

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1241-2-1**

Première édition
First edition
1994-12

**Matériels électriques destinés à être utilisés
en présence de poussières combustibles –**

Partie 2:

Méthodes d'essai –

Section 1: Méthodes de détermination de la
température minimale d'inflammation de la poussière

**Electrical apparatus for use in the presence of
combustible dust –**

Part 2:

Test methods –

Section 1: Methods for determining the minimum
ignition temperatures of dust



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1241-2-1: 1994

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1241-2-1**

Première édition
First edition
1994-12

**Matériels électriques destinés à être utilisés
en présence de poussières combustibles –**

Partie 2:

Méthodes d'essai –

Section 1: Méthodes de détermination de la
température minimale d'inflammation de la poussière

**Electrical apparatus for use in the presence of
combustible dust –**

Part 2:

Test methods –

Section 1: Methods for determining the minimum
ignition temperatures of dust

© CEI 1994 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni
utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun pro-
cédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et
les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in
any form or by any means, electronic or mechanical,
including photocopying and microfilm, without permission
in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Définitions	10
4 Méthode A: Couche de poussière sur une surface chauffée à une température constante	10
4.1 Préparation de l'échantillon de poussière	10
4.2 Appareil d'essai	12
4.3 Mode opératoire	14
4.4 Critère d'acceptation de l'essai	18
4.5 Rapport d'essai	20
4.6 Application des résultats	20
5 Méthode B: Nuages de poussière dans un four à température constante	22
5.1 Préparation de l'échantillon de poussière	22
5.2 Appareil d'essai	22
5.3 Mode opératoire	22
5.4 Critère d'inflammation	24
5.5 Température minimale d'inflammation d'un nuage de poussière	24
5.6 Rapport d'essai	26
Figures	32
Annexes	
A Construction de la surface chauffée et mesure de la répartition de température sur la plaque chauffée	28
B Construction d'un four à température constante	40

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Definitions	11
4 Method A: Dust layer on a heated surface at a constant temperature	11
4.1 Preparation of dust sample	11
4.2 Test apparatus	13
4.3 Procedure	15
4.4 Test acceptance criteria	19
4.5 Reporting of results	21
4.6 Application of results	21
5 Method B: Dust cloud in a furnace at a constant temperature	23
5.1 Preparation of dust sample	23
5.2 Test apparatus	23
5.3 Procedure	23
5.4 Criterion of ignition	25
5.5 Minimum ignition temperature of a dust cloud	25
5.6 Reporting of results	27
Figures	33
Annexes	
A Construction of a heated surface and measurement of temperature distribution on heated surface	31
B Construction of a constant temperature furnace	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIELS ÉLECTRIQUES DESTINÉS À ÊTRE UTILISÉS EN PRÉSENCE DE POUSSIÈRES COMBUSTIBLES –

Partie 2: Méthodes d'essai – Section 1: Méthodes de détermination de la température minimale d'inflammation de la poussière

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 1241-2-1 a été établie par le sous-comité 31H: Matériels destinés à être utilisés en présence de poussières inflammables, du comité d'études 31 de la CEI: Matériel électrique pour atmosphères explosives.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
31H(BC)9	31H(BC)14

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Les annexes A et B font partie intégrante de cette norme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL APPARATUS FOR USE IN THE PRESENCE
OF COMBUSTIBLE DUST –****Part 2: Test methods –
Section 1: Methods for determining the minimum
ignition temperatures of dust**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 1241-2-1 has been prepared by sub-committee 31H: Apparatus for use in the presence of ignitable dust, of IEC technical committee 31: Electrical apparatus for explosive atmospheres.

The text of this standard is based on the following documents:

DIS	Report on voting
31H(CO)9	31H(CO)14

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

Annexes A and B form an integral part of this standard.

INTRODUCTION

Cette section de la CEI 1241-2 décrit les méthodes pour la détermination des températures minimales d'inflammation de la poussière, qui sont:

- méthode A: Couche de poussière sur une surface chauffée à une température constante (article 4);
- méthode B: Nuage de poussière dans un four à température constante (article 5).

La méthode A détermine la température minimale d'inflammation d'une couche de poussière sur une surface chauffée donnée.

La méthode B détermine la température minimale d'inflammation d'un nuage de poussière dans un four chauffé donné.

Les méthodes d'essai sont générales et peuvent être utilisées à des fins de comparaison, mais, dans certaines situations industrielles, des essais complémentaires peuvent être nécessaires.

Les méthodes de détermination de la température minimale d'inflammation ne sont pas applicables aux explosifs reconnus, par exemple poudre à canon, dynamite ou mélanges de substances qui peuvent, dans certaines circonstances, avoir le même comportement.

En cas de doute, on peut obtenir une indication de l'existence d'un risque dû aux propriétés explosives en plaçant une très faible quantité de poussière sur une surface chauffée à 400 °C ou plus et placée à distance de l'opérateur.

INTRODUCTION

This section of IEC 1241-2 describes methods for determining the minimum ignition temperature of dust which are:

- method A: Dust layer on a heated surface at a constant temperature (clause 4);
- method B: Dust cloud in a furnace at a constant temperature (clause 5).

Method A determines the minimum ignition temperature of a dust layer on a prescribed heated surface.

Method B determines the minimum ignition temperature of a dust cloud within a prescribed heated furnace.

The test methods are of a general nature, and may be used for purposes of comparison, but in certain industrial situations further tests may be necessary.

The methods for determining the minimum ignition temperatures are not suitable for use with recognized explosives, for example, gunpowder, dynamite, or mixtures of substances which may, under some circumstances, behave similarly.

Where there is doubt, an indication of the existence of a hazard due to explosive properties may be obtained by testing a very small quantity of the dust on a surface at 400 °C or higher, located remotely from the operator.

MATÉRIELS ÉLECTRIQUES DESTINÉS À ÊTRE UTILISÉS EN PRÉSENCE DE POUSSIÈRES COMBUSTIBLES –

Partie 2: Méthodes d'essai –

Section 1: Méthodes de détermination de la température minimale d'inflammation de la poussière

1 Domaine d'application

La présente section de la CEI 1241-2 indique deux méthodes d'essai pour la détermination de la température minimale d'inflammation de la poussière.

Les méthodes ne sont pas applicables aux substances qui ont des propriétés explosives.

La méthode A (article 4) est applicable à la détermination de la température minimale d'une surface chaude donnée qui conduira à la décomposition et/ou à l'inflammation d'une couche de poussière d'épaisseur donnée, déposée sur celle-ci. La méthode s'applique particulièrement aux installations industrielles pour lesquelles les poussières sont présentes sur des surfaces chaudes en couches minces en contact avec l'atmosphère.

La méthode B (article 5) est applicable à la détermination de la température minimale d'une surface chaude donnée qui conduira à l'inflammation du nuage de poussière ou d'un solide particulaire. Cet essai sera fait comme essai complémentaire lorsqu'on aura déterminé la température minimale d'inflammation d'une couche de poussière par la méthode A décrite dans cette norme.

NOTES relatives à la méthode B

1 Puisque la réalisation de la méthode au four donne des temps de séjour courts pour les particules de poussière à l'intérieur du four, cette méthode d'essai s'applique particulièrement aux appareils industriels où la poussière est présente à l'état de nuage pendant un temps court. Il s'agit là d'une méthode d'essai à petite échelle et les résultats ne sont pas nécessairement représentatifs de toutes les conditions industrielles.

2 La méthode ne s'applique pas non plus aux poussières qui, en dépôt lors d'une période plus longue que celle donnée dans la méthode d'essai, peuvent produire des gaz lors de la pyrolyse ou lors de feux couvants.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente section de la CEI 1241-2. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente section de la CEI 1241-2 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 565: 1990, *Tamis de contrôle – Tissus métalliques, tôles métalliques perforées et feuilles électroformées – Dimensions nominales des ouvertures*

ISO 4225: 1980, *Qualité de l'air – Aspects généraux – Vocabulaire*

ELECTRICAL APPARATUS FOR USE IN THE PRESENCE OF COMBUSTIBLE DUST –

Part 2: Test methods –

Section 1: Methods for determining the minimum ignition temperatures of dust

1 Scope

This section of IEC 1241-2 specifies two test methods for determining the minimum ignition temperatures of dust.

The methods are not suitable for use with substances having explosive properties.

Method A (clause 4) is applicable to the determination of the minimum temperature of a prescribed hot surface which will result in the decomposition and/or ignition of a layer of dust of a specified thickness deposited on it. The method is particularly relevant to industrial equipment with which dust is present on hot surfaces in thin layers exposed to the atmosphere.

Method B (clause 5) is applicable to the determination of the minimum temperature of a prescribed hot surface which will result in the ignition of a cloud of a given sample of dust or other particulate solid. The test is intended to be carried out as a complementary test after determining the minimum ignition temperature of a dust layer by method A of this standard.

NOTES concerning method B

1 Because the method of operation of the furnace gives short residence times for dust particles within it, this method of test is applicable to industrial equipment where dust is present as a cloud for a short time. This method of test is of small scale and the results are not necessarily representative of all industrial conditions.

2 The method is not applicable to dusts which may, over a longer period of time than provided for in the test method, produce from deposits gases generated during pyrolysis or smouldering.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this section of IEC 1241-2. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this section of IEC 1241-2 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

ISO 565: 1990, *Test sieves – Metal wire cloth, perforated metal plate and electroformed sheet – Nominal sizes of opening*

ISO 4225: 1980, *Air quality – General aspects – Vocabulary*

3 Définitions

Dans le cadre de cette section de la CEI 1241-2, les définitions suivantes s'appliquent:

3.1 poussière: Petites particules solides dans l'atmosphère qui se déposent sous l'effet de leur propre poids mais qui peuvent rester en suspension dans l'air un certain temps (cela inclut ce qui est défini dans l'ISO 4225 sous le terme de «poussière et grain»).

3.2 Inflammation d'une couche de poussière: L'inflammation est considérée comme s'étant produite si un rougeoiement ou des flammes apparaissent dans le matériau, ou si l'on mesure une température de 450 °C ou plus, ou un accroissement de température de 250 K ou plus par rapport à la température de la surface chaude donnée, au cours de l'essai.

3.3 température d'inflammation d'une couche de poussière: Température minimale d'une surface chaude pour laquelle l'inflammation se produit dans une couche de poussière d'épaisseur donnée, déposée sur cette surface chaude.

NOTES

1 En raison du nombre important de procédés dans l'industrie, l'inflammation des couches de poussière peut dépendre de conditions locales. Cette méthode d'essai n'est pas nécessairement représentative de toutes les conditions industrielles, où il peut être nécessaire de tenir compte de facteurs tels que la présence de couches épaisses de poussière et la répartition de la température dans l'environnement.

2 Lorsqu'on fait cet essai, il est essentiel de s'assurer que toutes les précautions nécessaires ont été prises pour préserver la santé du personnel, par exemple contre les risques d'incendie, d'explosion, d'inhalation de fumée et de produits toxiques de combustion.

3.4 Inflammation d'un nuage de poussière: Amorçage d'une explosion par transfert d'énergie à un nuage de poussière dans l'air.

3.5 température d'inflammation d'un nuage de poussière: Température minimale de la paroi interne chaude d'un four à laquelle l'inflammation se produit dans l'air avec le nuage de poussière placé dans le four.

NOTE – Lorsqu'on fait cet essai, il est essentiel de s'assurer que toutes les précautions nécessaires ont été prises pour préserver la santé du personnel, par exemple contre les risques d'incendie, d'explosion, d'inhalation de fumée et de produits toxiques de combustion.

4 Méthode A: Couche de poussière sur une surface chauffée à une température constante

4.1 Préparation de l'échantillon de poussière

L'échantillon doit être préparé de façon à être homogène et représentatif de la poussière reçue pour examen.

L'échantillon de poussière à essayer doit en général être capable de traverser un tamis en toile métallique ou en tôle perforée à ouverture carrée nominale de 200 µm (pour d'autres dimensions, voir ISO 565). S'il est nécessaire d'examiner une poussière plus grossière, passant au tamis d'ouverture nominale pouvant aller jusqu'à 500 µm, cela doit être indiqué dans le rapport d'essai.

3 Definitions

For the purpose of this section of IEC 1241-2, the following definitions apply:

3.1 dust: Small solid particles in the atmosphere which settle out under their own weight, but which may remain suspended in air for some time (includes dust and grit as defined in ISO 4225).

3.2 Ignition of a dust layer: Ignition is considered to have occurred if glowing or flaming is initiated in the material, or a temperature of 450 °C or more, or a temperature rise of 250 K or more above the temperature of the prescribed hot surface, is measured in the test.

3.3 minimum ignition temperature of a dust layer: Lowest temperature of a hot surface at which ignition occurs in a dust layer of specified thickness on this hot surface.

NOTES

1 Because of the wide range of processes in industry, the ignition of dust layers may be dependent upon local conditions. This method of test is not necessarily representative of all industrial conditions, where account may need to be taken of such factors as the presence of thick layers of dust and of the distribution of temperature in the environment.

2 When carrying out this test, it is essential that all necessary precautions be taken to safeguard the health of personnel, for example, against the risk of fire, explosion, inhalation of smoke and any toxic products of combustion.

3.4 Ignition of a dust cloud: Initiation of an explosion by the transfer of energy to a dust cloud in air.

3.5 Ignition temperature of a dust cloud: Lowest temperature of the hot inner wall of a furnace at which ignition occurs in a dust cloud in air contained therein.

NOTE – When carrying out this test, it is essential that all necessary precautions be taken to safeguard the health of personnel, for example, against the risk of fire, explosion, inhalation of smoke and any toxic products of combustion.

4 Method A: Dust layer on a heated surface at a constant temperature

4.1 *Preparation of dust sample*

The sample shall be prepared so as to be homogeneous and representative of the dust received for consideration.

The dust sample to be tested shall, in general, be able to pass through a woven metal wire cloth or a square hole perforated plate test sieve with a nominal size of aperture of 200 µm (for supplementary sizes, see ISO 565). If it is necessary to test a coarser dust, passing a test sieve with a nominal size of aperture up to 500 µm, the fact shall be stated in the test report.

Tout changement apparent dans les propriétés de la poussière introduit au cours de la préparation de l'échantillon, par exemple par tamisage ou dû aux conditions de température et d'humidité, doit être indiqué dans le rapport d'essai.

4.2 Appareil d'essai

L'appareil est représenté schématiquement à la figure A.1. Les détails essentiels et les performances requises sont donnés dans les paragraphes suivants. Les méthodes de construction qui permettent d'obtenir ces performances sont indiquées dans l'annexe A.

4.2.1 Surface chauffée

La surface chauffée doit être constituée par une plaque métallique circulaire et doit fournir une surface de travail d'au moins 200 mm de diamètre et ayant une épaisseur d'au moins 20 mm. La plaque doit être chauffée électriquement et sa température doit être régulée par un dispositif dont l'élément sensible est un thermocouple monté dans la plaque près du centre et dont la soudure est à $1 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ de la surface supérieure et en bon contact thermique avec la plaque.

Un thermocouple identique doit être monté près du thermocouple de régulation de manière similaire et doit être relié à un enregistreur de température pour enregistrer la température de la plaque durant l'essai. La plaque chauffée et le dispositif de régulation doivent satisfaire aux conditions suivantes:

- a) la plaque doit pouvoir atteindre une température maximale de 400°C en l'absence d'une couche de poussière;
- b) la température de la plaque doit être constante à $\pm 5 \text{ K}$ près pendant toute la durée d'un essai;
- c) quand la température de la plaque a atteint une valeur constante, la température de la surface de la plaque doit être uniforme à $\pm 5 \text{ K}$, lorsqu'elle est mesurée selon deux diamètres à angle droit suivant la méthode décrite dans l'annexe B. Cette condition doit être satisfaite pour des températures nominales de la plaque de 200°C et 350°C ;
- d) la régulation de température doit être telle que la température de plaque enregistrée ne varie pas de $\pm 5 \text{ K}$ lors de la mise en place de la couche de poussière; elle doit revenir à sa valeur initiale, à $\pm 2 \text{ K}$, en moins de 5 min après dépôt de la couche de poussière;
- e) le régulateur et les dispositifs de mesure de température doivent être étalonnés et avoir comme limites d'erreur $\pm 3 \text{ K}$.

4.2.2 Thermocouple de la couche de poussière

Un thermocouple fin (diamètre de 0,20 mm à 0,25 mm) en chromel-alumel ou en tout autre matériau convenable doit être placé au-dessus de la plaque chauffée, parallèlement à sa surface et à une hauteur de 2 mm à 3 mm de celle-ci, avec sa soudure au-dessus du centre de la plaque. Ce thermocouple doit être relié à un enregistreur de température afin d'observer le comportement de la couche de poussière durant l'essai.

4.2.3 Mesures de température

Les mesures de température avec les thermocouples doivent être faites soit par rapport à une soudure de référence à température fixe, soit avec un dispositif de compensation automatique de soudure froide. Dans les deux cas, l'étalonnage doit satisfaire aux conditions de 4.2.1 e).

Any apparent changes noted in the properties of the dust during preparation of the sample, for example, by sieving or owing to temperature or humidity conditions, shall be stated in the test report.

4.2 *Test apparatus*

The apparatus is shown schematically in figure A.1. Essential details and performance requirements are given in the following subclauses. Methods of construction to enable these requirements to be met are described in annex A.

4.2.1 *Heated surface*

The heated surface shall consist of a circular metal plate and shall provide a working area of at least 200 mm in diameter and be not less than 20 mm in thickness. The plate shall be heated electrically and its temperature shall be controlled by a device for which the sensing element is a thermocouple mounted in the plate near the centre and with its junction within $1\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$ of the upper surface and in good thermal contact with the plate.

A similar thermocouple shall be mounted near the control thermocouple in a similar manner, and shall be connected to a temperature recorder to record the temperature of the surface during a test. The heated surface and its control device shall satisfy the following performance requirements:

- a) the heated surface shall be capable of attaining a maximum temperature of $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ without a dust layer in position;
- b) the temperature of the heated surface shall be constant to within $\pm 5\text{ K}$ throughout the period of a test;
- c) when the heated surface has reached a steady state, the temperature across the surface shall be uniform to within $\pm 5\text{ K}$ when measured across two diameters at right angles, by the procedure described in annex B. This requirement shall be satisfied at nominal surface temperatures of $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $350\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- d) the temperature control shall be such that the recorded surface temperature does not change by more than $\pm 5\text{ K}$ during the placing of the dust layer, and it shall be restored to within $\pm 2\text{ K}$ of the previous value within 5 min of placing the dust layer;
- e) temperature control and measurement devices shall be calibrated and shall have limits of inaccuracy of $\pm 3\text{ K}$.

4.2.2 *Dust layer thermocouple*

A fine thermocouple (0,20 mm to 0,25 mm diameter) of chromel-alumel or other suitable material shall be stretched across the heated surface, and parallel to it, at a height of between 2 mm and 3 mm from it with the junction over the centre of the plate. This thermocouple shall be connected to a temperature recorder in order to determine the behaviour of the dust layer during the test.

4.2.3 *Temperature measurements*

Temperature measurements using thermocouples shall be made either relative to a fixed reference junction or with automatic cold junction compensation. In either case, calibration shall satisfy the requirements of 4.2.1 e).

4.2.4 *Mesure de la température ambiante*

La température ambiante doit être mesurée par un thermomètre placé à pas plus de 1 m de la plaque chaude, mais protégé du rayonnement et de la convection de chaleur de la plaque. La température ambiante doit être comprise entre 15 °C et 35 °C.

4.2.5 *Couches de poussière*

Pour préparer les couches de poussière, on doit remplir la cavité formée en plaçant un anneau métallique de hauteur appropriée sur la surface de la plaque chaude, et aplanir la couche au sommet de l'anneau. Celui-ci doit avoir 100 mm de diamètre intérieur nominal et avoir deux fentes aux extrémités opposées d'un diamètre pour introduire le thermocouple d'essai (figure A.2). L'anneau doit être laissé en place durant l'essai.

Une poussière donnée doit être essayée en couche de 5,0 mm $\pm$ 0,1 mm d'épaisseur. Pour prédire le comportement des couches (voir 4.6), il est utile de réaliser un essai avec une seconde épaisseur (telle que 12,5 mm $\pm$ 0,1 mm ou 15,0 mm $\pm$ 1 mm). Des anneaux de hauteur appropriée sont nécessaires.

4.2.6 *Formation de la couche de poussière*

La couche de poussière doit être formée sans compression exagérée. Cela signifie que la poussière doit être déposée à l'intérieur de l'anneau avec une spatule et répartie essentiellement par un mouvement de va-et-vient de la spatule jusqu'à ce que l'anneau soit légèrement trop rempli. La couche est ensuite nivelée en déplaçant une règle à la surface supérieure de l'anneau. Il convient d'enlever tout excès de poussière.

Pour chaque type de poussière, on doit former une couche de la même manière que ci-dessus sur une feuille de papier tarée et la peser. La densité, qui doit être indiquée, est calculée à partir du poids de la poussière et du volume de l'anneau rempli de poussière.

4.3 *Mode opératoire*

4.3.1 *Généralités*

L'inflammation dans des solides poreux ou pulvérulents exposés à des températures élevées est précédée généralement par une phase plus ou moins prolongée d'auto-échauffement (généralement en raison de l'oxydation par l'air ambiant). Selon la température à laquelle le solide est porté, l'auto-échauffement peut provoquer seulement une élévation transitoire de température dans le solide, élévation qui peut être parfois importante, mais qui n'entraîne pas nécessairement la propagation de la combustion. De plus, à des températures proches du minimum requis pour l'inflammation, la «période d'induction» après laquelle se produit l'inflammation est généralement beaucoup plus longue que dans le cas d'inflammations de nuages de poussière ou d'inflammation de gaz ou vapeurs (plusieurs heures ou minutes plutôt que quelques secondes). Pour ces deux raisons, le repérage de la température minimale d'inflammation des couches est moins précis que dans le cas des nuages de poussière ou dans le cas de gaz ou de vapeurs. Il faut surtout être certain que l'incapacité à s'enflammer à une température donnée n'est pas simplement le résultat d'un arrêt prématuré de l'essai.

4.2.4 *Ambient temperature measurements*

The ambient temperature shall be measured by a thermometer placed not more than 1 m from the heated surface, but shielded from heat convection and radiation from the surface. The ambient temperature shall be within the range 15 °C to 35 °C.

4.2.5 *Dust layers*

Dust layers shall be prepared by filling the cavity formed by placing a metal ring of appropriate height on the heated surface and levelling the layer to the top of the ring. The ring shall have an internal diameter of nominally 100 mm and shall have slots at opposite ends of a diameter to clear the test thermocouple (figure A.2). The ring shall be left in place during a test.

A given dust shall be tested in a layer of 5,0 mm $\pm$ 0,1 mm depth. For predictive purposes (see 4.6) a second depth (such as 12,5 mm $\pm$ 0,1 mm or 15,0 mm $\pm$ 1 mm) is useful. Rings of appropriate depths will be required.

4.2.6 *Formation of dust layer*

The dust layer shall be formed without compressing it unduly. That is to say, the dust shall be put into the ring with a spatula and distributed mainly with sideways movement of the spatula until the ring is slightly overfilled. The layer shall then be levelled by drawing a straight edge across the top of the ring. Any excess should be swept away.

For each type of dust, a layer shall be formed in the above manner on a sheet of paper whose weight is known and weighed. The density shall be calculated from the mass of the dust and the filled volume of the ring, and shall be reported.

4.3 *Procedure*

4.3.1 *General*

Ignition in particulate or porous solids exposed to elevated temperatures is generally preceded by a more or less protracted period of self-heating (usually due to atmospheric oxidation). Depending on the temperature of exposure, self-heating may result in no more than a transient, though sometimes substantial, rise in temperature within the solid which does not lead to propagation of combustion. Further, the "induction period" for ignition, at temperatures near to the minimum required for ignition is usually many times greater than for ignition in dust clouds or in gases and vapours (minutes or hours rather than seconds). For both reasons the recognition of the minimum ignition temperature of dust layers is less straightforward than for dust clouds or for gases and vapours. It is necessary especially to be certain that failure to ignite at a given temperature is not merely because a test was terminated prematurely.

L'apparition de l'inflammation dans une couche de poussière déposée sur une surface à une température donnée dépend de manière critique de la différence entre la vitesse de production de chaleur dans la couche («auto-échauffement») et la vitesse de la déperdition de chaleur à l'extérieur de la couche. La température à laquelle l'inflammation d'un matériau donné se produit dépend donc de l'épaisseur de la couche. Les valeurs déterminées pour deux ou plusieurs épaisseurs de couche d'une poussière donnée peuvent être utilisées à des fins de prévision (voir 4.6).

Suivant le mode opératoire recommandé, l'inflammation doit être considérée comme s'étant produite si:

- a) un rougeoiement visible ou des flammes sont observées (figure 3a), ou
- b) une température de 450 °C est mesurée, ou
- c) un accroissement de température de 250 K au-dessus de la température de la surface chaude (figure 3c) est mesuré.

En considérant les points b et c ci-dessus, l'inflammation ne doit pas se produire à moins qu'il puisse être montré que la réaction ne se propage pas en rougeoiement ou inflammation. La température doit être mesurée par le thermocouple (voir 4.2.2). On trouve généralement, pourvu que la température de la plaque soit assez élevée, que la température dans la couche s'élève lentement jusqu'à une valeur maximale qui peut dépasser la température de la surface chauffée, puis décroît lentement jusqu'à une valeur stable inférieure à la température de la surface chauffée (figure 3b). Ce comportement met en évidence l'auto-échauffement dans la couche de poussière et peut souvent être accompagné d'une décoloration de la couche de poussière, mais sans combustion vive et visible de la couche. Si la température de la surface chaude est un peu plus élevée, la température mesurée dans la couche de poussière continuera à croître au lieu de passer par un maximum. Certains matériaux sont le siège d'auto-échauffements en plusieurs étapes et il peut être nécessaire de continuer l'essai pour être sûr d'avoir complètement exploré cette possibilité d'inflammation. Avec les poussières organiques, la combustion se produit généralement sous la forme d'une carbonisation suivie de l'apparition d'une combustion sans flamme, d'un rougeoiement qui se déplace à travers la couche et laisse un résidu de cendres. Avec les couches de poussière composées de certains métaux divisés, l'inflammation peut être caractérisée par l'apparition relativement soudaine d'une combustion très incandescente et sans flamme qui se propage rapidement dans la couche.

Pour déterminer la température minimale d'inflammation d'une couche d'épaisseur donnée, on répétera les essais en utilisant chaque fois une couche nouvelle de poussière et par ajustement avec la méthode d'alternance de température de la plaque chaude jusqu'à ce qu'une température soit trouvée qui soit suffisamment élevée pour donner l'inflammation de la couche mais qui ne soit pas de plus de 10 K supérieure à la température qui ne conduit pas à l'inflammation. On doit confirmer les températures auxquelles l'inflammation ne se produit pas en poursuivant l'essai suffisamment longtemps pour s'assurer que tout type d'auto-échauffement a certainement une vitesse qui décroît, c'est-à-dire que la température au point de mesure dans la couche décroît jusqu'à une valeur stable inférieure à la température de la surface chauffée.

4.3.2 Méthode

L'appareil doit être installé dans une zone sans courant d'air et de préférence sous une hotte capable d'extraire les fumées et vapeurs.

The occurrence of ignition in a layer of dust on a surface at a given temperature depends critically on the balance between the rate of heat generation ("self-heating") in the layer and the rate of heat loss to the surroundings. The temperature at which ignition of a given material occurs depends, therefore, on the thickness of the layer. Values determined for two or more thicknesses of a given dust may be used for predictive purposes (see 4.6).

Following the recommended procedure, ignition shall be considered to have occurred if:

- a) visible glowing or flaming is observed (figure 3a), or
- b) a temperature of 450 °C, is measured or
- c) a temperature rise of 250 K above the temperature of the heated plate (figure 3c), is measured.

With regard to items b and c above, ignition shall not be considered to have occurred if it can be shown that the reaction does not propagate to glowing or flaming. The temperature shall be measured by thermocouple (see 4.2.2) It will usually be found that, provided the temperature of the heated surface is high enough, the temperature in the layer will slowly increase to a maximum value which may be in excess of the temperature of the heated surface and then slowly fall to a steady value below the temperature of the heated surface (figure 3b). This behaviour is evidence of self-heating in the dust layer and it may often be accompanied by a discoloration of the dust but without active and visible combustion of the layer. If the temperature of the heated surface is slightly higher, the temperature measured in the dust layer will continue to rise instead of passing through a maximum. Some materials exhibit more than one stage of self-heating, and it may sometimes be necessary to prolong the test in order to fully explore this possibility. With organic dust, combustion will usually take the form of charring followed by the appearance of smouldering with glowing which will progress through the layer and leave a residue of ash. With dust layers composed of certain divided metals, ignition may be characterized by the relatively sudden appearance of highly incandescent smouldering combustion progressing rapidly through the layer.

In the determination of the minimum ignition temperature for a layer of given thickness, repeated trials are carried out, using a fresh layer of dust each time and with up-and-down adjustments to the temperature of the heated surface until a temperature is found which is high enough to cause ignition in the layer but which is no more than 10 K higher than a temperature which fails to cause ignition. The highest temperature at which ignition fails to occur shall be confirmed by continuing the test long enough to establish that any self-heating is decreasing in rate; that is, the temperature at the point of measurement in the layer is decreasing to a steady value lower than the temperature of the heated surface.

4.3.2 Method

The apparatus shall be set up in a position free from draughts, and preferably under a hood capable of extracting smoke and fumes.

La température de la plaque doit être ajustée à la valeur désirée et doit rester stable dans les limites prescrites en 4.2.1 b). Un anneau métallique de la hauteur requise doit être placé au centre de la surface de la plaque et doit être rempli en 2 min au maximum avec les poussières à essayer. L'enregistreur de température d'essai à couple thermoélectrique doit alors être mis en route.

L'essai doit être poursuivi jusqu'à ce qu'on soit sûr que la couche s'est enflammée (observation visuelle ou enregistrement du signal de thermocouple) ou auto-échauffée sans inflammation, puis refroidie.

Si après une période de 30 min aucun auto-échauffement n'est apparu, il convient d'arrêter l'essai et de le recommencer à une température plus élevée. Si l'inflammation ou l'auto-échauffement se produit, l'essai doit être recommencé à une température inférieure en prolongeant si nécessaire l'essai au-delà de 30 min. Les essais sont poursuivis jusqu'à ce qu'une température soit trouvée qui soit suffisamment élevée pour provoquer l'inflammation ou l'auto-échauffement dans la couche, mais qui ne soit pas supérieure de plus de 10 K à la température qui ne provoque ni inflammation ni auto-échauffement.

4.3.3 Résultats

Les essais doivent être répétés avec des couches fraîches de poussière jusqu'à ce qu'on ait déterminé la température minimale d'inflammation. Celle-ci sera la plus faible température, arrondie au multiple de 10 °C inférieur, à laquelle l'inflammation se produit dans une couche d'épaisseur donnée. Lorsque l'on a jugé que l'inflammation s'était produite, à partir des lectures du thermocouple d'essai (voir 4.3.1), la température minimale d'inflammation doit être la plus faible température, arrondie au multiple de 10 °C inférieur, moins 10 K.

On doit aussi enregistrer la valeur la plus élevée de la température à laquelle la couche ne s'enflamme pas, ou ne semble pas devoir s'enflammer. Cette température ne doit pas être inférieure de plus de 10 K à la température à laquelle l'inflammation se produit et doit être confirmée par au moins trois essais supplémentaires.

Dans le cadre de cette norme, les essais doivent être arrêtés si l'inflammation de la couche de poussière ne se produit pas en dessous d'une température de surface de 400 °C. Ce fait doit être rapporté comme résultat d'essai.

Le délai nécessaire pour obtenir l'inflammation, ou le délai pour atteindre la température maximale dans le cas d'une non-inflammation, doit être mesuré après le dépôt de la poussière sur la surface chaude et doit être indiqué dans le rapport (délai arrondi au multiple de 5 min le plus proche).

Lorsqu'une couche de poussière ne s'enflamme pas à une température inférieure à 400 °C, la durée maximale de l'essai doit être indiquée.

4.4 Critère d'acceptation de l'essai

Les résultats obtenus par le même opérateur à des jours différents et les résultats obtenus dans différents laboratoires doivent être considérés comme non satisfaisants s'ils conduisent à des températures d'inflammation différant de plus de 10 K dans chaque cas.

La validité des résultats d'essai peut être parfois mauvaise pour des raisons liées à la nature physique des poussières et au comportement des couches lors de l'essai. Si cela se produit, on doit l'indiquer (voir 4.5) et tous les résultats doivent être considérés comme également valables.

The temperature of the heated surface shall be adjusted to the desired value and shall be allowed to become steady within the prescribed limits of 4.2.1 b). A metal ring of the required height shall be placed centrally on the heated surface and this ring shall be filled with the dust to be tested and levelled off within a period of 2 min. The recorder for the dust layer thermocouple shall then be started.

The test shall be continued until it is ascertained either that the layer has ignited, either visually or by the thermocouple recording, or has self-heated without igniting and is subsequently cooling down.

If, after a period of 30 min, no self-heating is apparent the test should be terminated and repeated at a higher temperature. If ignition or self-heating occurs the test shall be repeated at a lower temperature, if necessary, prolonging the test beyond 30 min. Testing is continued until a temperature is found which is high enough to cause ignition or self-heating in the layer, but which is no more than 10 K higher than a temperature which fails to cause ignition or self-heating.

4.3.3 Results

Tests shall be repeated with fresh layers of dust until a minimum ignition temperature has been determined. This shall be the lowest temperature, rounded down to the nearest integral multiple of 10 °C, at which ignition occurs in a layer of given thickness. Where ignition has been deemed to occur, from readings of the test thermocouple (see 4.3.1), the minimum ignition temperature shall be the lowest such temperature, rounded down to the nearest integral multiple of 10 °C, less 10 K.

The highest value of temperature at which ignition does not occur, or is deemed not to occur, shall also be recorded. This temperature shall not be more than 10 K lower than the minimum temperature at which ignition does occur, or is deemed to occur, and it shall be confirmed by at least three tests.

For the purpose of this standard, the tests shall be discontinued if ignition of a dust layer does not occur below a heated surface temperature of 400 °C. This fact shall be reported as the result of the test.

Times to obtain ignition, or times to reach the maximum temperature in the case of no ignition, shall be measured to the nearest 5 min from the time of placing the dust layer on to the heated surface, and shall be reported.

Where a dust layer fails to ignite at a temperature of less than 400 °C, the maximum duration shall be reported.

4.4 Test acceptance criteria

Results obtained by the same operator on different days and results obtained in different laboratories shall be considered unsatisfactory if they give ignition temperatures differing by more than 10 K in either case.

The validity of test results may sometimes be poor for reasons associated with the physical nature of the dusts and the behaviour of layers during test. When this occurs it shall be reported (see 4.5) and all results shall be accepted as equally valid.

Le rapport d'essai doit alors comprendre une brève description de la nature de la combustion suivant l'inflammation, en notant spécialement des comportements tels que combustion particulièrement rapide ou décomposition violente. Les facteurs qui pourraient affecter la signification des résultats doivent être signalés; par exemple difficultés de préparation des couches, déformation des couches lors du chauffage, crépitement, fusion et émission de gaz inflammables lors du chauffage de la poussière.

4.5 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit comprendre le nom, l'origine et la description (si ce n'est pas implicite dans le nom) du matériau essayé, la date et l'identification de l'essai, la température ambiante et la densité du matériau essayé (voir 4.2.6)).

Le rapport doit indiquer que la détermination de la température minimale d'inflammation a été faite en accord avec cette norme.

Les essais d'inflammation doivent être présentés comme indiqué dans le tableau suivant (résultats inscrits dans l'ordre décroissant de température de surface plutôt que dans l'ordre de réalisation des essais):

Couche de poussière mm	Température de la plaque °C	Résultat de l'essai	Temps pour atteindre l'inflammation ou la valeur la plus élevée de la température sans inflammation min
5	180	Inflammation	16
	170	Inflammation	36
	160	Pas d'inflammation	40
	160	Pas d'inflammation	38
	160	Pas d'inflammation	42
	150	Pas d'inflammation	62

La température d'inflammation doit être enregistrée conformément à 4.3.3 pour chaque épaisseur de couche de poussière.

Dans l'exemple donné dans le tableau ci-dessus, la température minimale d'inflammation d'une couche de 5 mm sera notée égale à 170 °C.

Il n'est pas nécessaire de mentionner les essais pour lesquels la température de la surface chaude diffère de plus de ± 20 K de la température minimale d'inflammation enregistrée.

4.6 Application des résultats

Les valeurs de la température minimale d'inflammation, déterminée selon la méthode A de cette norme, s'appliquent aux couches ayant les épaisseurs utilisées dans les essais, bien que pour certains matériaux, il soit possible d'estimer les températures minimales de surface chaude pour l'inflammation de couches d'une poussière donnée, d'épaisseur intermédiaire ou plus grande, par interpolation linéaire ou extrapolation des résultats expérimentaux représentés graphiquement sous la forme du logarithme de l'épaisseur en fonction de l'inverse de la température minimale d'inflammation, en kelvins, il est préférable de faire l'essai avec l'épaisseur requise.

The test report shall then include a brief description of the nature of the combustion following ignition, noting especially behaviour such as unusually rapid combustion or violent decomposition. Factors likely to affect the significance of the results shall also be reported; these include difficulties in the preparation of layers, distortion of layers during heating, decrepitation, melting and evidence of flammable gas generated during heating of the dust.

4.5 Reporting of results

The test report shall include the name, source and description (if not implicit in the name) of the material tested, the date and identification of the test, the ambient temperature and the density of the material as tested (see 4.2.6).

The report shall state that the determination of minimum ignition temperature of the dust layer has been carried out in accordance with this standard.

The ignition tests shall be reported in the manner shown in the following table (showing results in descending order of surface temperature rather than in the order in which tests were performed):

Depth of layer mm	Surface temperature °C	Result of test	Time to ignition or to reach the highest value of temperature without ignition min
5	180	Ignition	16
	170	Ignition	36
	160	No ignition	40
	160	No ignition	38
	160	No ignition	42
	150	No ignition	62

The ignition temperature shall be recorded in accordance with 4.3.3 for each depth of layer.

In the example given in the above table the minimum ignition temperature for the 5 mm layer would be recorded as 170 °C.

Tests in which the heated surface temperature differed by more than ± 20 K from the recorded minimum ignition temperature need not be reported.

4.6 Application of results

The values of minimum ignition temperature determined in accordance with method A of this standard apply to layers having the thicknesses used in the tests. Although for some materials it is possible to estimate the minimum temperatures of a heated surface for the ignition of layers of a given dust of intermediate or greater thickness, by linear interpolation or extrapolation of the test results plotted as the logarithm of the thickness versus the reciprocal of the minimum ignition temperature in kelvins, it is preferable to test with the required thickness.

NOTES

1 La méthode qu'on vient de décrire est la plus simple pour prévoir le comportement des couches et elle a des justifications théoriques. Un traitement plus élaboré, fondé sur la théorie de l'explosion thermique, permettra d'estimer l'inflammation de couches dans d'autres configurations, telles que des couches sur des surfaces courbes. Toutefois, si l'on veut prévoir valablement l'inflammation dans des conditions très différentes d'exposition, en particulier dans le cas d'une explosion à un champ de températures élevées et symétriques plutôt qu'à un champ de températures asymétriques comme sur la plaque chaude, il est préférable d'utiliser des résultats obtenus avec un dispositif expérimental se rapprochant des conditions réelles – telles que l'inflammation dans un four.

2 Quand on cherche à faire des provisions plus larges, il est préférable de déterminer les températures d'inflammation pour plus de deux épaisseurs de couche, en s'attachant particulièrement aux couches épaisses.

5 Méthode B: Nuages de poussière dans un four à température constante

5.1 Préparation de l'échantillon de poussière

L'échantillon doit être préparé de façon à être homogène et représentatif de la poussière reçue pour examen.

L'échantillon de poussière à étudier doit en général être capable de passer à travers un tamis en toile métallique ou en tôle perforée à ouverture carrée nominale de 71 μm (pour d'autres dimensions, voir l'ISO 565). S'il est nécessaire d'examiner une poussière plus grossière, passant à un tamis d'ouverture nominale pouvant aller jusqu'à 500 μm , cela doit être indiqué dans le rapport d'essai.

Tout changement apparent dans les propriétés de la poussière introduit au cours de la préparation de l'échantillon, par exemple par tamisage ou dû aux conditions de température et d'humidité, doit être indiqué dans le rapport d'essai.

5.2 Appareil d'essai

Les détails de construction de l'appareil d'essai sont donnés aux figures B.1 à B.10 et au tableau B.1. Le tube chauffé en silice du four est vertical et débouche à l'atmosphère dans sa partie basse. La partie haute est reliée au moyen d'un raccord en verre à la nacelle à poussière. La poussière est dispersée dans le four après ouverture d'une électrovanne qui permet la décharge d'air comprimé à partir d'un réservoir. Le four est monté sur un support permettant d'observer facilement la partie basse du tube du four.

Il convient de placer un miroir sous le tube pour permettre d'observer l'intérieur du tube du four.

Il convient d'étalonner les thermocouples utilisés sur une base linéaire afin de garantir les mesures de températures au-dessus de 500 $^{\circ}\text{C}$ à $\pm 1\%$, et les mesures en dessous de 300 $^{\circ}\text{C}$ à $\pm 3\%$.

Après assemblage de l'appareil d'essai, il convient de composer sa précision avec les résultats obtenus ailleurs pour une poudre telle que le lycopodium.

5.3 Mode opératoire

5.3.1 Installation

L'appareil doit être installé dans un endroit sans courant d'air mais d'où on peut aspirer les poussières et les fumées.

NOTES

1 The above is the simplest predictive procedure which has some theoretical justification. More elaborate treatment based on thermal explosion theory will permit estimates for ignition of layers in other configurations, such as layers on curved surfaces. However, if it is desired to make accurate predictions for ignition under widely different conditions of exposure, in particular exposure to a symmetrical high temperature environment rather than to an unsymmetrical environment such as on a hot plate, it is preferable to use results obtained for an experimental procedure matching the different environment more closely - such as ignition in an oven.

2 When extensive prediction is intended, it is desirable to determine ignition temperatures for more than two thicknesses of the layer and with an emphasis on thicker layers.

5 Method B: Dust cloud in a furnace at a constant temperature

5.1 Preparation of dust sample

The sample shall be prepared so as to be homogeneous and representative of the dust received for consideration.

The dust sample to be tested shall, in general, be able to pass through a woven metal wire cloth or a square hole perforated plate test sieve with a nominal size of aperture of 71 μm (for supplementary sizes, see ISO 565). If it is necessary to test a coarser dust, passing a test sieve with a nominal size of aperture up to 500 μm , the fact shall be stated in the test report.

Any apparent change noted in the properties of the dust during preparation of the sample, for example, by sieving or owing to temperature or humidity conditions, shall be stated in the test report.

5.2 Test apparatus

Details of construction of the test apparatus are shown in figures B.1 to B.10, and in table B.1. The heated silica tube of the furnace is vertical, and is open to the atmosphere at its lower end. The upper end connects, by a glass adaptor, to the dust holder. Dust is dispersed into the furnace by opening a solenoid valve, which releases compressed air from the reservoir. The furnace is mounted on a stand, enabling the lower end of the furnace tube to be readily observed.

A mirror is placed below the tube to enable the interior of the furnace tube to be viewed.

The thermocouples used are calibrated on a regular basis so as to maintain temperature measurements above 500 °C to $\pm 1\%$, and measurements below 300 °C to $\pm 3\%$.

After assembly of the test apparatus, its accuracy is compared with results obtained elsewhere for a powder such as lycopodium.

5.3 Procedure

5.3.1 Setting-up

The apparatus shall be set up in an enclosure from which dust and fumes can be extracted and which is free from draughts.

5.3.2 *Détermination de la température minimale d'inflammation*

Placer environ 0,1 g de poussière dans la nacelle à poussière. Régler la température du four à 500 °C et la pression de l'air dans le réservoir à 10 kPa (0,1 bar) au-dessus de la pression atmosphérique. Disperser la poussière dans le four. Si l'inflammation ne se produit pas, répéter l'essai avec de la nouvelle poussière, en augmentant la température par paliers de 50 K jusqu'à obtenir l'inflammation ou jusqu'à ce que la température du four ait atteint 1 000 °C.

Une fois l'inflammation obtenue, faire varier la masse de poussière et la pression de l'air de dispersion jusqu'à obtenir l'inflammation la plus vigoureuse. Puis, en utilisant la même masse et la même pression de dispersion, continuer les essais en réduisant la température par paliers de 20 K jusqu'à ne plus obtenir d'inflammation sur 10 essais.

Si l'inflammation se produit encore à 300 °C, réduire la température par paliers de 10 K.

Quand on n'obtient plus d'inflammation, en utilisant cette procédure de réduction de la température, faire de nouveaux essais avec les masses et les pressions d'air plus élevées et plus faibles les plus proches. Si nécessaire, réduire la température jusqu'à ce qu'il ne se produise aucune inflammation sur 10 essais.

5.3.3 *Masse de poussière*

Les valeurs des masses de poussière doivent être choisies parmi les suivantes, avec une tolérance de $\pm 5\%$:

0,01, 0,02, 0,03, 0,05, 0,10, 0,20, 0,30, 0,50, 1,0,... g

5.3.4 *Pression d'air*

Les valeurs de la pression d'air dans le réservoir, au-dessus de la pression atmosphérique, pour la dispersion de la poussière doivent être choisies parmi les suivantes, avec une tolérance de $\pm 5\%$:

2,0, 3,0, 5,0, 10, 20, 30 et 50 kPa ou encore,
0,02, 0,03, 0,05, 0,10, 0,20, 0,30 et 0,50 bar.

5.4 *Critère d'inflammation*

L'inflammation se produit quand un jet de flamme est visible au-delà de la base du tube du four. Un délai d'inflammation est accepté. Les étincelles seules sans flamme ne sont pas considérées comme inflammation.

5.5 *Température minimale d'inflammation d'un nuage de poussière*

La température minimale d'inflammation est la plus faible température du four à laquelle l'inflammation est obtenue lorsqu'on utilise les modes opératoires indiqués, diminuée de 20 K pour les températures du four supérieures à 300 °C et diminuée de 10 K pour les températures du four inférieures ou égales à 300 °C.

Si aucune inflammation n'est obtenue même lorsque la température du four est à 1 000 °C, ce fait doit être consigné dans le rapport d'essai.

5.3.2 *Determination of minimum ignition temperature*

Place approximately 0,1 g of the dust in the dust holder. Set the temperature of the furnace to 500 °C, and the pressure of the air in the reservoir to 10 kPa (0,1 bar) above atmospheric pressure. Disperse the dust into the furnace. If ignition does not occur, repeat the test with fresh dust, having increased the temperature in steps of 50 K until ignition is obtained, or until a furnace temperature of 1 000 °C is reached.

Once ignition is obtained, vary the mass of dust and the dispersion pressure of the air until the most vigorous ignition is apparent. Then, using the same mass and dispersion pressure, carry out further tests with the temperature reduced in steps of 20 K until no ignition is obtained after 10 attempts.

If ignition still occurs at 300 °C, reduce the temperature in steps of 10 K.

When no ignition is obtained, using this temperature reduction procedure, test again with the next lower temperature using lower and higher values of mass of dust and dispersion air pressure. If necessary, the temperature is reduced further until no ignition is again obtained after 10 attempts.

5.3.3 *Mass of dust*

The values of the mass of dust shall be selected from the following, with a tolerance of ± 5 %:

0,01, 0,02, 0,03, 0,05, 0,10, 0,20, 0,30, 0,50, 1,0,... g

5.3.4 *Air pressure*

The values of the air pressure in the reservoir, above that of atmospheric, for dispersion of the dust shall be selected from the following, with a tolerance of ± 5 %:

2,0, 3,0, 5,0, 10, 20, 30 and 50 kPa or alternatively,
0,02, 0,03, 0,05, 0,10, 0,20, 0,30 and 0,50 bar.

5.4 *Criterion of ignition*

Ignition occurs when a burst of flame is seen beyond the lower end of the furnace tube. A delay in time for ignition is acceptable. Sparks without flames do not constitute ignition.

5.5 *Minimum ignition temperature of a dust cloud*

The minimum ignition temperature is recorded as the lowest temperature of the furnace at which ignition was obtained using the stated procedures, minus 20 K for furnace temperatures above 300 °C, and minus 10 K for furnace temperatures at or below 300 °C.

If no ignition is obtained even when the furnace temperature is at 1 000 °C, this fact shall be stated in the test report.

5.6 *Rapport d'essai*

Le rapport d'essai doit mentionner le nom, l'origine et la description (si ce n'est pas implicite dans le nom) du matériau examiné, la teneur en humidité de l'échantillon de poussière, si ce dernier a été mesuré, la date et l'identification de l'essai.

Le rapport doit indiquer que la détermination de la température minimale d'inflammation du nuage de poussière a bien été faite selon cette norme.

La température d'inflammation doit être déterminée conformément à 5.5.

5.6 *Reporting of results*

The test report shall include the name, source and description (if not implicit in the name) of the material tested, the moisture content of the dust if it has been measured, the date and the identification of the test.

The report shall state that the determination of minimum ignition temperature of the dust cloud has been carried out in accordance with this standard.

The ignition temperature shall be recorded in accordance with 5.5.

Annexe A (normative)

Méthode A – Construction de la surface chauffée et mesure de la distribution de température de la surface

Pourvu que les conditions requises en 4.2.1 soient satisfaites, les détails de construction de la surface chaude n'ont pas une influence critique. Par exemple, cette surface peut consister en une plaque circulaire d'aluminium ou d'acier inoxydable munie d'un «rebord» (voir figure A.1) qui peut être montée sur n'importe quel type de plaque chauffante électrique du commerce.

Il y a deux manières d'obtenir une distribution de température suffisamment uniforme à la surface de la plaque chauffée: le choix de la méthode dépend principalement du dispositif de chauffage disponible. Si ce dispositif consiste par exemple en bobines de résistance nues destinées à être portées au rouge, il doit y avoir une couche d'air d'environ 10 mm entre la partie chauffante et la plaque, de façon que le transfert de chaleur se produise par radiation et par convection. Si toutefois le dispositif de chauffage est conçu pour assurer un contact direct, de façon que le transfert de chaleur se fasse principalement par conduction, la plaque doit être beaucoup plus épaisse pour éviter les points chauds. Une épaisseur d'au moins 20 mm est spécifiée en 4.2.1.

L'ensemble du dispositif représenté à la figure A.1 s'explique de lui-même. Bien que les thermocouples d'indication et de contrôle puissent être insérés à l'intérieur de la plaque chaude tel qu'indiqué en G et H de la figure A.1, il est préférable de les placer dans des trous forés radialement à partir du bord de la plaque, parallèlement à la surface, et situés de façon à obtenir une distance de $1 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ de la soudure à la surface, comme indiqué en 4.2.1. Il convient de munir la base de la plaque chauffée de pieds de façon à dégager le support du thermocouple étendu au-dessus de sa surface supérieure. Ce thermocouple est monté entre des supports munis de ressorts sur des tiges verticales filetées. La hauteur du thermocouple peut être ajustée au moyen d'écrous.

Un dispositif satisfaisant pour mesurer la répartition de température sur la plaque chauffée est représenté à la figure A.4.

L'élément de mesure consiste en un thermocouple fin dont la soudure est aplatie et brasée sur un disque de cuivre ou une feuille de laiton de 5 mm de diamètre nominal. L'ensemble est placé à un point de mesure et recouvert d'un morceau de matériau d'isolation thermique convenable de 5 mm d'épaisseur et 10 mm à 15 mm de diamètre, tenu par une tige verticale en verre qui se déplace librement dans un guide tubulaire et sur laquelle on applique une charge déterminée.

Les mesures de température sont faites le long de deux diamètres perpendiculaires, en des points éloignés l'un de l'autre de 20 mm, et enregistrées comme indiqué à la figure A.5. Le thermocouple doit atteindre en chaque point sa température d'équilibre.

La température de surface mesurée sera généralement inférieure à la température de consigne de la surface d'une quantité qui dépendra du mode de construction du thermocouple. Cette différence n'a pas d'importance et il n'y a pas lieu d'en tenir compte. L'essentiel est de faire des mesures précises des différences de température et non pas de mesurer les valeurs absolues de température.

Annex A

(normative)

Method A – Construction of a heated surface and measurement of temperature distribution on the surface

Provided the requirements of 4.2.1 are satisfied, the detailed construction of the heated surface is not critical. As an example, it may consist of a circular plate of suitable metal such as aluminum or stainless steel, provided with a "skirt" (see figure A.1) and it may be mounted on any suitable electrically heated boiling plate commercially available.

There are two ways of achieving a sufficiently uniform temperature distribution across the heated plate, the choice of which depends primarily on the heating device available. If the heater consists, for example, of exposed coiled filaments intended to run at red heat, there should be an air gap of about 10 mm between the heater and the plate so that heat transfer occurs by radiation and convection. If, however, the heater is designed for direct contact, so that heat transfer occurs mainly by conduction, the plate needs to be much thicker if hot spots are to be avoided. A thickness of not less than 20 mm is specified in 4.2.1.

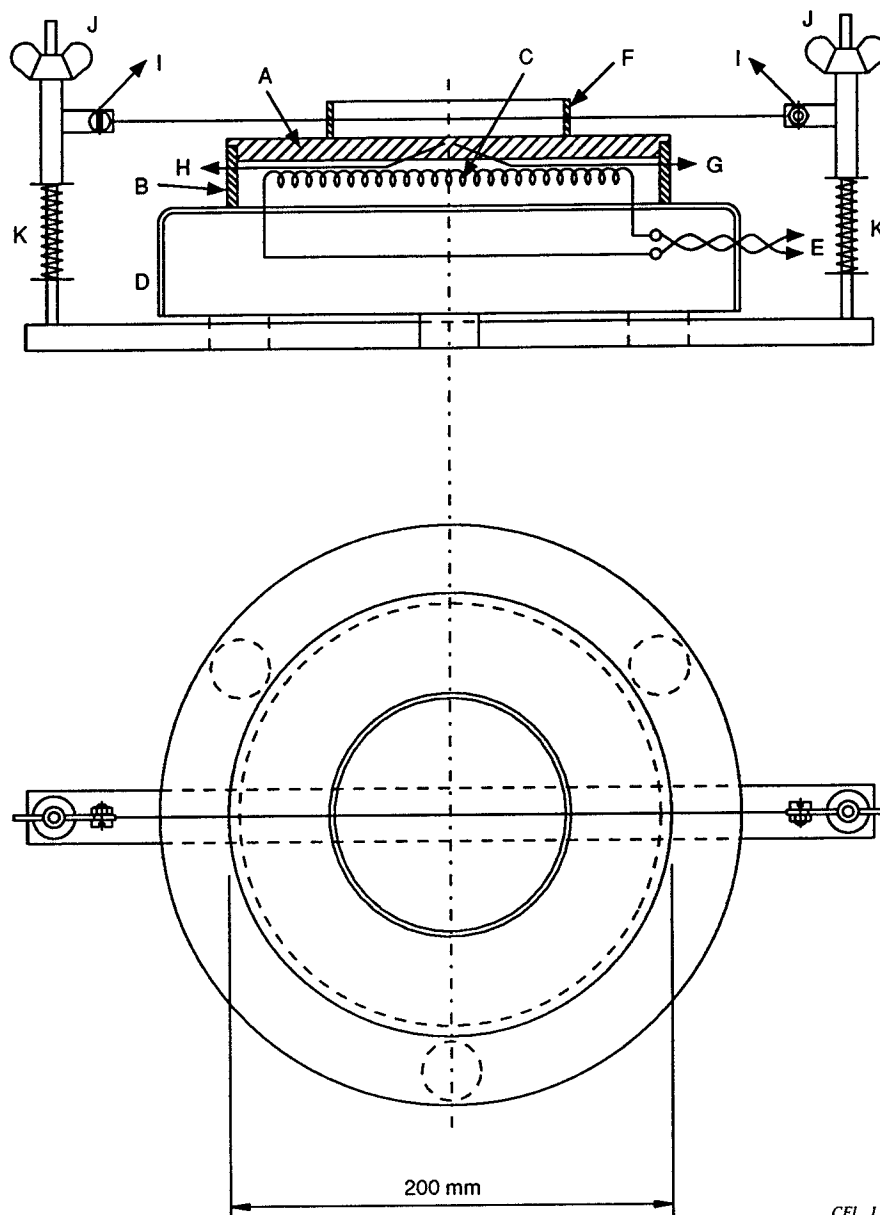
The general arrangement shown in figure A.1 is self-explanatory. Although the indicating and controlling thermocouples may be inserted into the hot plate as shown in G and H in figure A.1, it is preferable to insert them in holes drilled radially from the edge of the plate and parallel to the surface, at a suitable depth for the junctions to be $1 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ below the surface, as specified in 4.2.1. The base of the heated plate should be provided with feet in order to clear the support for the thermocouple stretched across the surface. This thermocouple is mounted between spring-loaded carriers on threaded vertical rods. The height of the thermocouple can be adjusted by means of nuts.

A suitable apparatus for measuring the temperature distribution across the heated surface is illustrated in figure A.4.

The measuring element consists of a fine thermocouple with the junction flattened and brazed to a disc of copper or brass foil, 5 mm in nominal diameter. This is placed at a measuring point, covered with a piece of suitable thermal insulating material, 5 mm in thickness and 10 mm to 15 mm in diameter and held by a vertical glass rod which moves freely in a tubular guide and to which a fixed load is applied.

Temperature measurements are made along two diameters at right angles and at points 20 mm apart, and recorded as in figure A.5. The thermocouple shall be allowed to reach a steady temperature at each point.

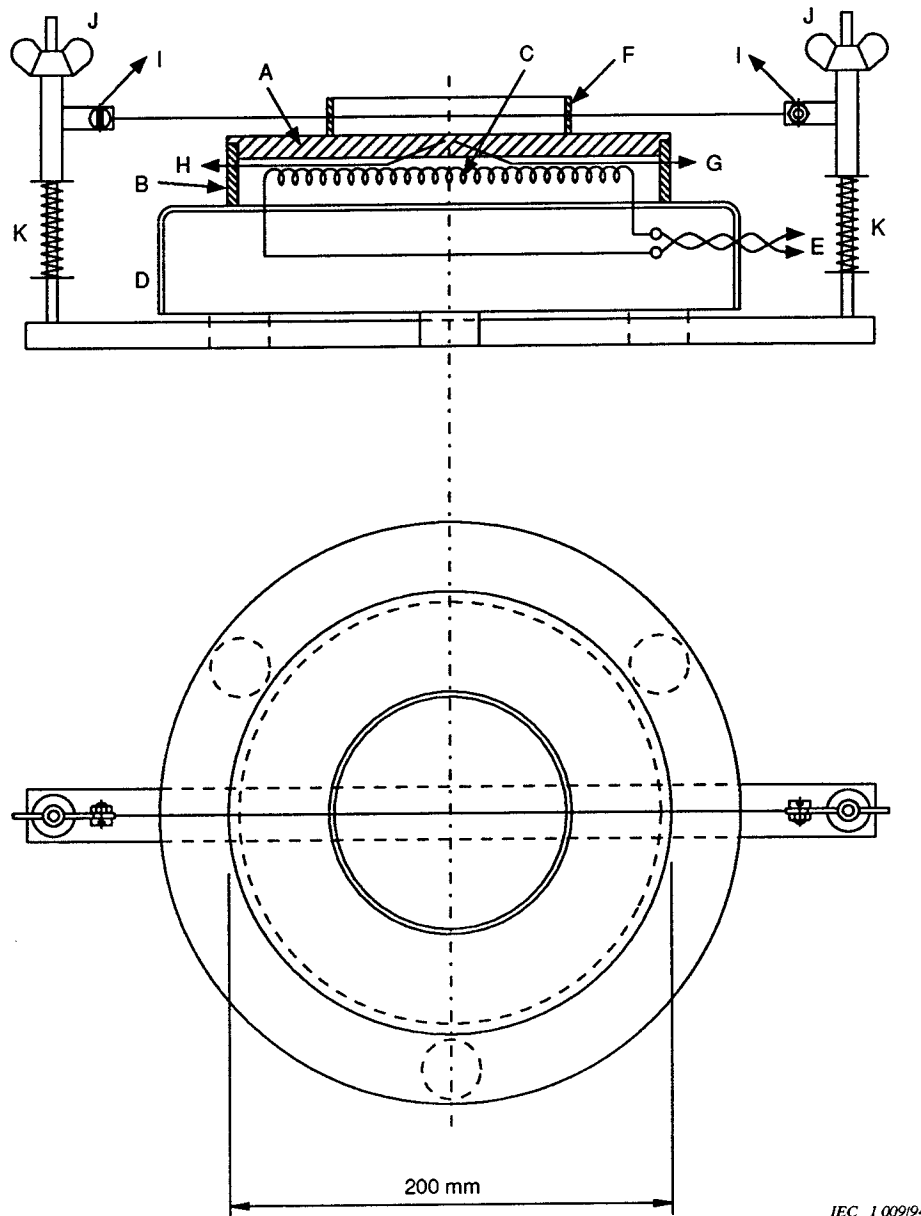
The measured surface temperature will usually be less than the surface temperature of the plate as set, to an extent which will depend on the detailed construction of the thermocouple. This difference is immaterial and can be ignored. The essential requirement is an accurate measurement of temperature differences rather than of actual values of temperature.



CEI 1 009/94

- | | | | |
|---|--|---|--|
| A | Plaque chauffée | H | Thermocouple inséré dans la plaque relié à l'enregistreur |
| B | Rebord | I | Thermocouple placé dans la couche de poussière et relié à l'enregistreur |
| C | Filament chauffant | J | Ajustement par vis de la hauteur du thermocouple |
| D | Support du dispositif de chauffage | K | Ressort |
| E | Alimentation et régulation du chauffage | | |
| F | Anneau pour réaliser le dépôt de poussière | | |
| G | Thermocouple inséré dans la plaque et relié à la régulation du chauffage | | |

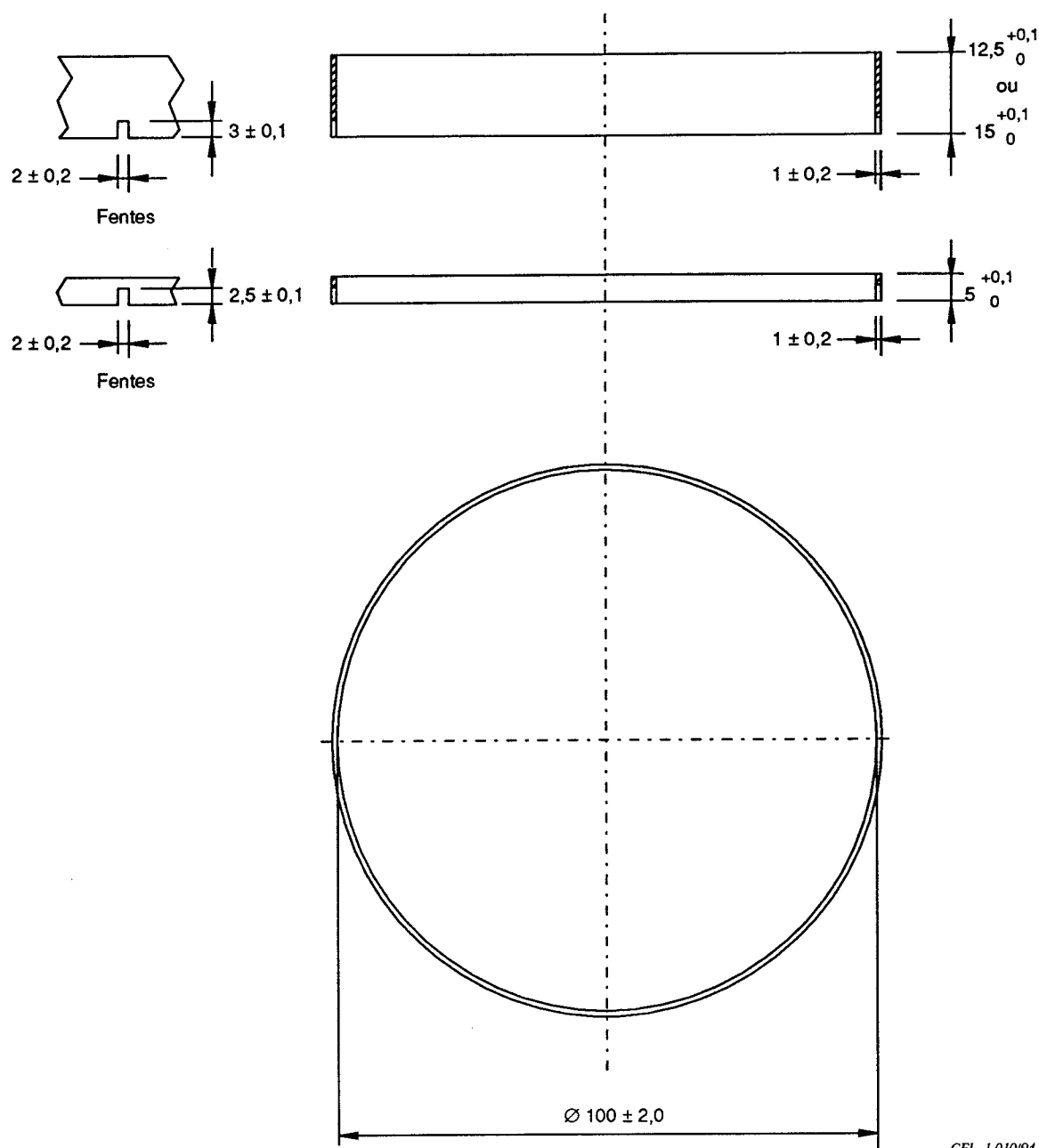
**Figure A.1 – Schéma de la plaque chaude (méthode A)
(dessin non à l'échelle)**



IEC 1009/94

- | | | | |
|---|--|---|--|
| A | Heated plate | F | Ring for dust layer |
| B | Skirt | G | Plate thermocouple to controller |
| C | Heater | H | Plate thermocouple to recorder |
| D | Heater base | I | Dust layer thermocouple to recorder |
| E | Heater connection to power supply and controller | J | Screw adjustment for thermocouple height |
| | | K | Coil spring |

Figure A.1 – Diagram of hot plate (method A)
(drawing not to scale)



Dimensions en millimètres

Figure A.2 – Anneau pour former les couches de poussière (méthode A)

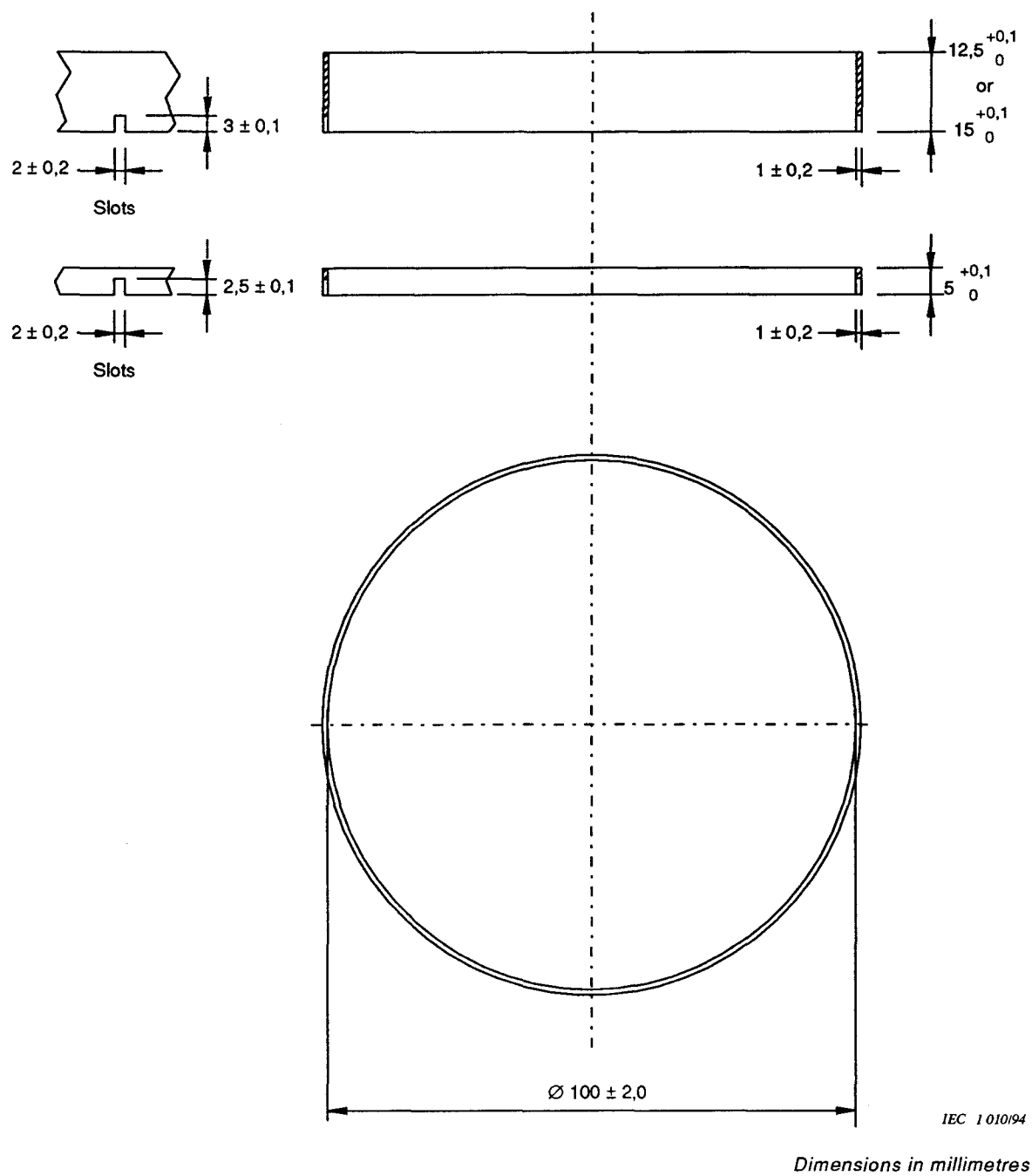


Figure A.2 – Rings for forming dust layers (method A)

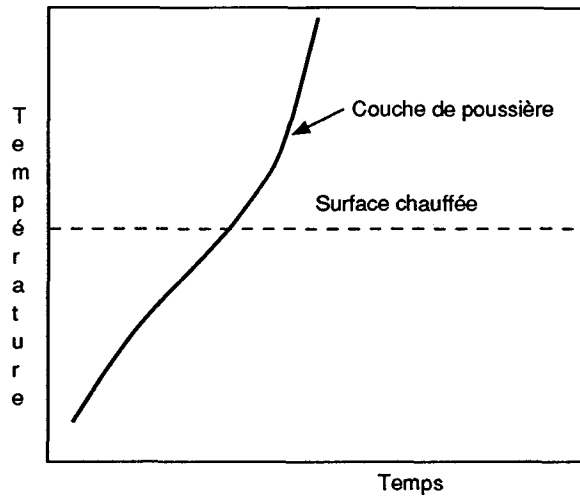


Figure 3a

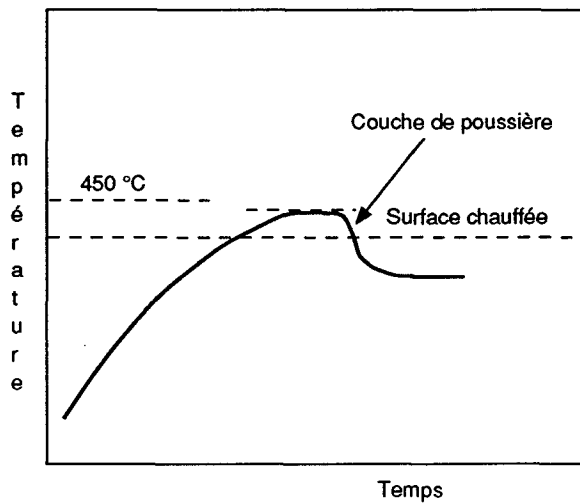


Figure 3b

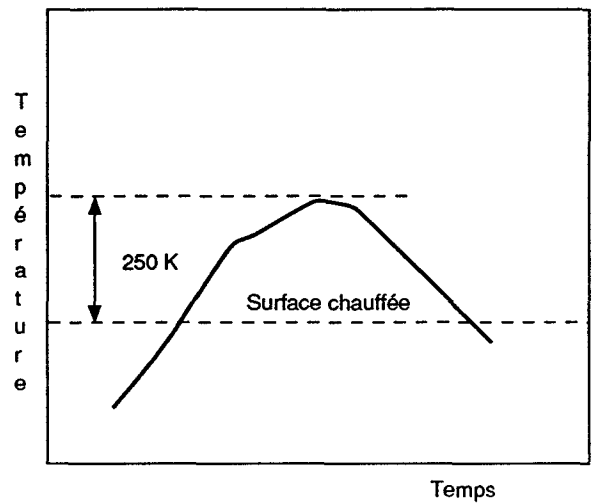


Figure 3c

CEI 1011/94

Figure A.3 – Courbes types température/temps pour l'inflammation des couches de poussière sur une surface chaude (méthode A)

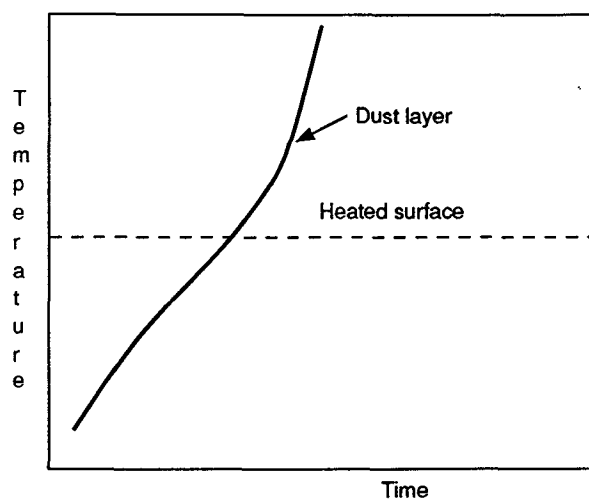


Figure 3a

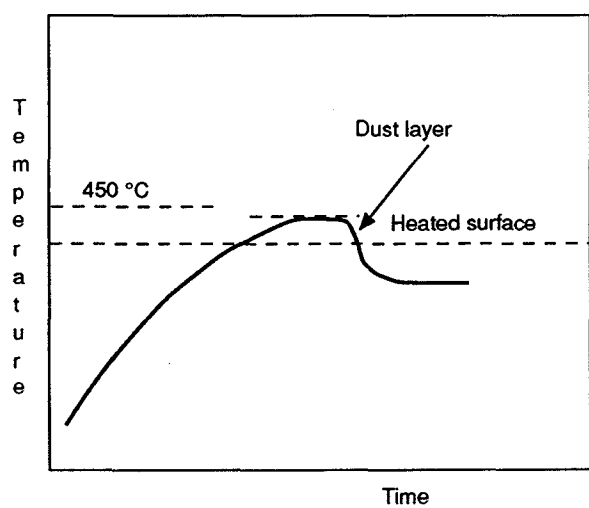


Figure 3b

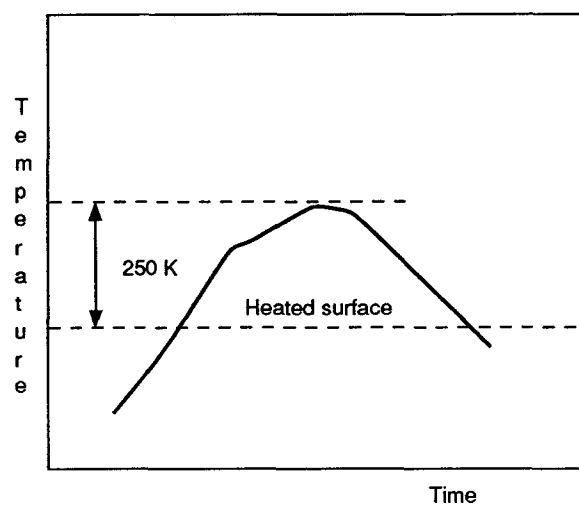


Figure 3c

IEC 1011/94

**Figure A.3 – Typical temperature/time curves for ignition
of dust layer on heated surface (method A)**

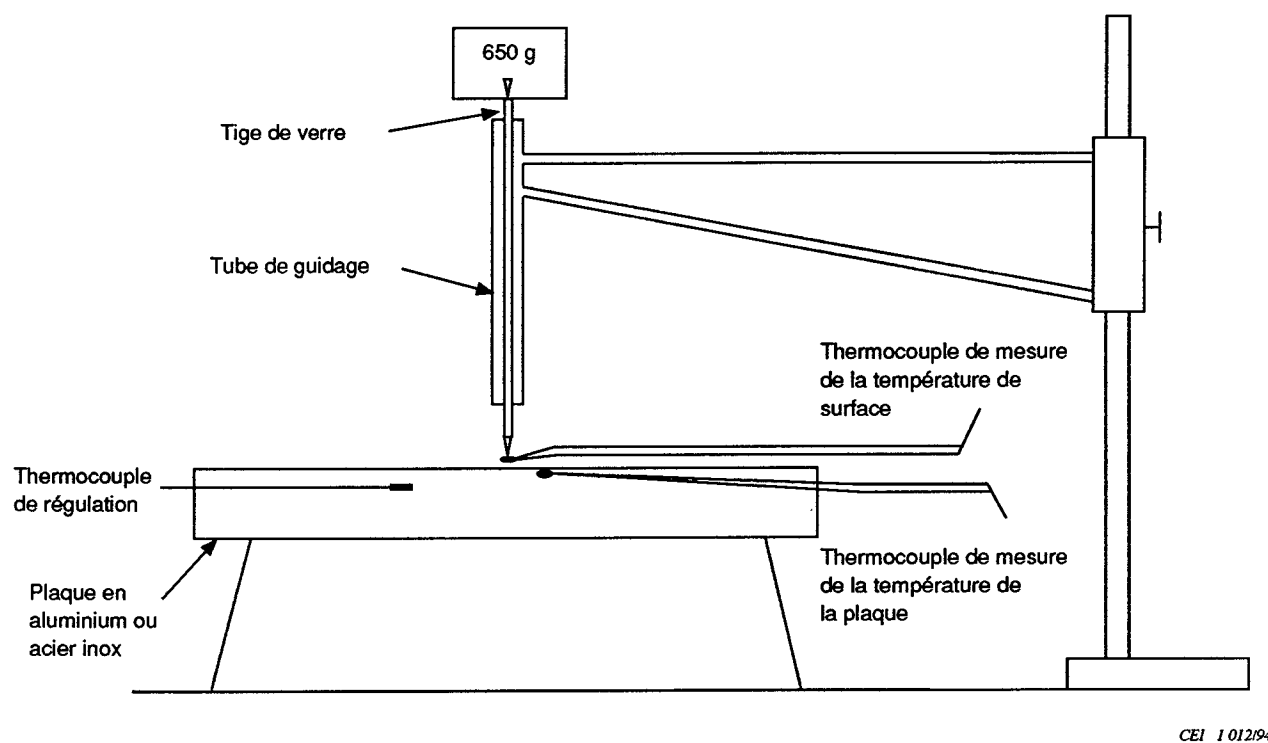


Figure A.4 – Mesure de la température de surface (méthode A, annexe A)

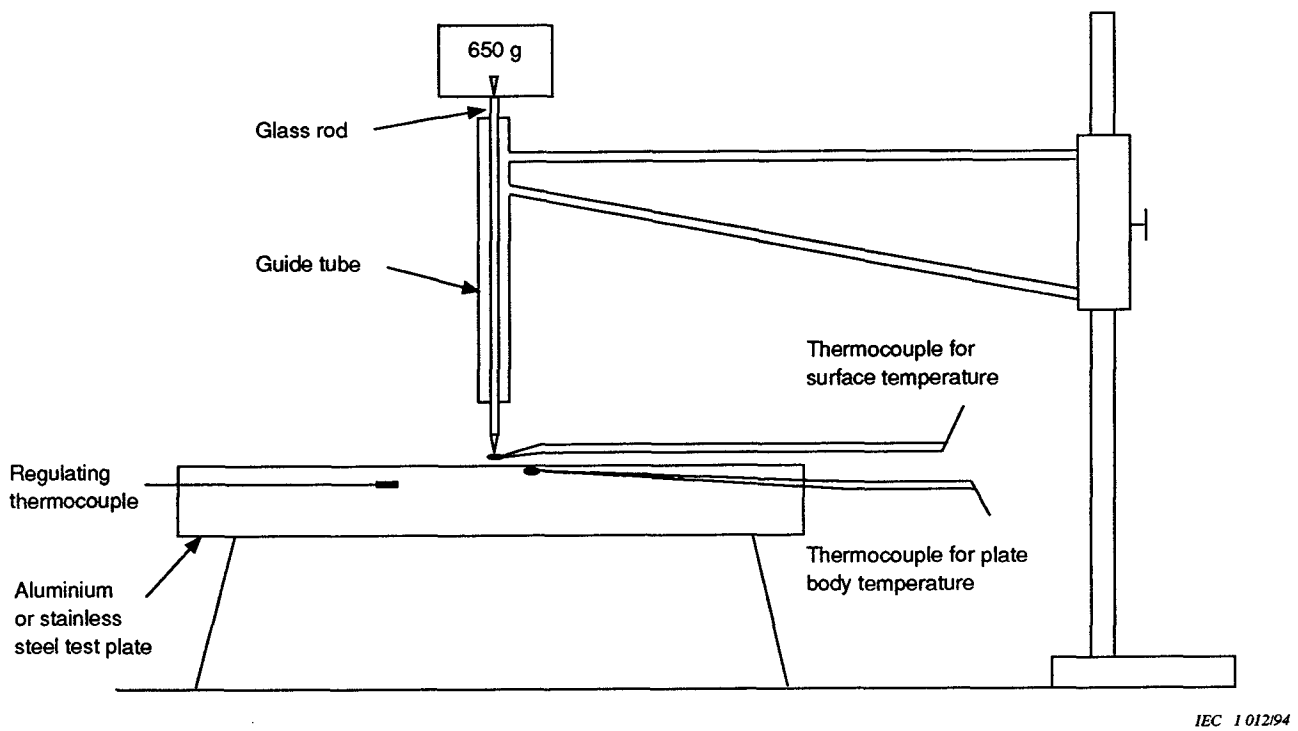
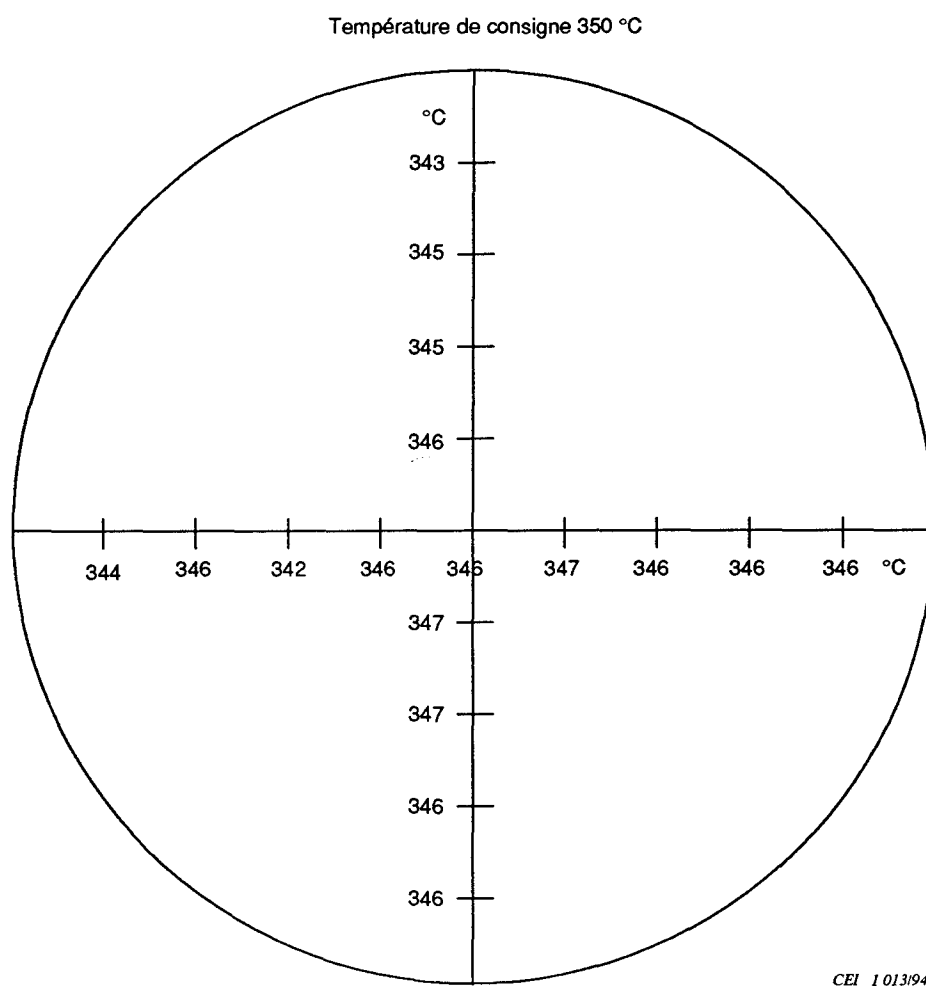
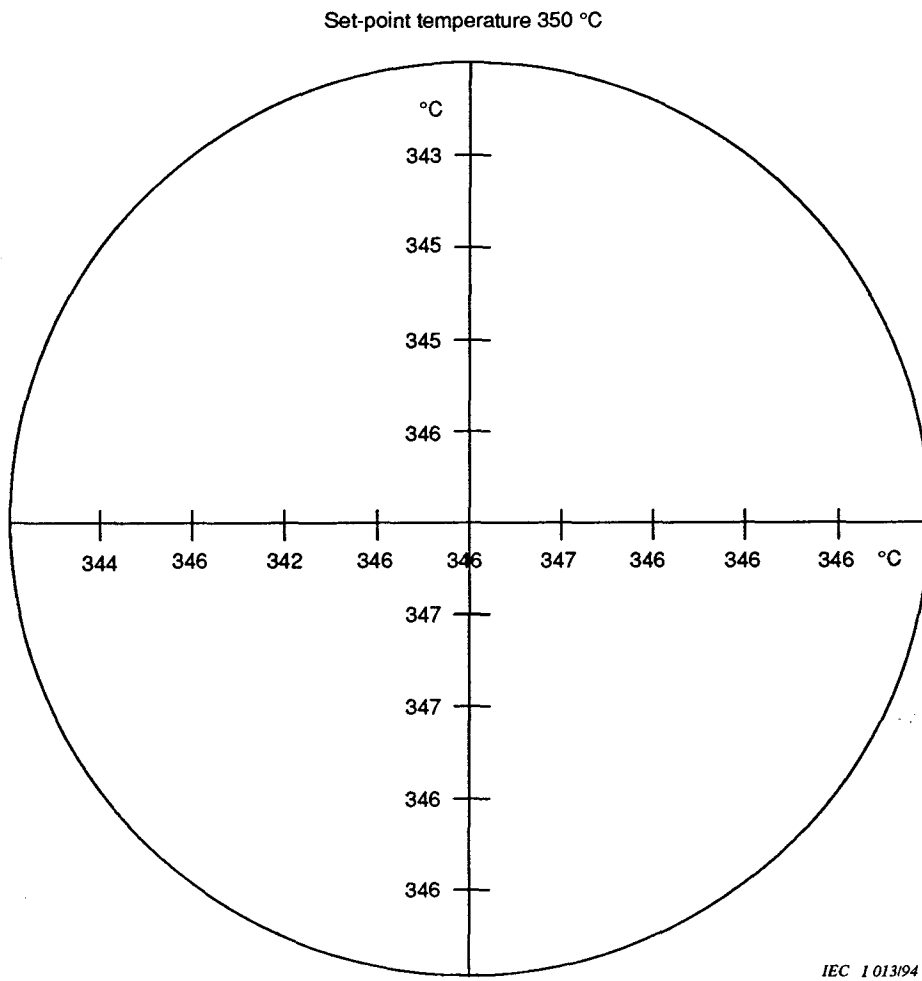


Figure A.4 – Measurement of surface temperature (method A, annex A)



Différence maximale entre les températures mesurées sur toute la plaque 5 K
(Ecart maximal avec la température de consigne 8 K)

Figure A.5 – Répartition type de la température de surface (méthode A)



Maximum temperature difference over the whole plate 5 K
(Maximum deviation from set-point temperature 8 K)

Figure A.5 – Typical surface temperature distribution (method A)

Annexe B
(normative)

Construction d'un four à température constante

Tableau B.1 – Composants des appareils (méthode B)
(Voir figures B.1 à B.10)

Elément	Description	Matériau	Section mm	Longueur mm	Nombre
1	Virole	Acier inox	Epaisseur 0,9	228	1
2	Couvercle supérieur	Fibre minérale	Ø 150	12	1
3	Couvercle inférieur	Fibre minérale	Ø 150	12	1
4	Raccord	Verre	–	–	1
5	Tube	Silice	Ø 44	216	1
6	Douille	Acier inox	Ø 90	8	1
7	Rondelle	Fibre minérale	Ø 90	Epaisseur 2	1
8	Support thermocouple	Acier inox	20 x 40	26	1
9	Support thermocouple	Acier inox	30 x 50	23	1
10	Bouton	Acier inox	Ø 25	6	1
11	Bouton	Acier inox	Ø 18	4	1
12	Rondelle	Fibre minérale	Ø 45	Epaisseur 2	1
13	Rondelle	Fibre minérale	Ø 80	Epaisseur 2	1
14	Rondelle	Fibre minérale	20 x 40	Epaisseur 2	1
15	Rondelle	Fibre minérale	30 x 50	Epaisseur 2	1
16	Anneau de support	Acier inox	Ø 80	Epaisseur 4	1
17	Goupille	Acier argenté	Ø 1,5	6	4
18	Manchon	Alumine	Ø 4 extérieur	60	2
19	Ecrou M4	–	Ø 2,4 intérieur	–	4
20	Thermocouple	*	–	90	1
21	Thermocouple	*	–	126	1
22	Vis M4 x 10 à tête en forme de dôme	Acier inox	–	–	12
23	Ecrou M4	Acier inox	–	–	3
24	Rondelle	Acier inox	–	–	3
25	Borne	–	–	–	2
26	Fil de Kanthal A	**	–	–	Comme requis
27	Ressort de tension	Acier	Ø 3,18 extérieur	12,7	2
28	Support du four	Acier inox	–	–	1
29	Douille	Acier inox	Ø 60	28	1
30	Nacelle à poussière	Acier inox	–	–	1

* Nickel chrome/chrome alu-mel.
** Alliage de fer contenant de l'aluminium, du cobalt et du chrome.

Annex B

(normative)

Construction of a constant temperature furnace

Table B.1 – Components of the apparatus (method B)
(See figures B.1 to B.10)

Item	Description	Material	Section mm	Length mm	Number
1	Furnace housing	Stainless steel	0,9 thick	228	1
2	Top cover	Mineral fibre	Ø 150	12	1
3	Bottom cover	Mineral fibre	Ø 150	12	1
4	Adaptor	Glass	—	—	1
5	Tube	Silica	Ø 44	216	1
6	Collar	Stainless steel	Ø 90	8	1
7	Washer	Mineral fibre	Ø 90	2 thick	1
8	Thermocouple mounting	Stainless steel	20 × 40	26	1
9	Thermocouple mounting	Stainless steel	30 × 50	23	1
10	Knob	Stainless steel	Ø 25	6	1
11	Knob	Stainless steel	Ø 18	4	1
12	Washer	Mineral fibre	Ø 45	2 thick	1
13	Washer	Mineral fibre	Ø 80	2 thick	1
14	Washer	Mineral fibre	20 × 40	2 thick	1
15	Washer	Mineral fibre	30 × 50	2 thick	1
16	Support ring	Stainless steel	Ø 80	4 thick	1
17	Pin	Silver steel	Ø 1,5	6	4
18	Sleeve	Alumina	Ø 4 outside	60	2
19	Rivet nut M4	—	Ø 2,4 inside	—	4
20	Thermocouple	*	—	90	1
21	Thermocouple	*	—	126	1
22	Screw M4 × 10 counter-sunk head	Stainless steel	—	—	12
23	Nut M4 dome head	Stainless steel	—	—	3
24	Washer	Stainless steel	—	—	3
25	Terminal	—	—	—	2
26	Wire Kanthal A	**	—	—	As required
27	Spring, tension	Steel	Ø 3,18 outside	12,7	2
28	Furnace stand	Stainless steel	—	—	1
29	Securing ring	Stainless steel	Ø 60	28	1
30	Dust holder	Stainless steel	—	—	1

* Nickel chrome/chrome alumel.
** Iron alloy containing aluminium, cobalt and chromium.

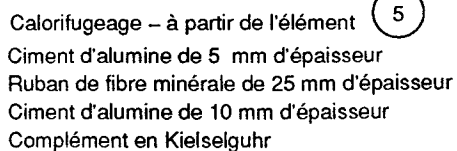


Figure B.1 – Disposition d'assemblage du four (méthode B)

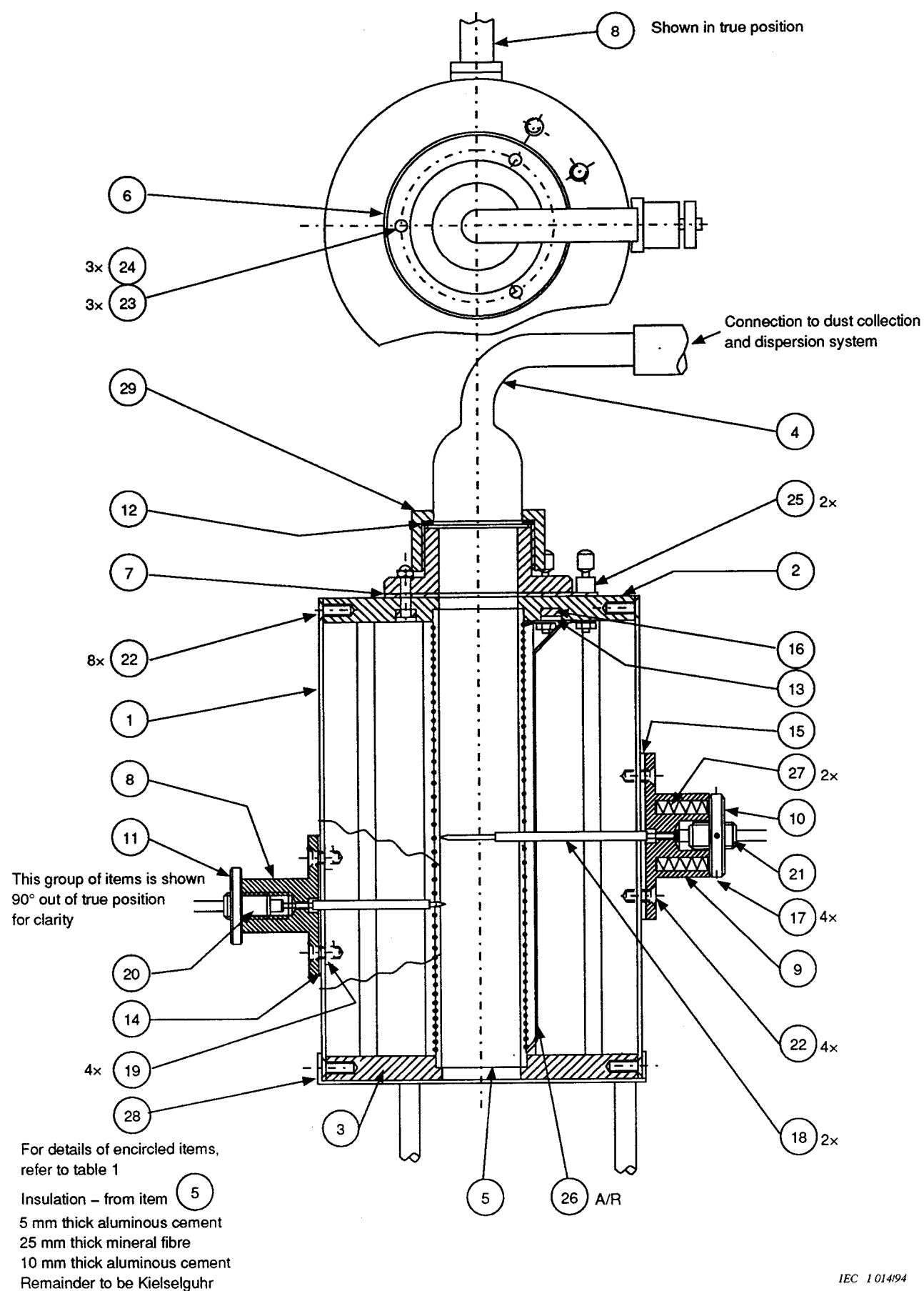
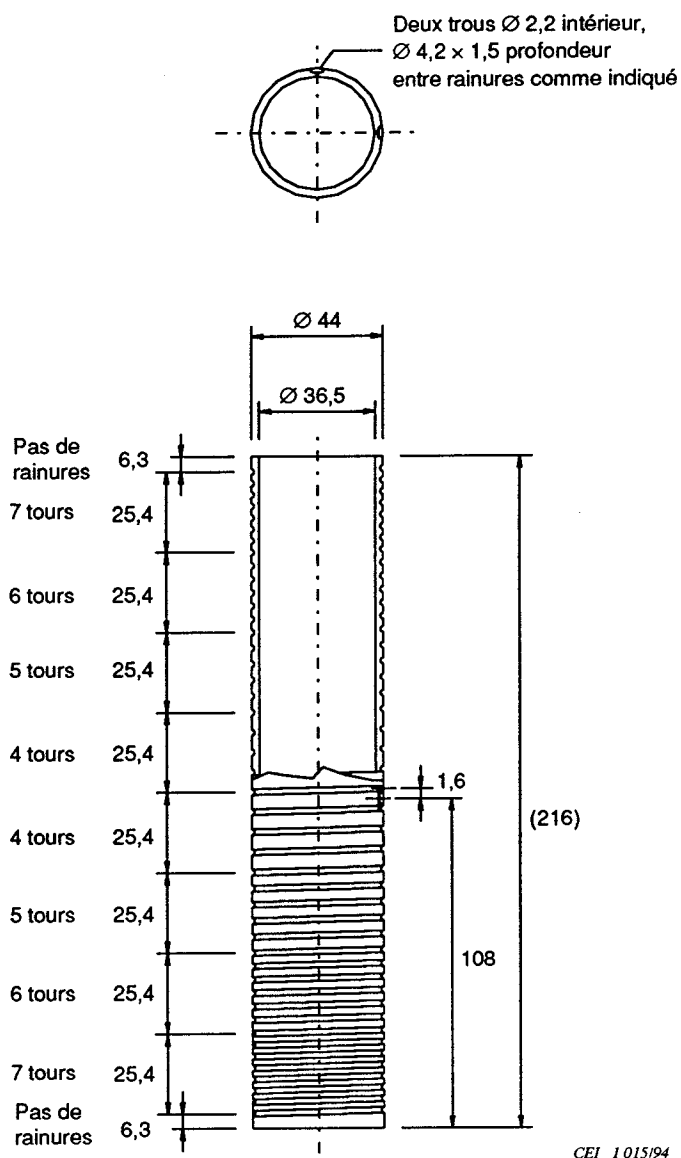


Figure B.1 – Furnace apparatus assembly (method B)



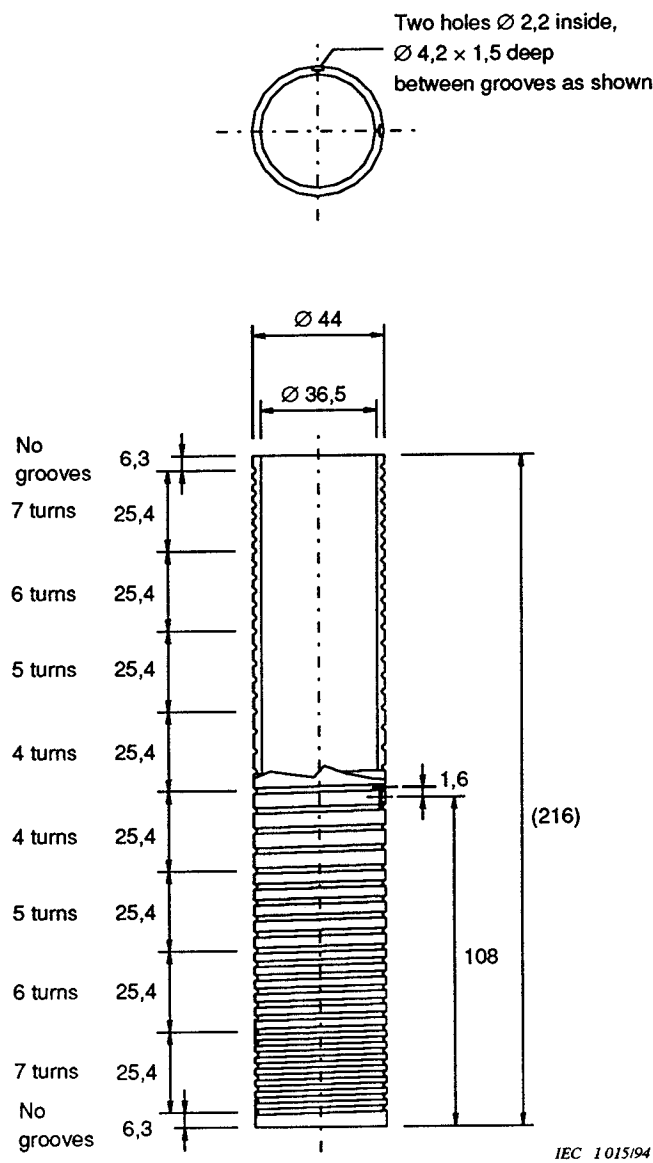
Pour les explications des éléments cerclés,
 se référer au tableau 1.

Dimensions en millimètres

- ⑤ Tube de silice avec rainure en spirale sur la surface externe.

La rainure reçoit l'élément chauffant en fil de Kanthal «A» 20 SWG, résistance totale 13 Ω .

Figure B.2 – Tube de silice (méthode B)

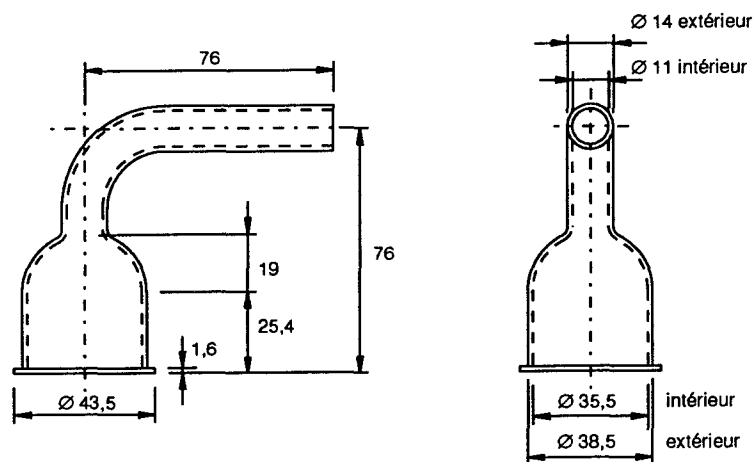


For details of encircled items, refer to table 1.

Dimensions in millimetres

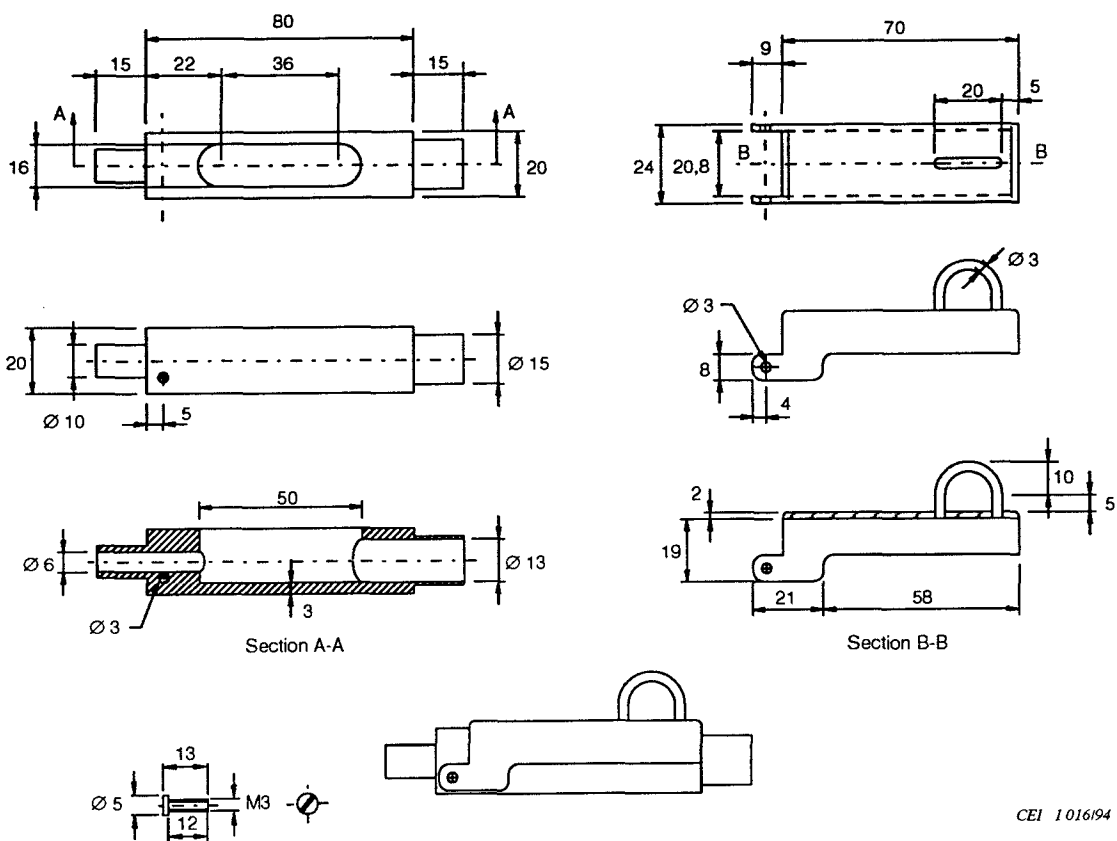
- ⑤ Silica tube with spiral groove on external surface.
Groove to take heating element of Kanthal "A" wire 20 SWG, total resistance 13 Ω .

Figure B.2 – Silica tube (method B)



④ Raccord en verre

③① Nacelle à poussière en acier inox



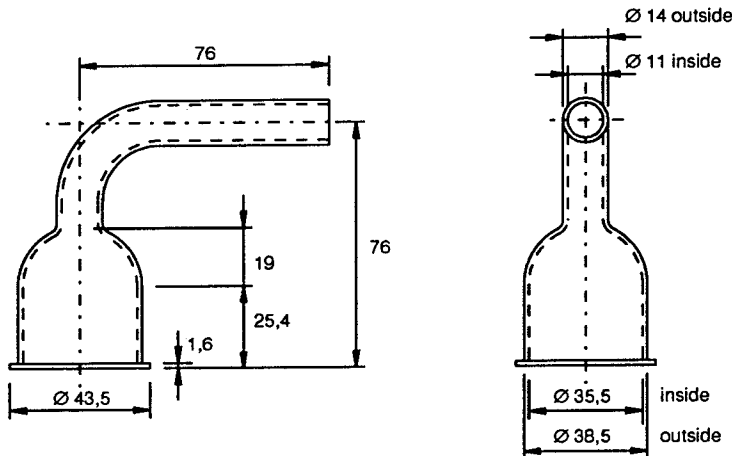
Dimensions en millimètres

Pour les explications des éléments cerclés,
se référer au tableau 1.

NOTE

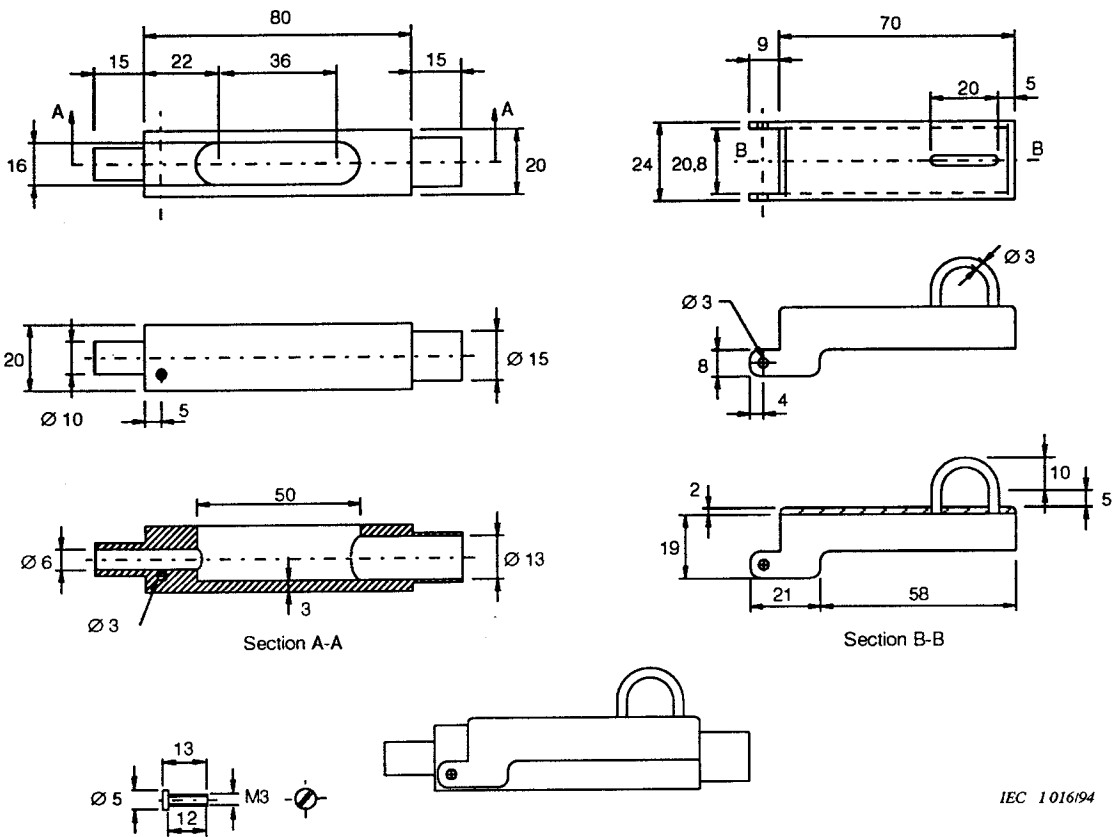
- Couvercle à ajustement serré sur le corps
- Charnière à ajustement à la presse

Figure B.3 – Raccord en verre et nacelle à poussière (méthode B)



4 Glass adaptor

30 Stainless steel dust holder



Dimensions in millimetres

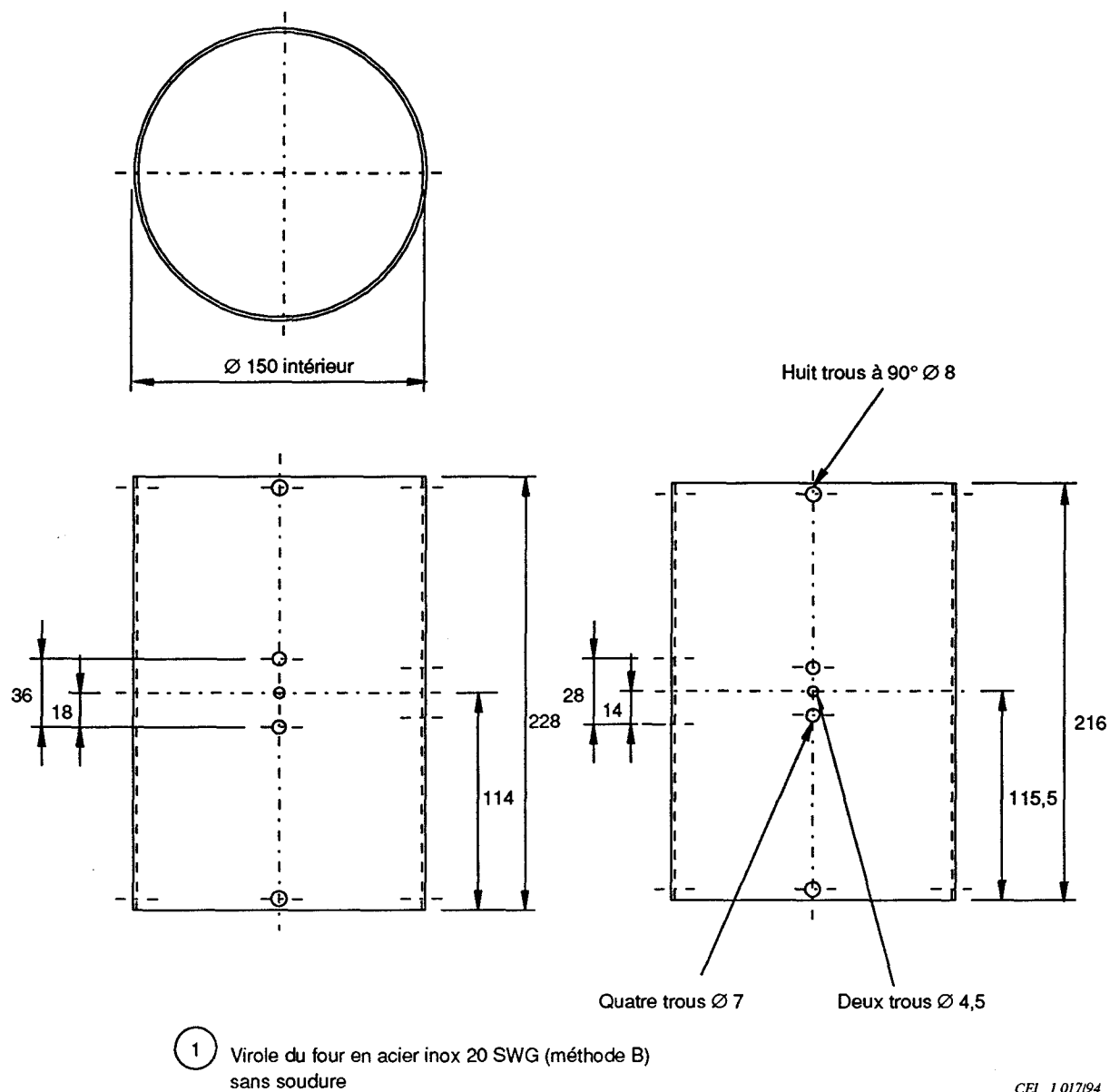
IEC 1016/94

For details of encircled items, refer to table 1.

NOTE

- Cover to be a close fit to body
- Hinge pins to be press-fit

Figure B.3 – Glass adaptor and dust holder (method B)

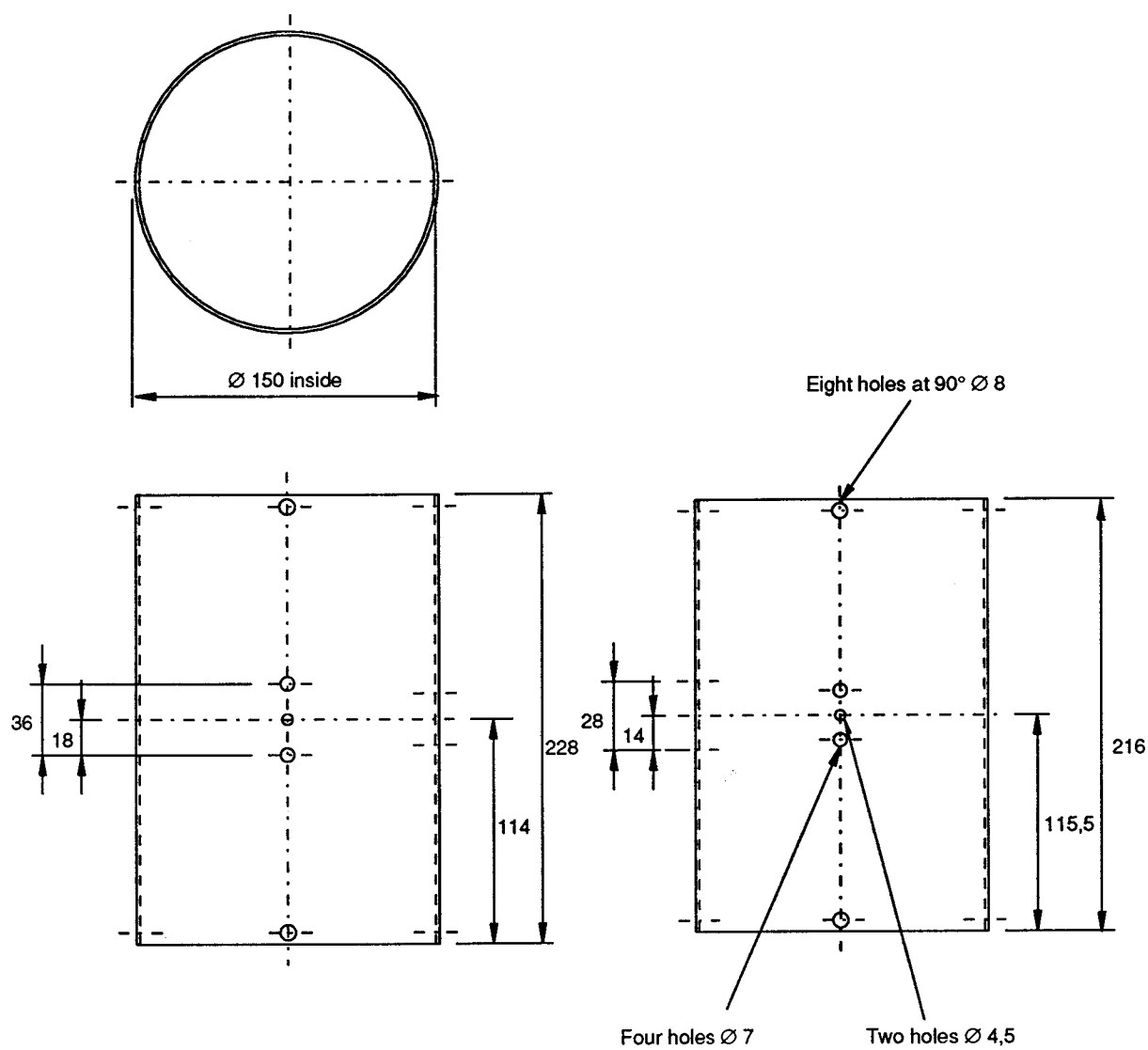


CEI 1 017/94

Pour les explications des éléments cerclés,
se référer au tableau 1.

Dimensions en millimètres

Figure B.4 – Virole du four en acier inox 20 SWG sans soudure (méthode B)



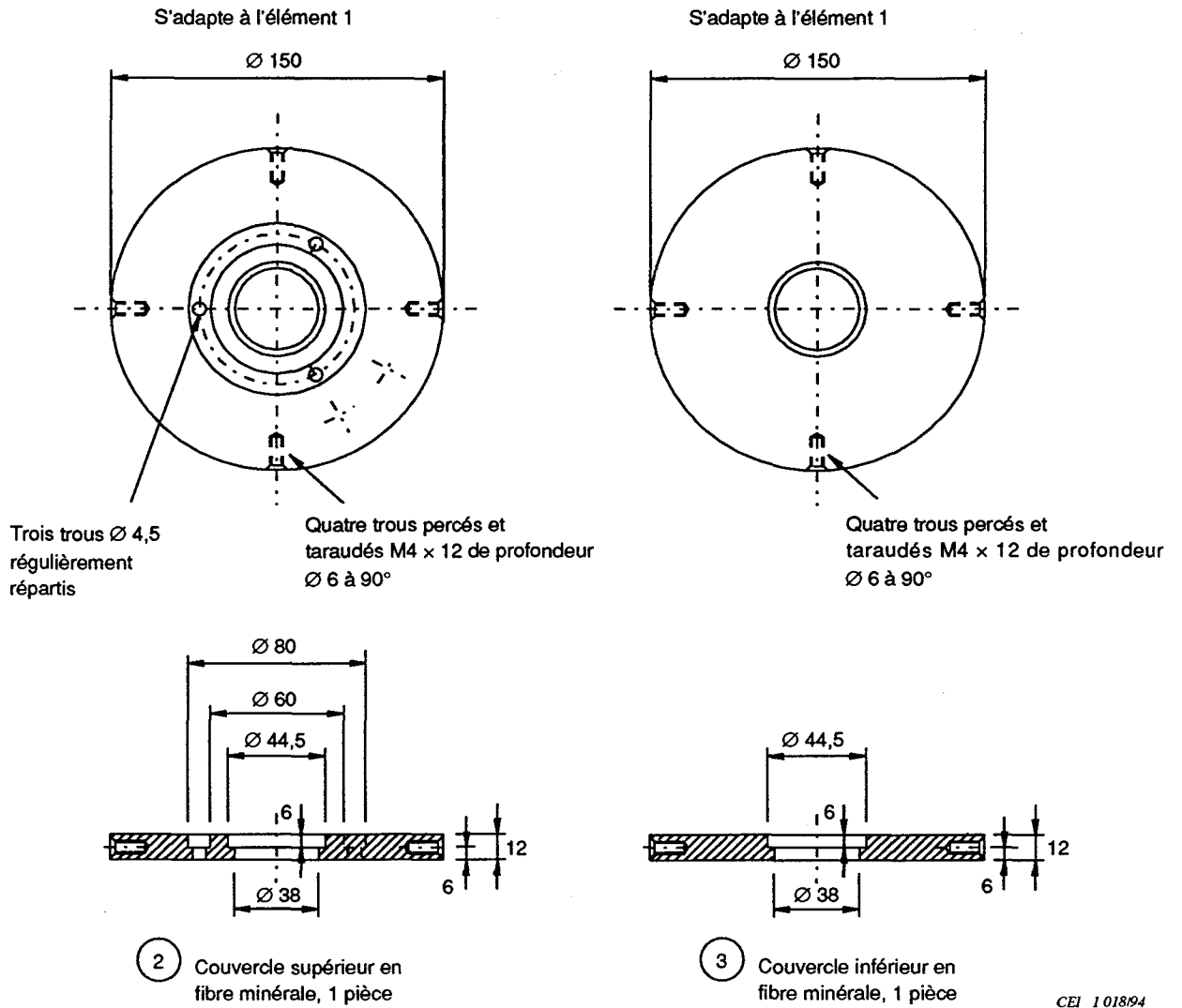
① Furnace housing 20 SWG stainless steel seamless
(method B)

IEC 1017/94

For details of encircled items, refer
to table 1.

Dimensions in millimetres

Figure B.4 – Furnace housing 20 SWG stainless steel seamless (method B)



CEI 1 01894

Dimensions en millimètres

Pour les explications des éléments cerclés,
se référer au tableau 1

Figure B.5 – Couvercles supérieur et inférieur (méthode B)

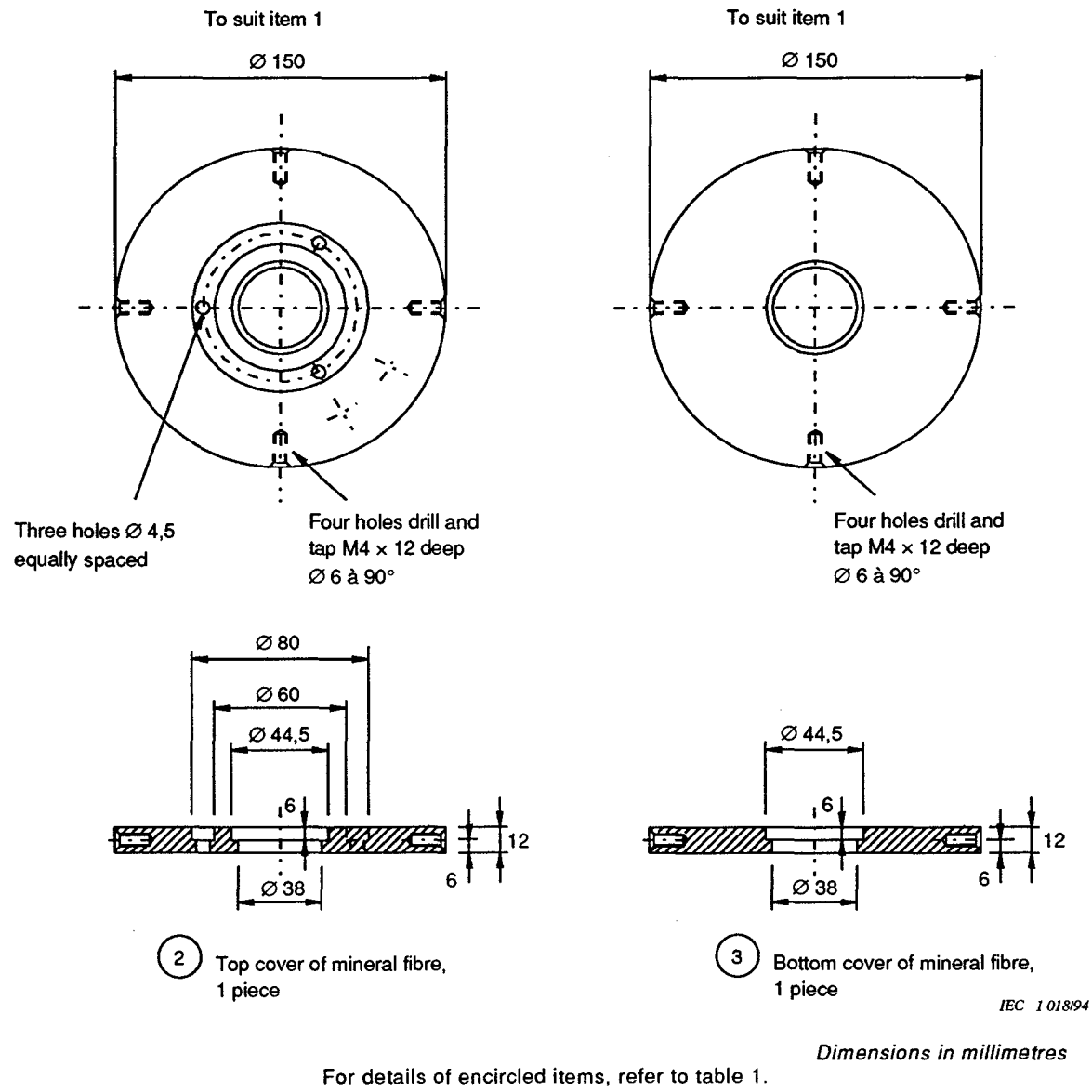


Figure B.5 – Top and bottom covers (method B)

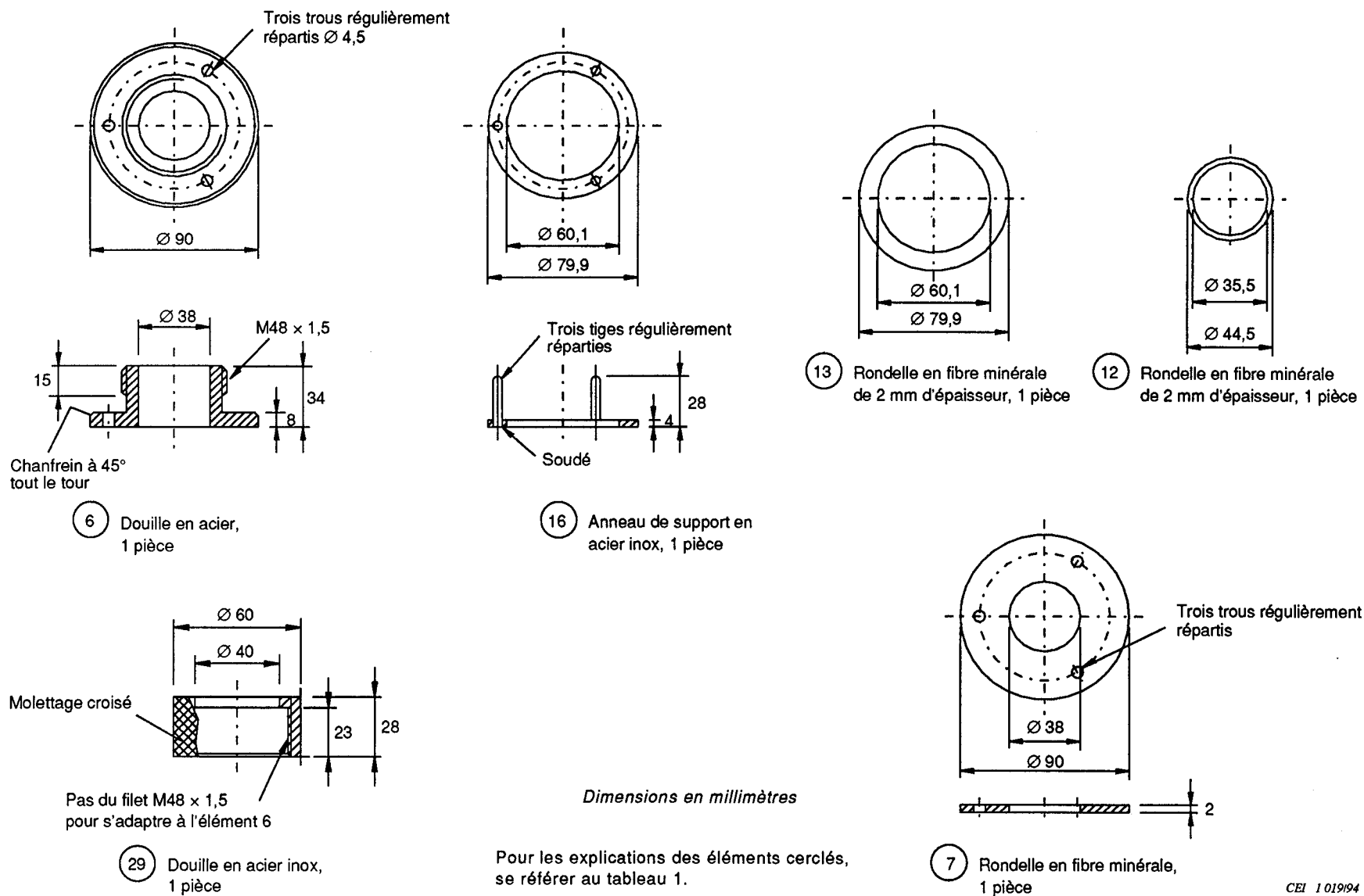


Figure B.6

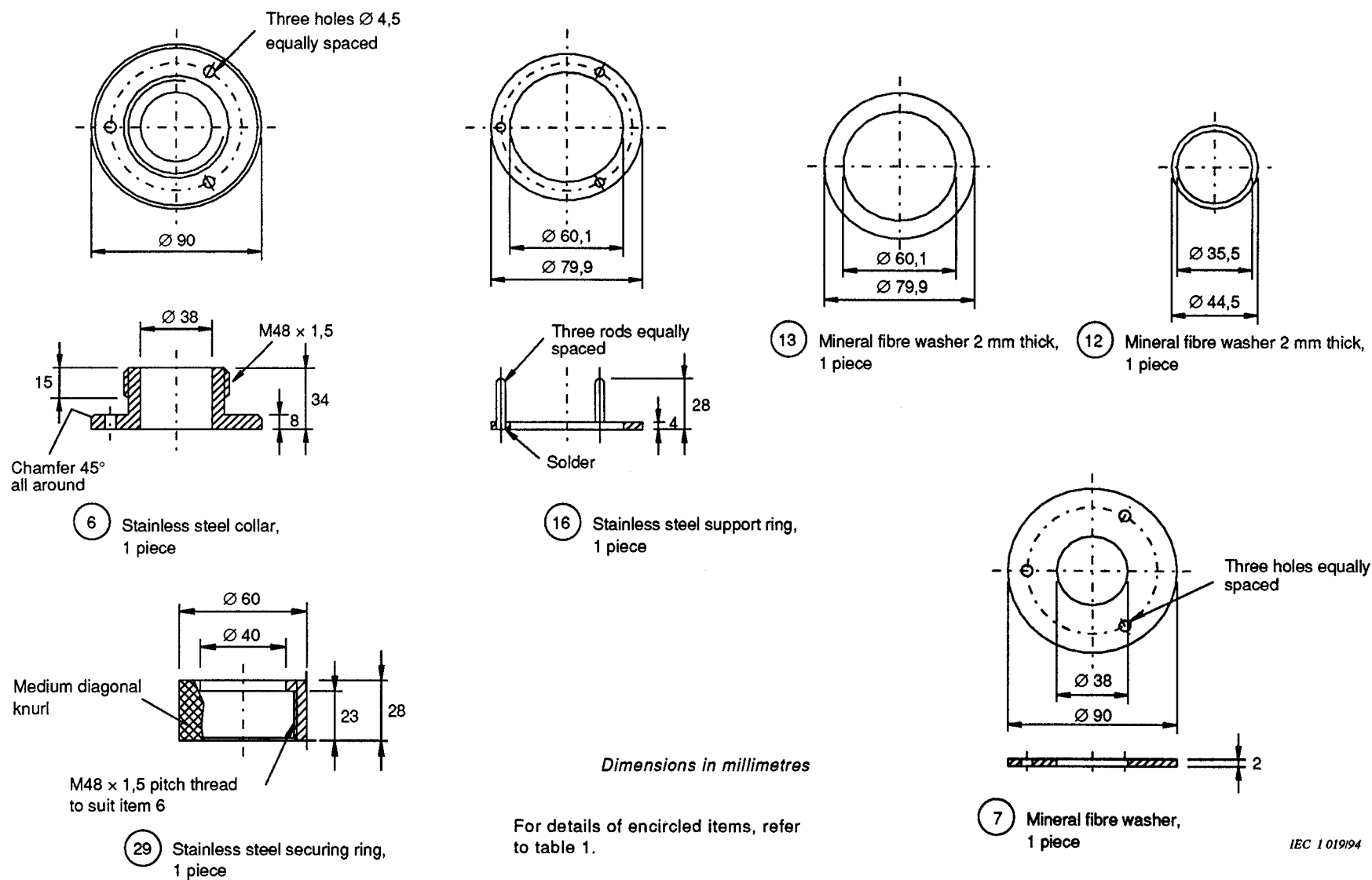


Figure B.6

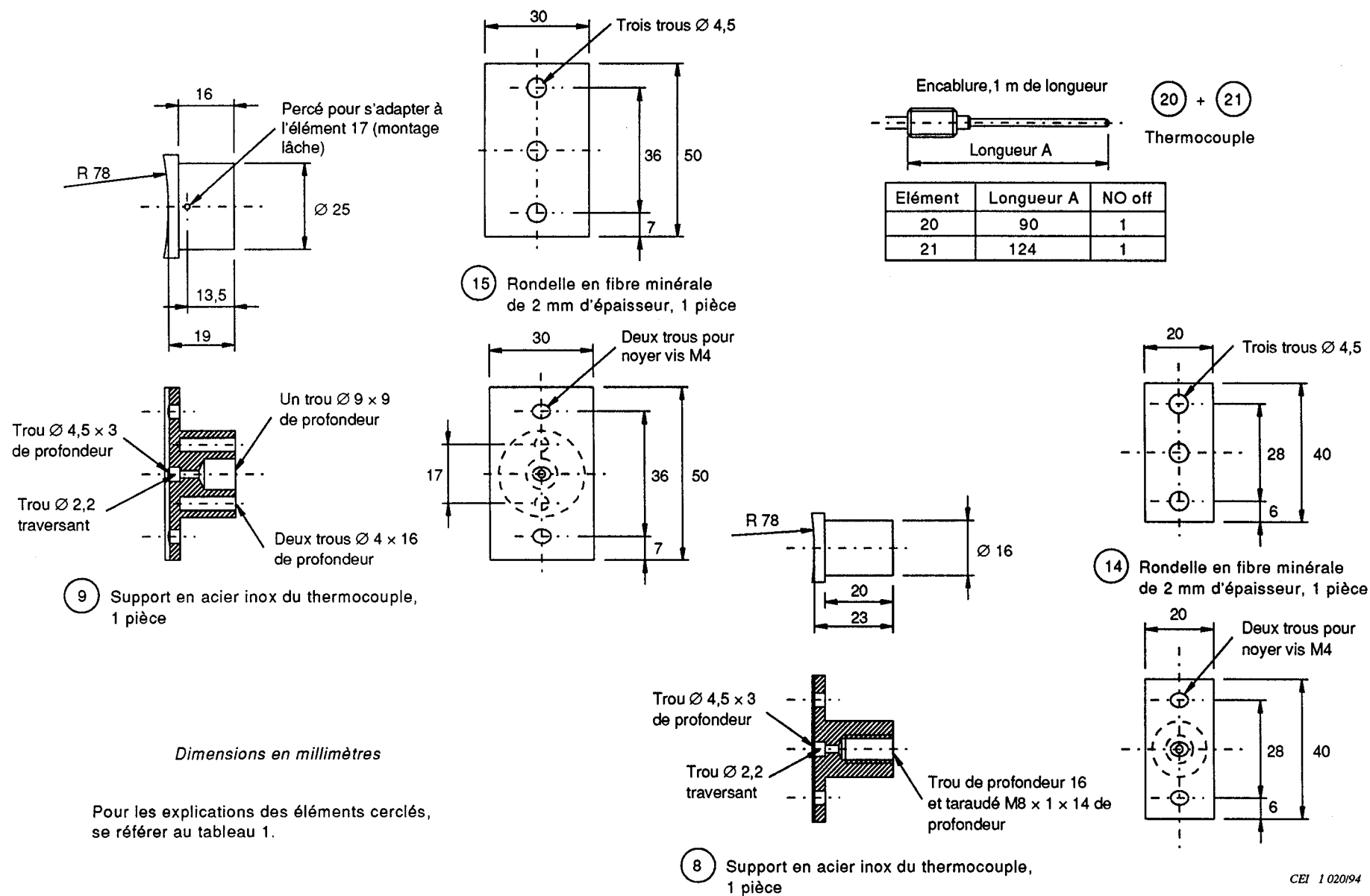


Figure B.7

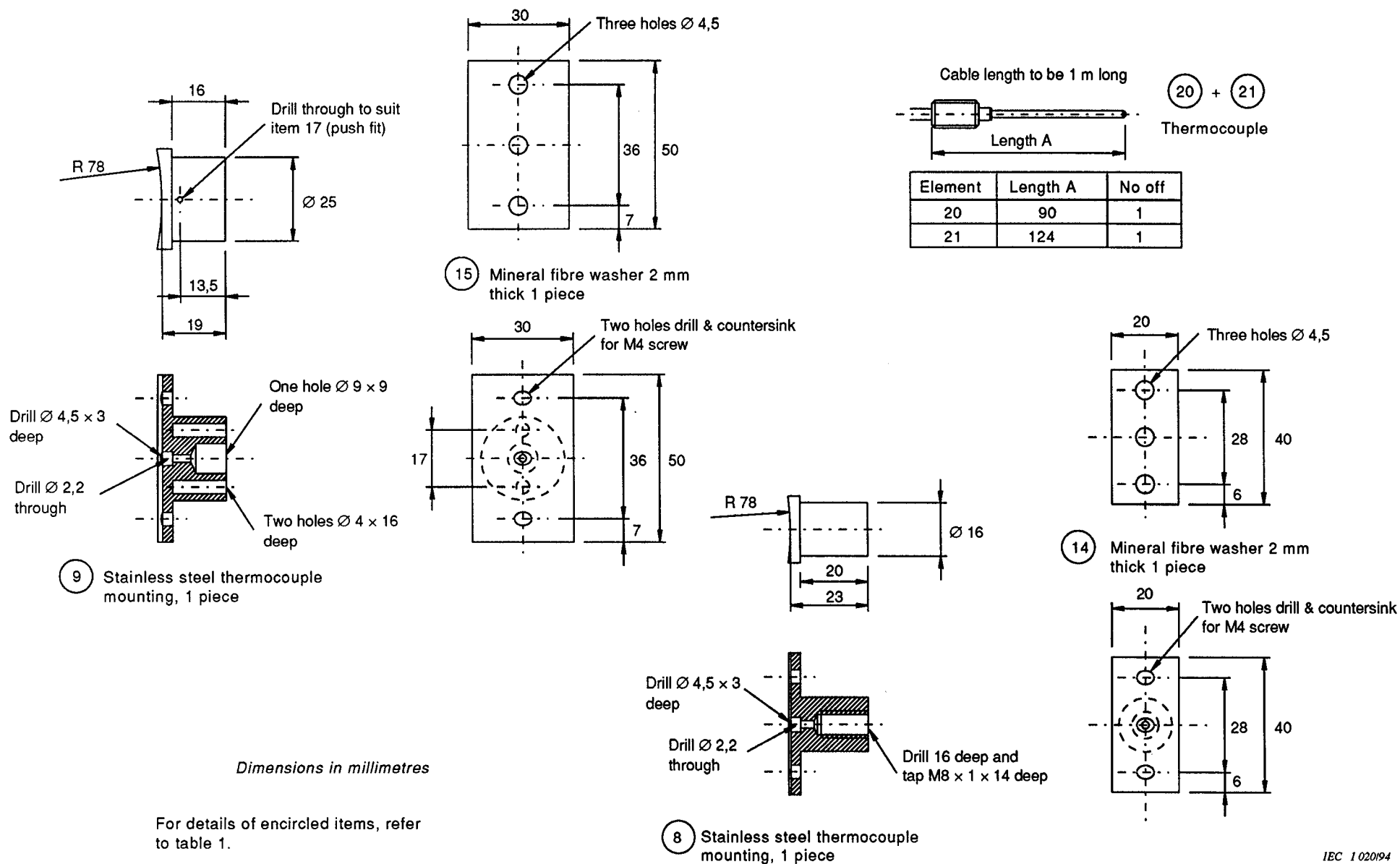
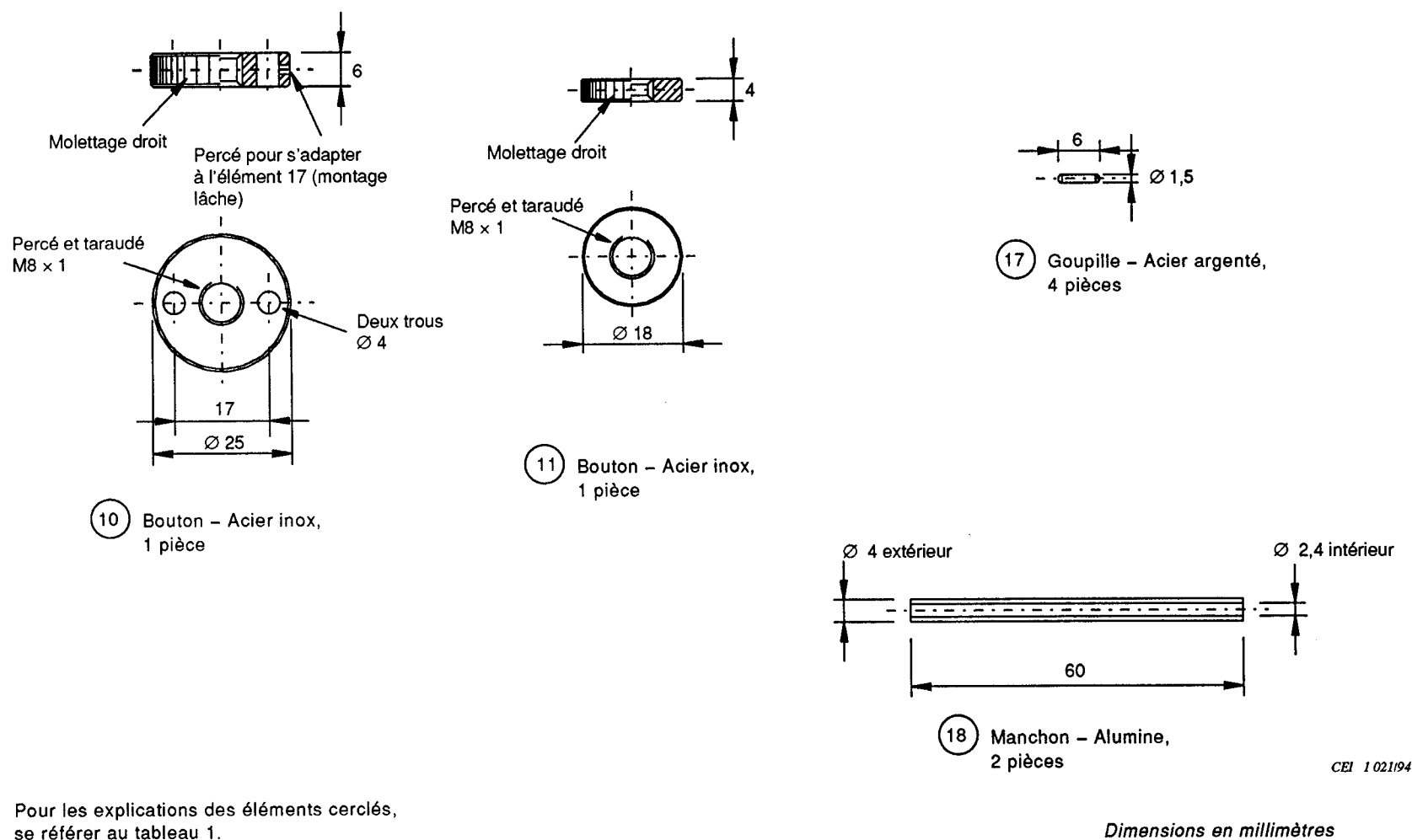
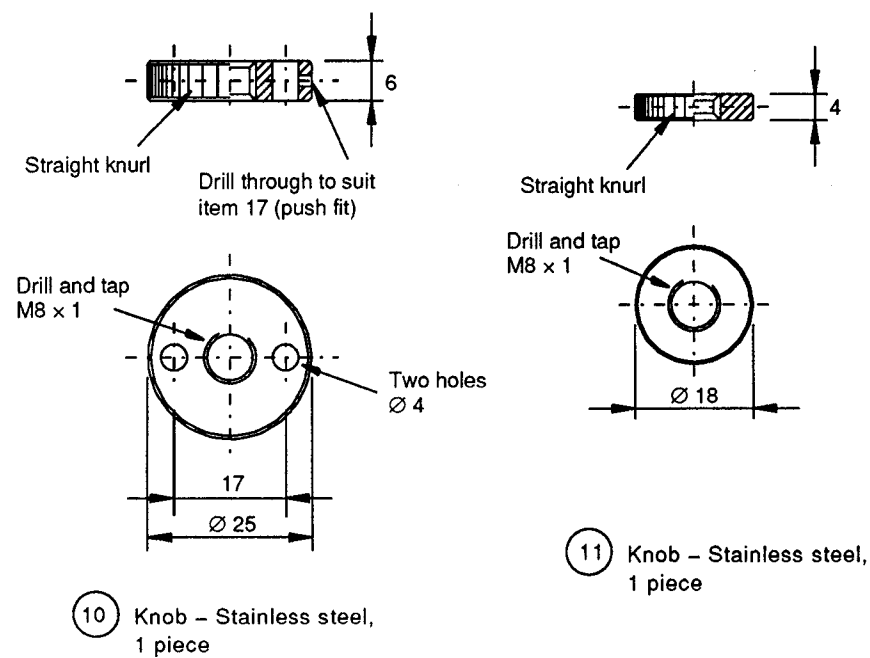


Figure B.7

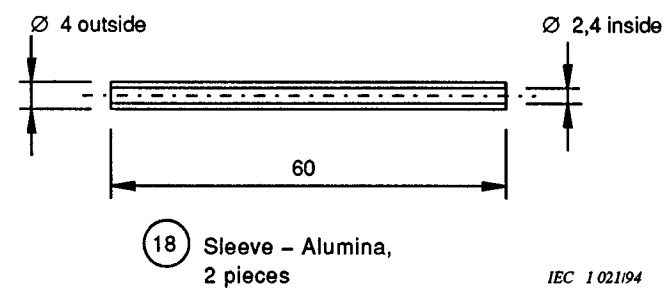
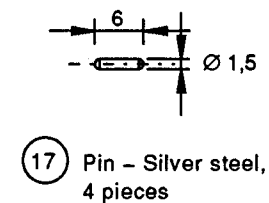


Pour les explications des éléments cerclés,
se référer au tableau 1.

Figure B.8



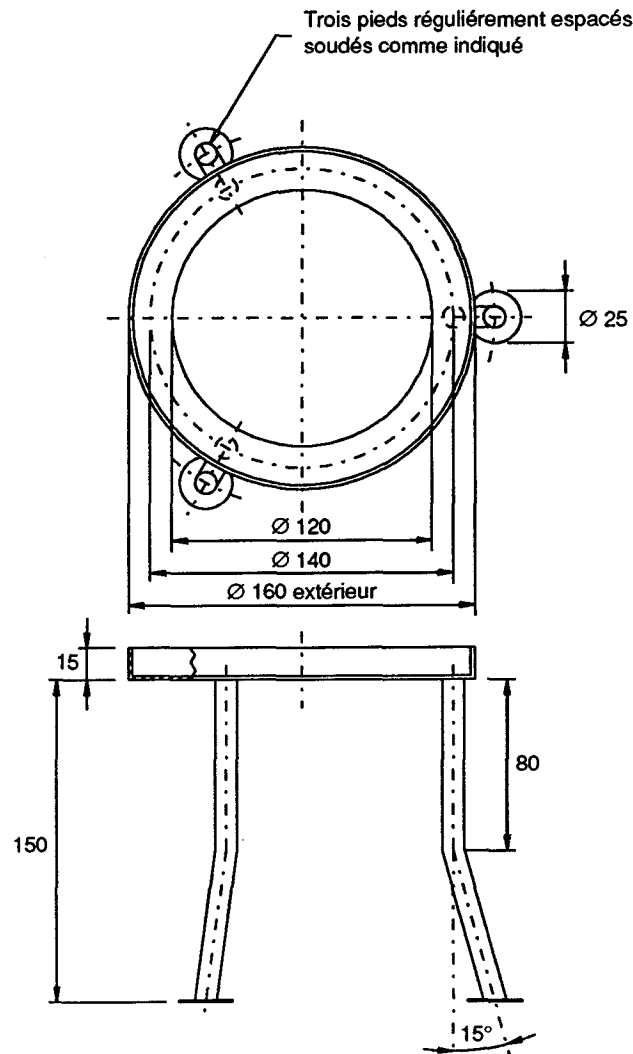
For details of encircled items, refer to table 1.



IEC 1 021/94

Dimensions in millimetres

Figure B.8

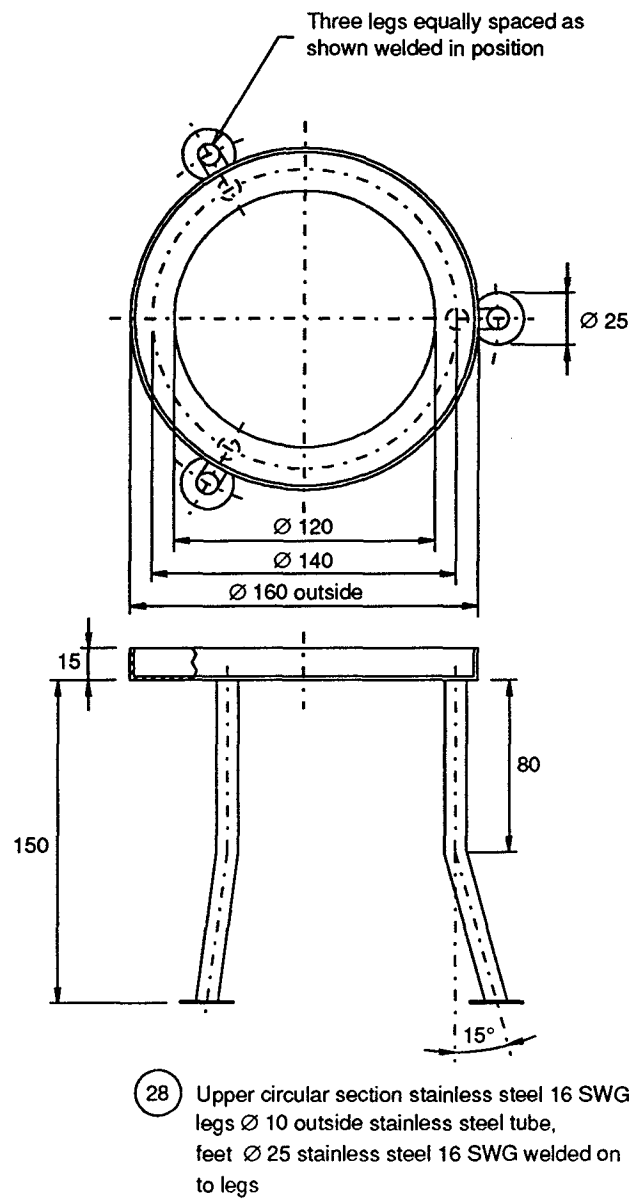


- 28 Section circulaire en acier inox (16 SWG)
Pieds en tube Ø 10 extérieur,
embases Ø 25 en acier inox (16 SWG)
soudées aux jambes

CEI 1 022/94

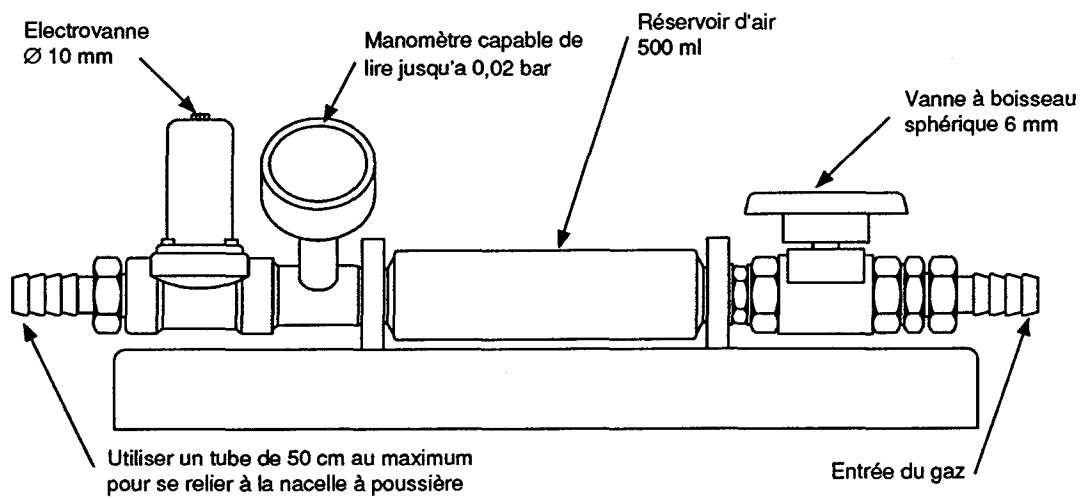
Dimensions en millimètres

Figure B.9 – Support du four



IEC 1022/94

*Dimensions in millimetres***Figure B.9 – Furnace stand base**



CEI 1 023/94

Figure B.10 – Système de dispersion de la poussière (méthode B)

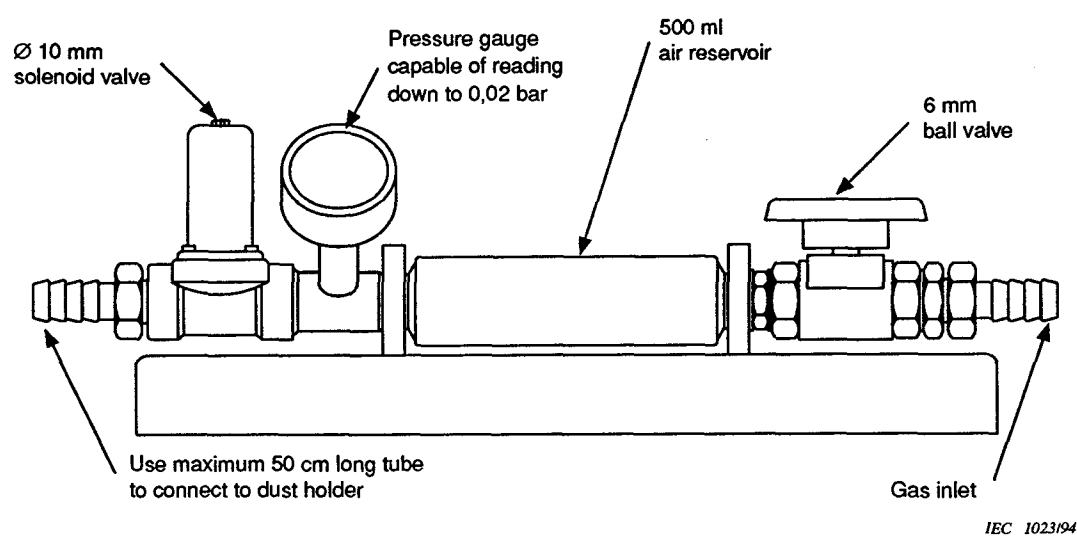


Figure B.10 – Dust dispersion system (method B)

ICS 29.260.20
