteint la température d'essai, vérifier que la température de la zone occupée par les éprouvettes est uniforme et constante. Les températures indiquées par les thermocouples connectés en opposition (le thermocouple soudé au fil chaud et le thermocouple de référence) ne doivent pas différer de plus de 0,05 °C pendant le temps de mesurage.

**7.9** Lorsque les conditions requises en 7.8 sont remplies, fermer le circuit de chauffage du fil chaud, mesurer à partir de ce moment-là le temps écoulé, et effectuer un enregistrement continu de la température du fil chaud si l'on n'utilise pas une alimentation à contrôle automatique. 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 et à des intervalles de 2 min comprenant les moments où le temps écoulé atteint les valeurs  $t_1$  et  $t_2$  choisies lors du calcul du résultat (généralement, 2 min et 10 min).

**7.10** Après le temps de mesurage, normalement 10 à 15 min, couper le courant du circuit de chauffage et laisser le fil chaud et l'éprouvette atteindre un équilibre en température.

**7.11** Vérifier l'uniformité et la constance de la température conformément à 7.8. Répéter les opérations spécifiées en 7.9 et 7.10, ce qui permet d'obtenir une autre mesure de la vitesse d'élévation de la température du fil chaud dans les mêmes conditions.

**7.12** Répéter les opérations spécifiées en 7.11, ce qui permet d'obtenir une troisième mesure de la vitesse d'élévation de la température du fil chaud dans les mêmes conditions.

**7.13** Si l'on effectue également l'essai à une ou plusieurs températures plus élevées, augmenter la température du four pour atteindre la température d'essai suivante à moins de 10 °C/min. Refaire les essais spécifiés en 7.7 à 7.12, ce qui permet d'obtenir trois mesures de la vitesse d'élévation de la température du fil chaud à cette température d'essai.

**7.14** Répéter les opérations spécifiées en 7.13 jusqu'à ce qu'on obtienne trois mesures de la vitesse d'élévation de la température du fil chaud à chacune des températures d'essai requises.

## 8 Interprétation des résultats

**8.1** Si le courant du fil chaud a varié de plus de 2 % pendant l'essai, les résultats doivent être éliminés et l'essai doit être répété avec un courant de moindre valeur.

**8.2** L'élévation de la température du fil chaud par rapport au temps suit une loi logarithmique. L'enregistrement de l'élévation de la température en fonction du temps sur papier semi-logarithmique devrait donc donner une droite. Si ce n'est pas le cas, soit le matériau ne remplit pas les conditions requises pour l'essai et les résultats n'ont pas de signification, soit il s'est produit une erreur de fonctionnement et il faut répéter l'essai.

**8.3** Si le tracé de la température en fonction du temps (comme en 8.2) n'est pas linéaire à l'extrémité inférieure, cela peut être dû à l'influence du matériau entourant le fil chaud. On peut sans doute obtenir un résultat significatif en choisissant une autre valeur de  $t_1$ .

**8.4** Si le tracé de la température en fonction du temps (comme en 8.2) n'est pas linéaire à l'extrémité supérieure, cela peut être dû à la diffusivité du matériau soumis à l'essai qui est trop élevée. On peut sans doute obtenir un résultat significatif en choisissant une autre valeur de  $t_2$ .

## 9 Expression des résultats

### 9.1 Mode de calcul

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

$$\lambda = \frac{I^2 R}{4\pi} \times \frac{\ln(t_2/t_1)}{\Delta\theta_2 - \Delta\theta_1}$$

ou

$$\frac{VI}{4\pi} \times \frac{\ln(t_2/t_1)}{\Delta\theta_2 - \Delta\theta_1}$$

où

$I$  est le courant de chauffage, en ampères;

$V$  est la chute de tension par longueur unitaire de fil chaud, en volts par mètre;

$R$  est la résistance électrique par longueur unitaire de fil chaud, en ohms par mètres, à la température d'essai;

$t_1$  et  $t_2$  sont les temps, en minutes, écoulés après la fermeture du circuit de chauffage;

$\Delta\theta_1$  et  $\Delta\theta_2$  sont les augmentations de température, en kelvins, du fil chaud après fermeture du circuit de chauffage, aux temps respectifs  $t_1$  et  $t_2$ .

## 9.2 Répétabilité

Sur la base des résultats obtenus avec les différentes séries de conditions requises couramment utilisées, la répétabilité de la méthode, exprimée par son coefficient de variation, est de l'ordre de 8 %.

## 10 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit contenir les informations suivantes:

- a) l'établissement chargé de l'essai;
- b) la date de l'essai;
- c) la référence à la présente Norme internationale, à savoir « Détermination de la conductivité thermique par la méthode du fil chaud conformément à l'ISO 8894-1 »;

d) le matériau soumis à l'essai (fabricant, produit, type, numéro de lot, etc.);

e) dans le cas de briques liées chimiquement ou de briques non cuites, le traitement préalable qu'ont subi les éprouvettes (voir la note à 1.3);

f) dans le cas de matériaux non façonnés ou de matières en vrac (poudres ou matériaux en grains), la méthode permettant de préparer les éprouvettes et la masse volumique apparente du matériau (c'est-à-dire sa masse volumique sans tassement);

g) l'atmosphère du four;

h) la ou les température(s), et pour chacune, les trois valeurs individuelles et la moyenne de la conductivité thermique déterminée par l'essai.

NOTE — On utilise les valeurs individuelles pour établir la moyenne, laquelle est utilisée dans l'analyse statistique ultérieure, par exemple conformément à l'ISO 5022.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 8894-1:1987](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f4adfa7c-01c0-48b0-821c-fb8cdb54591a/iso-8894-1-1987)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f4adfa7c-01c0-48b0-821c-fb8cdb54591a/iso-8894-1-1987>

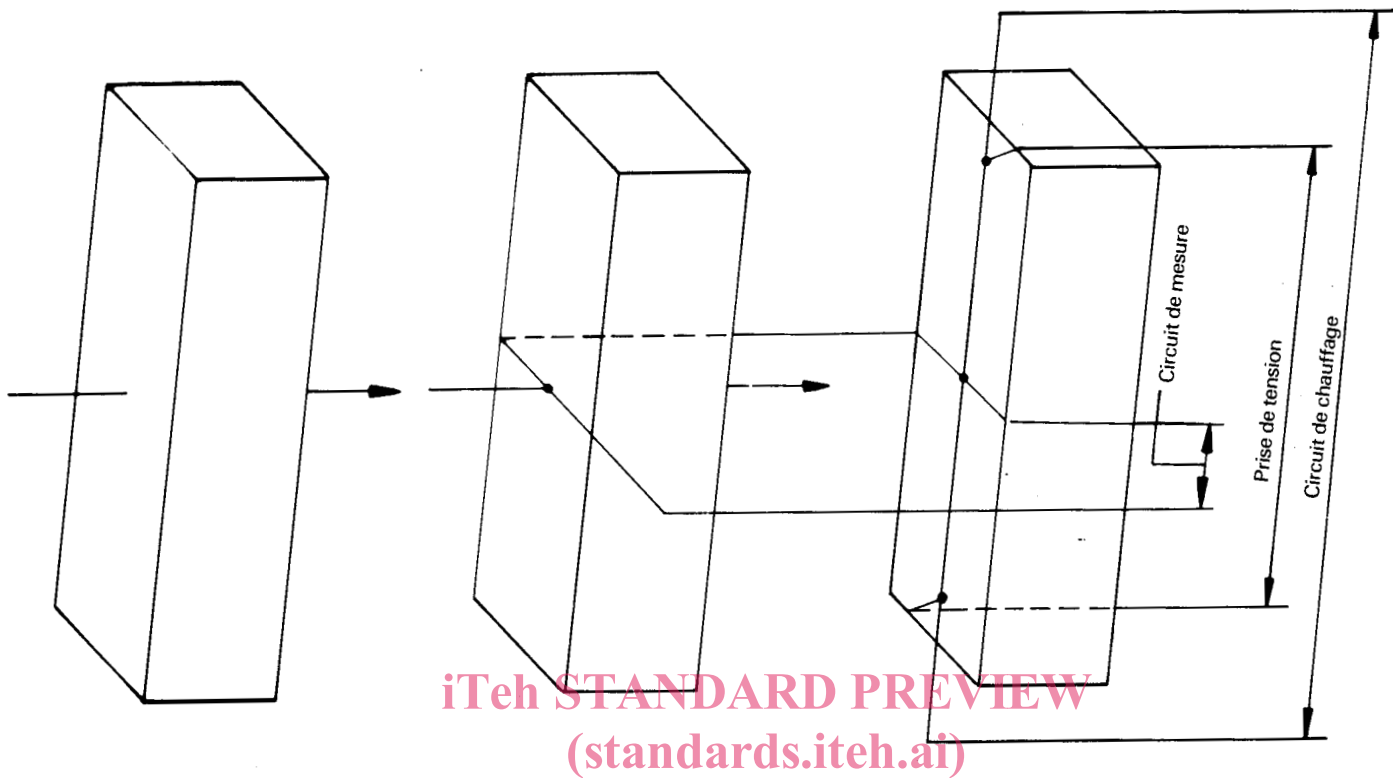


Figure 2 — Emplacement du circuit de mesure et du circuit de chauffage (jonction de référence dans la brique couvrante)

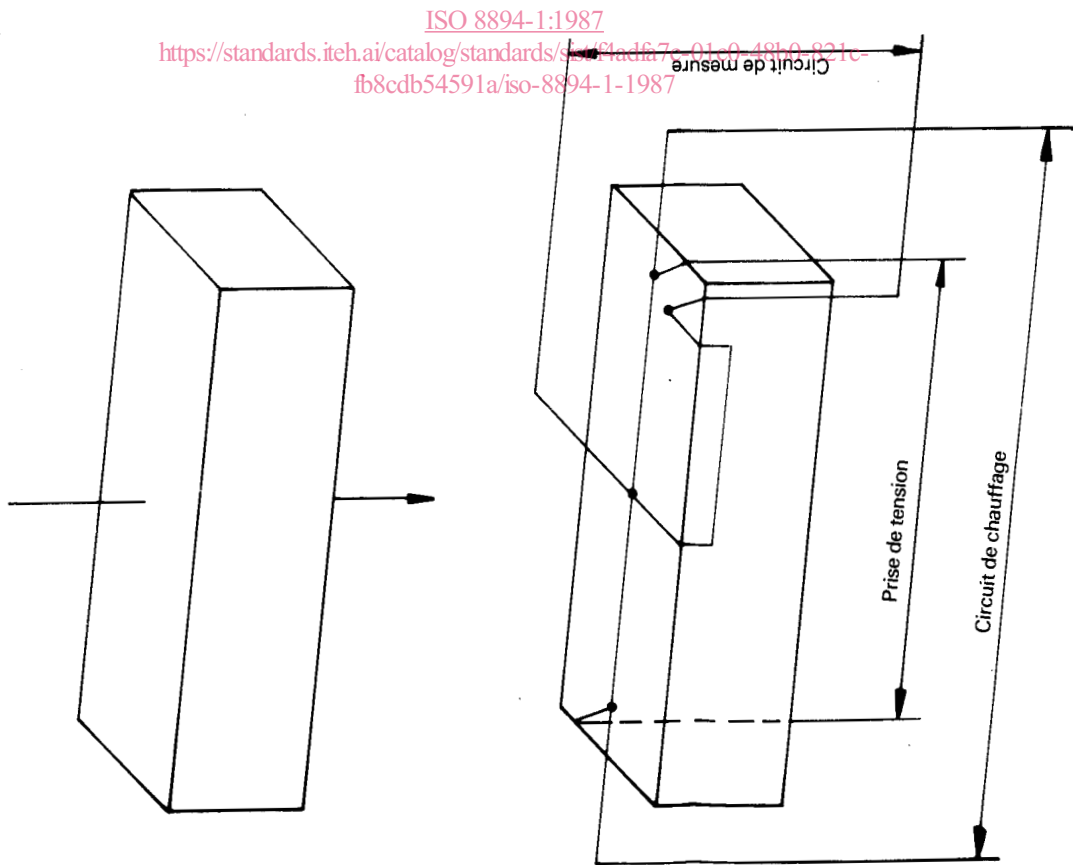


Figure 1 — Emplacement du circuit de mesure et du circuit de chauffage (jonction de référence dans l'éprouvette de mesure)

ISO 8894-1:1987  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4180-01-04/iso-8894-1-1987>  
fb8cdb54591a/iso-8894-1-1987

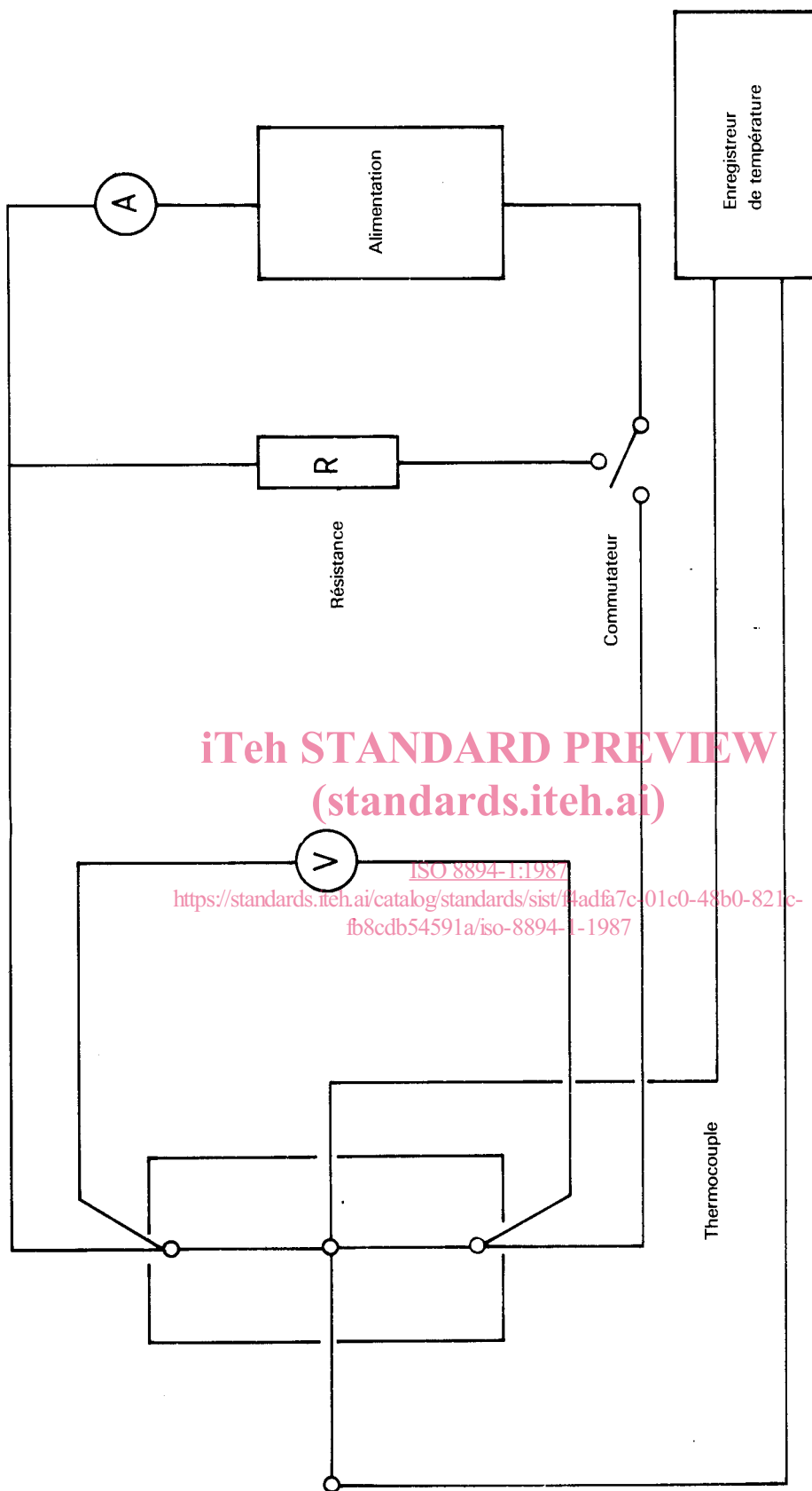


Figure 3 – Schéma de principe de l'appareil de mesure

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 8894-1:1987  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f4adfa7c-01c0-48b0-821c-fb8cdb54591a/iso-8894-1-1987>

CDU 666.76 : 536.2.08

Descripteurs : produit réfractaire, essai, essai thermique, détermination, conductivité thermique.

Prix basé sur 6 pages