

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
79-5**

Première édition
First edition
1967

Modifiée selon le complément A (1969)
Amended in accordance with supplement A (1969)

**Matériel électrique pour atmosphères
explosives gazeuses**

Cinquième partie:
Protection par remplissage pulvérulent

**Electrical apparatus for explosive gas
atmospheres**

Part 5:
Sand-filled apparatus



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 79-5: 1967

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 auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

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 from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
79-5**

Première édition
First edition
1967

Modifiée selon le complément A (1969)
Amended in accordance with supplement A (1969)

**Matériel électrique pour atmosphères
explosives gazeuses**

**Cinquième partie:
Protection par remplissage pulvérulent**

**Electrical apparatus for explosive gas
atmospheres**

**Part 5:
Sand-filled apparatus**

© CEI 1967 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 procédé, 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

SOMMAIRE

PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	Pages
1. Généralités	8
1.1 Principe	8
1.2 Objet	8
2. Domaine d'application	8
3. Définitions	8
3.1 Définitions particulières	10
4. Enveloppes	10
4.1 Résistance mécanique	10
4.2 Etanchéité	12
4.3 Remplissage	12
4.4 Isolation du matériel inclus	12
4.5 Moyens de fermeture	12
5. Matériau de remplissage	12
5.1 Granulométrie	12
5.2 Tassement	12
5.3 Humidité	14
6. Emploi de matériaux organiques	14
7. Traversées	14
8. Distances aux parois	14
9. Hauteur minimale de sécurité	16
10. Ecrans	16
11. Plaque signalétique et instruction	16
12. Essais	18
12.1 Essais de type	18
12.2 Epreuves individuelles	18
ANNEXE A – Distances d'isolement	20
ANNEXE B – Détermination de la hauteur minimale de sécurité	24
FIGURE	28

CONTENTS

FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	Page
1. General	9
1.1 Principle	9
1.2 Object	9
2. Scope	9
3. Definitions	9
3.1 Particular definitions	11
4. Enclosures	11
4.1 Mechanical strength	11
4.2 Degree of protection	13
4.3 Filling	13
4.4 Insulation of enclosed apparatus	13
4.5 Means of closing	13
5. Filling material	13
5.1 Size of granules	13
5.2 Packing	13
5.3 Humidity	15
6. Use of organic materials	15
7. Bushings	15
8. Clearances to walls	15
9. Minimum safe height	17
10. Screens	17
11. Rating plate and instruction sheet	17
12. Tests	19
12.1 Type tests	19
12.2 Routine tests	19
APPENDIX A – Clearances	21
APPENDIX B – Determination of minimum safe height	25
FIGURE	28

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE POUR ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES

Cinquième partie: Protection par remplissage pulvérulent

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes 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.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la CEI dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand il est déclaré qu'un matériel est conforme à l'une de ses recommandations.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Sous-Comité 31B: Protection par remplissage pulvérulent, du Comité d'Etudes N° 31 de la CEI: Matériel électrique pour atmosphères explosives.

Elle constitue une partie d'une série de publications relatives au matériel électrique à utiliser dans les atmosphères explosives. Cette publication particulière ne traite que de la technique de protection par remplissage pulvérulent.

Les parties déjà publiées de la Publication 79 sont les suivantes:

- Carters antidéflagrants (voir Publication 79 *)
- Surpression interne (voir Publication 79-2)
- Sécurité intrinsèque (voir Publication 79-3)
- Détermination de la température d'inflammation (voir Publication 79-4).

D'autres parties traitant des techniques ci-après sont à l'étude:

- Sécurité augmentée
- Immersion dans l'huile.

Une description des techniques disponibles pour assurer la sécurité des appareils électriques utilisés dans les atmosphères explosives, avec un aperçu général sur le sujet, et une classification des températures maximales de surface, sont en cours de préparation. Ces documents, ainsi que toute autre recommandation applicable aux différentes techniques, paraîtront également dans le cadre de la Publication 79 dès qu'un accord aura été réalisé à leur sujet.

* Note. — Lorsque l'édition de 1957 de la Publication 79 sera révisée, son numéro deviendra 79-1.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL APPARATUS FOR EXPLOSIVE GAS ATMOSPHERES

Part 5: Sand-filled apparatus

FOREWORD

- 1) 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.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.
- 5) The IEC has not laid down any procedure concerning marking as an indication of approval and has no responsibility when an item of equipment is declared to comply with one of its recommendations.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by Sub-Committee 31B, Sand-filled Apparatus, of IEC Technical Committee No. 31, Electrical Apparatus for Explosive Atmospheres.

It forms one of a series of publications dealing with electrical apparatus for use in explosive gas atmospheres. This particular publication is concerned only with the technique of protection by sand-filling.

The parts of Publication 79 that have already been published are the following:

- Flameproof enclosure (see Publication 79 *)
- Pressurization (see Publication 79-2)
- Intrinsic safety (see Publication 79-3)
- Ignition temperature (see Publication 79-4).

Additional parts dealing with the following techniques are under consideration:

- Increased safety
- Oil immersion.

A description of the techniques available for making electrical apparatus safe for use in explosive gas atmospheres, with general guidance on the subject, and a classification of maximum surface temperatures are in course of preparation. These, and any further Recommendation applicable to all techniques, will also be published as parts of Publication 79, as soon as agreement on them has been reached.

* *Note.* — When the 1957 edition of Publication 79 is revised, the reference number will be changed to 79-1.

Des projets furent discutés au cours des réunions tenues à Philadelphie en 1954, à Bucarest en 1962 et à Varsovie en 1964. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en janvier 1966.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud	Japon
Allemagne	Norvège
Australie	Pays-Bas
Belgique	Roumanie
Canada	Suède
Danemark	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Turquie
France	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Italie	

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-5:1967 CSV

Drafts were discussed at meetings held in Philadelphia in 1954, in Bucharest in 1962, and in Warsaw in 1964. As a result of this last meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1966.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Norway
Belgium	Romania
Canada	South Africa
Denmark	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Italy	Union of Soviet Socialist Republics
Japan	United States of America
Netherlands	

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60076-5:1967 CSV

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE POUR ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES

Cinquième partie: Remplissage pulvérulent

1. Généralités

1.1 Principe

La protection du matériel électrique par remplissage pulvérulent est réalisée par un remplissage de l'enveloppe avec un matériau à l'état pulvérulent de manière telle que si, dans les conditions d'emploi prévues à la construction, un arc jaillit à l'intérieur de l'enveloppe, il ne puisse provoquer l'inflammation de l'atmosphère explosive extérieure. Il ne doit y avoir inflammation ni par propagation de la flamme, ni par échauffement excessif des parois de l'enveloppe.

1.2 Objet

La présente recommandation a pour objet de fixer:

- 1) Les conditions auxquelles doivent satisfaire à la construction:
 - a) les enveloppes du matériel électrique;
 - b) le matériau utilisé pour le remplissage.
- 2) Les essais destinés à vérifier que ces conditions sont remplies.
- 3) La méthode de détermination de la hauteur minimale de sécurité.
- 4) Les marques et indications à porter sur les enveloppes.

Elle ne traite pas des conditions auxquelles l'installation doit satisfaire, ni des précautions à prendre pour que son utilisation demeure à l'intérieur des limites de tension, de puissance et de régime de court-circuit pour lesquelles le matériel est construit.

Elle ne fixe pas les limites d'échauffement pour tenir compte du danger d'inflammation directe de certains gaz ou vapeurs au contact de la surface externe de l'enveloppe en raison de sa température*.

2. Domaine d'application

Le mode de protection par remplissage pulvérulent ne peut s'appliquer qu'aux matériels ou parties de matériel électrique ne comportant pas de pièces mobiles au contact direct du matériau de remplissage et satisfaisant par ailleurs aux recommandations de la CEI qui les concernent.

3. Définitions

Est considéré comme « matériel électrique à protection par remplissage pulvérulent » le matériel électrique dont toutes les parties sous tension sont entièrement noyées dans une masse de matériau pulvérulent dans des conditions qui sont précisées dans les articles suivants.

* Le risque d'inflammation par les surfaces chaudes est commun à tous les modes de protection. Il est à l'étude.

ELECTRICAL APPARATUS FOR EXPLOSIVE GAS ATMOSPHERES

Part 5: Sand-filled apparatus

1. General

1.1 Principle

Protection of electrical apparatus by sand-filling is obtained by filling the enclosure with a material having the consistency of sand, in such a way that if, under the conditions of use for which the apparatus has been designed, an arc occurs within the enclosure, this arc will not be liable to ignite the outer explosive atmosphere. No ignition should be caused either by the transmission of flame or by the overheating of the walls of the enclosure.

1.2. Object

The object of this Recommendation is to prescribe:

- 1) The constructional requirements to be met by:
 - a) enclosures of electrical apparatus;
 - b) filling materials.
- 2) The tests to be made to check compliance with these requirements.
- 3) The method of determining the minimum safety height.
- 4) The marking of enclosures.

This Recommendation does not deal with the conditions of installation of apparatus nor with the precautions to be taken to ensure that it is used within the limits of voltage, power and short-circuit current for which it has been designed.

This Recommendation does not specify any limit of temperature rise to take into account the danger of direct ignition of certain gases or vapours, arising from their contact with the outer surface of the enclosure and from its temperature*.

2. Scope

The method of protection by sand-filling applies only to electrical apparatus, or parts thereof, which have no moving parts in direct contact with the filling material and which in addition comply with the relevant I E C Recommendations.

3. Definitions

Electrical apparatus is considered to be "sand-filled" when all its live parts are entirely embedded in a mass of powdery material under such conditions as are stated in the following clauses.

* The danger of ignition by hot surfaces is a common feature of all protection problems. It is under consideration.

3.1 Définitions particulières

Certains termes d'usage courant, employés dans les articles suivants, ainsi que dans les annexes B et C (à l'étude), pouvant être interprétés de manière différente, leur définition au sens de la présente recommandation est précisée de la manière suivante.

3.1.1 Matériel ou appareil électrique

Désigne l'appareil dont la sécurité est assurée par le remplissage pulvérulent.

3.1.2 Organe de coupure

Sous le nom d'organe de coupure on entend le dispositif de coupure et de protection (disjoncteur, fusible, etc.) qui doit être obligatoirement associé au matériel pour assurer sa sécurité dans le cas d'un court-circuit.

3.1.3 Courant d'arc (I_a)

C'est la valeur moyenne de l'intensité, en valeur efficace, d'un arc de court-circuit au cours de son développement dans la masse du matériau de remplissage d'un appareil.

3.1.4 Courant de court-circuit (I_{cc})

C'est l'intensité du court-circuit boulonné, calculée au point d'un réseau électrique où doit être raccordé un appareil protégé par remplissage pulvérulent.

3.1.5 Durée de court-circuit ou durée d'arc (t)

Durée de passage du courant d'arc I_a dans un appareil, comptée depuis son apparition jusqu'à son élimination définitive.

Notes 1. — L'intensité d'un arc de court-circuit susceptible de se former en un point déterminé d'un réseau ne peut pas, d'une manière générale, être déterminée expérimentalement. L'expérience de certains laboratoires montre que le courant calculé I_{cc} et l'arc réel I_a sont liés, jusqu'à 6 kV, par la relation:

$$\frac{I_{cc}}{I_a} \approx 1,3$$

2. — Dans le cas où la protection d'un appareil est assurée par un disjoncteur, la durée t est sa durée totale de coupure comptée du début de l'ordre de déclenchement jusqu'à l'élimination définitive du courant.

4. Enveloppes

L'enveloppe doit être en principe métallique. Toutefois, d'autres matériaux stables, inertes, difficilement inflammables et ne propageant pas la flamme pourront être admis. Leurs caractéristiques mécaniques et leur stabilité dans le temps devront faire l'objet de vérifications. Leur désignation devra être suffisamment précise pour ne pas permettre la substitution d'un matériau par un autre dont les caractéristiques pourraient être différentes.

4.1 Résistance mécanique

La résistance de l'enveloppe doit être déterminée, compte tenu d'un coefficient de sécurité, en fonction des chocs et contraintes qu'elle aura à subir en raison de la nature et de l'usage du matériel qu'elle contient.

Quel que soit son volume, sa résistance mécanique minimale sera vérifiée par une épreuve hydraulique sous une surpression interne de 0,5 bar.

3.1 Particular definitions

Certain terms in current use to be found in the following clauses and in Appendices B and C (under consideration) may be capable of more than one interpretation. For the purpose of this Recommendation, they are defined as follows.

3.1.1 Electrical apparatus

Apparatus whose safety is obtained by sand-filling.

3.1.2 Circuit-breaking device

A device intended for circuit breaking and protective purposes (circuit-breaker, fuse, etc.) which it is necessary to associate with the apparatus to ensure its safety in the case of a short circuit.

3.1.3 Arcing current (I_a)

The average value of the r.m.s. current resulting from an arc caused by a short circuit during its development within the filling material of the apparatus.

3.1.4 Short-circuit current (I_{cc})

The current which flows in the case of a dead short circuit, calculated at that point of a network where the sand-filled apparatus is to be connected.

3.1.5 Short-circuit time or arcing time (t)

The time during which the arcing current I_a flows through the apparatus, counted from its initiation to its final extinction.

Notes 1. — The short-circuit arcing current liable to occur at a given point of a network cannot generally be determined by way of experiment. According to the experience of certain laboratories, the calculated current I_{cc} and the actual arcing current I_a are linked, up to 6 kV, by the following ratio:

$$\frac{I_{cc}}{I_a} \approx 1.3$$

2. — When the apparatus is protected by using a circuit-breaker, the time t is the total break time, counted from the beginning of the tripping sequence to the final extinction of current.

4. Enclosures

Enclosures should, as a rule, be of metal. Some other materials may however be accepted, provided they are stable, inert, non-flammable and flame-retardant. Their mechanical characteristics and their long-term stability shall be subject to test. They shall be described with such accuracy as to prevent any material from being replaced by another which might have different characteristics.

4.1 Mechanical strength

The enclosure shall be sufficiently strong, with an appropriate factor of safety, to resist the shocks and stresses to which it will be subjected by reason of the nature and usage of the enclosed apparatus.

Irrespective of its capacity, the minimum strength of the enclosure shall be checked by means of a hydraulic test at an internal overpressure of 0.5 bar.

4.2 *Etanchéité*

L'enveloppe en état de service, c'est-à-dire avec tous ses orifices obturés de la manière suivant laquelle ils doivent l'être en exploitation, doit répondre au degré de protection IP 54, suivant la définition de la Publication 144 de la CEI: Degrés de protection des enveloppes pour l'appareillage à basse tension.

4.3 *Remplissage*

Le remplissage doit être réalisé de manière à ne laisser subsister aucun vide dans la masse. Il y aura lieu de limiter le plus possible l'espace vide susceptible de se créer, au cours du service, au-dessus du niveau de remplissage.

A cet effet, un ou plusieurs dispositifs, ne nécessitant pas de démontage ni l'intervention d'outils spéciaux, devront permettre de déceler au plus tôt l'apparition de ce vide.

4.4 *Isolation du matériel inclus*

Les enroulements à l'intérieur de l'enveloppe devront être isolés convenablement, compte non tenu de la présence du matériau de remplissage. Leur classe d'isolation sera définie suivant spécification de la Publication 85 de la CEI: Recommandations relatives à la classification des matières destinées à l'isolement des machines et appareils électriques en fonction de leur stabilité thermique en service.

4.5 *Moyens de fermeture*

Des dispositions efficaces doivent être prises pour prévenir le démontage ou l'ouverture d'une quelconque partie de l'enveloppe par du personnel non autorisé.

5. **Matériau de remplissage**

Le matériau de remplissage doit répondre à certaines conditions techniques concernant sa rigidité diélectrique, son degré de pureté et son traitement préalable. Il subira éventuellement les essais correspondants*.

Lorsque le matériau de remplissage est constitué par du quartz, il devra répondre aux spécifications suivantes.

5.1 *Granulométrie*

La dimension des grains doit se situer entre les limites suivantes:

- 1) limite supérieure: toile métallique ou tôle perforée d'ouverture nominale de maille 1,6 mm;
 - 2) limite inférieure: toile métallique d'ouverture nominale de maille 250 microns;
- suivant les définitions de la recommandation ISO: Toiles métalliques et tôles perforées dans les tamis de contrôle. Dimensions nominales des ouvertures. (A l'étude.)

5.2 *Tassement*

Lors du remplissage de l'enveloppe, le matériau pulvérulent devra être convenablement tassé. Les cloisons, chicanes ou autres dispositifs susceptibles de faciliter la formation de vides ou de s'opposer au tassement lors du remplissage sont à éviter.

* Pour les matériaux autres que le quartz, le constructeur devra reprendre les études permettant de déterminer les facteurs de sécurité.

4.2 *Degree of protection*

The enclosure in its normal service condition, i.e. with all openings closed as in normal use, shall comply with degree of protection IP 54 as defined in IEC Publication 144, Degrees of Protection for Enclosures for Low-voltage Switchgear and Controlgear.

4.3 *Filling*

Filling shall be so carried out as to fill all voids within the material used. Any empty space liable to occur in service above the filling level should be kept to a minimum.

It shall be possible to detect such an empty space as soon as it occurs, by using one or more devices which do not require any dismantling or the use of special tools.

4.4 *Insulation of enclosed apparatus*

Windings within the enclosure shall be suitably insulated irrespective of the filling material. Their insulation classes shall be defined in accordance with IEC Publication 85, Recommendations for the Classification of Materials for the Insulation of Electrical Machinery and Apparatus in Relation to their Thermal Stability in Service.

4.5 *Means of closing*

Effective arrangements shall be made to prevent unauthorized persons from dismantling or opening any part of the enclosure.

5. **Filling material**

The filling material shall meet certain technical requirements for its electric strength, degree of purity and processing. It shall, if necessary, be subjected to the relevant tests*.

If quartz is used as the filling material, it shall comply with the following requirements.

5.1 *Size of granules*

The size of granules shall lie within the following limits:

- 1) upper limit: woven wire cloth or perforated plate with nominal apertures of 1.6 mm;
 - 2) lower limit: woven wire cloth with nominal apertures of 250 microns;
- according to definitions in the ISO Recommendation, Woven Wire Cloth and Perforated Plates in Test Sieves. Nominal Sizes of Apertures. (Under consideration.)

5.2 *Packing*

When filling the enclosure, the material shall be suitably packed. Partitions, baffles or any other structures which might cause the formation of voids or impede packing during the filling process should be avoided.

* For materials other than quartz, the manufacturer should make investigations to determine safety factors.

5.3 Humidité

Lors du remplissage de l'enveloppe, le matériau pulvérulent ne doit pas contenir plus de 0,1 % d'eau en poids. En outre, il y aura lieu de veiller à l'absence d'impuretés susceptibles de diminuer la rigidité diélectrique du remplissage ou d'altérer le matériel inclus.

6. Emploi de matériaux organiques

Il ne doit pas être utilisé de pièces en matériau organique à l'intérieur de la couche de remplissage au-dessus des parties sous tension, ni dans l'épaisseur de remplissage qui les sépare des parois de l'enveloppe.

7. Traversées

Les traversées nécessaires aux passages des conducteurs devront assurer l'étanchéité de l'enveloppe telle qu'elle est prévue au paragraphe 4.2. De plus, elles devront pouvoir, sans être endommagées, supporter les effets du courant d'arc I_a prévu à la construction.

8. Distances aux parois

Les pièces nues sous tension devront être convenablement espacées et séparées des parois. Les distances adoptées dans l'annexe C de la Publication 158-1 de la CEI: Appareillage de commande à basse tension à usage industriel, Première partie: Contacteurs, pourront servir de guide pour la détermination des distances d'isolement. A titre indicatif, l'article 5 de cette annexe – Valeurs minimales des distances d'isolement et des lignes de fuite – est reporté intégralement dans l'annexe A de la présente recommandation.

Dans tous les cas, les distances minimales ne seront pas inférieures aux limites ci-dessous:

Limites de tension	A	B
$U \leq 300$	10	15
$300 < U \leq 700$	15	20
$700 < U \leq 1\,500$	20	30
$1\,500 < U \leq 3\,500$	30	40
$3\,500 < U \leq 7\,200$	40	50

U = valeur efficace de la tension, en volts

A = distance, en millimètres, entre parties nues sous tension ou entre une partie nue sous tension et un élément interne au potentiel de la masse

B = distance, en millimètres, entre une partie nue sous tension et une des parois de l'enveloppe.

Les bobinages isolés devront être séparés des parois par une distance qui ne saurait être inférieure à 20 mm pour les tensions inférieures ou égales à 1 500 V et à 40 mm pour les tensions supérieures.

5.3 Humidity

At the time of filling, the filling material shall not contain more than 0.1 % by weight of water. Further, care should be taken to avoid any impurity which might impair the electric strength of the filling material or damage the enclosed apparatus.

6. Use of organic materials

No part made of any organic material shall be used within the filling over live parts or between them and the walls of the enclosure.

7. Bushings

Bushings for cable entries shall be such as to ensure that the degree of protection of the enclosure, as specified in Sub-clause 4.2, is maintained. In addition, they shall be capable of withstanding without damage the stress due to the arcing current I_a as specified in the design data.

8. Clearances to walls

Bare live parts shall be suitably spaced and separated from the walls. The clearances specified in Appendix C of IEC Publication 158-1, Low-voltage Controlgear for Industrial Use, Part 1: Contactors, may be taken as a guide for determining clearances. For information purposes, Clause 5 of that Appendix has been reproduced as Appendix A to this Recommendation.

In any case, minimum clearances shall not be less than the following limits:

Voltage limits	<i>A</i>	<i>B</i>
$U \leq 300$	10	15
$300 < U \leq 700$	15	20
$700 < U \leq 1\,500$	20	30
$1\,500 < U \leq 3\,500$	30	40
$3\,500 < U \leq 7\,200$	40	50

U = r.m.s. voltage, in volts

A = clearance, in millimetres, between bare live parts or between a bare live part and an internal part at earth potential

B = clearance, in millimetres, between a bare live part and a wall of the enclosure.

Insulated windings shall be separated from the walls by a distance which shall be not less than 20 mm for voltages not exceeding 1 500 V and 40 mm for voltages in excess of 1 500 V.

9. **Hauteur minimale de sécurité, h_0**

La hauteur de sécurité est la distance verticale entre la surface libre du remplissage convenablement tassé et la partie sous tension la plus proche. La « hauteur minimale de sécurité » est la plus petite des distances qui empêche la transmission de l'inflammation par un arc électrique d'intensité et de durée prévues à la construction. Elle doit être déterminée par des essais exécutés conformément aux prescriptions de l'annexe B sans toutefois pouvoir être inférieure à 30 mm pour les tensions inférieures ou égales à 1 500 V et à 50 mm pour les tensions supérieures.

10. **Ecrans**

En vue de réduire la « hauteur minimale de sécurité », un écran métallique perforé pourra être inséré dans la masse du matériau pulvérulent. Cet écran devra être réalisé conformément aux prescriptions de l'annexe C (à l'étude).

11. **Plaque signalétique et instruction**

Les indications ci-après doivent figurer sur l'enveloppe de manière très apparente:

- 1) Nom du constructeur;
- 2) Désignation de l'appareil – type et numéro de série;
- 3) Lettres « CEI » suivie du numéro de la présente recommandation, CEI 79-5;
- 4) Désignation de l'organisme d'essais avec référence au procès-verbal permettant l'identification de l'appareil;
- 5) Caractéristiques du courant d'arc maximal admissible – intensité I_a et durée t – déterminées aux essais;
- 6) Désignation du gaz ayant servi aux essais;
- 7) Classe de température ou température maximale des parois en régime nominal.

Une instruction reprenant et complétant, le cas échéant, les indications de la plaque signalétique, en indiquant par exemple les valeurs de I_a correspondant à différentes valeurs de t , devra accompagner chaque appareil livré.

Cette instruction indiquera la nature des opérations à effectuer et les précautions à prendre au remplissage, dans le cas où, en cours d'exploitation, un vide viendrait à apparaître à la partie supérieure du niveau; elle précisera notamment la nature et la qualité du matériau à utiliser.

Notes 1. – Caractéristiques de court-circuit

La recherche de la sécurité en cas de court-circuit ne permet pas de dissocier entièrement l'appareil de l'organe de coupure (défini au paragraphe 3.1.2) destiné à le protéger.

Il importe de bien différencier le courant d'arc I_a défini au paragraphe 3.1.3, qui est une caractéristique de l'appareil, du courant de court-circuit I_{cc} défini au paragraphe 3.1.4, qui est déterminé par la structure du réseau d'alimentation.

Les indications de la plaque signalétique, complétées le cas échéant par celles de l'instruction prévue à l'article 11, se rapportent aux conditions des essais. Le courant I_{cc} est calculé; la durée t est une des caractéristiques de l'organe de coupure placé en amont.

La connaissance de ces divers éléments, I_a , I_{cc} et t permet à l'utilisateur d'apprécier les limites de sécurité de l'appareil dans les conditions particulières de son exploitation.

9. Minimum safe height, h_0

The safe height is the vertical distance between the free surface, after suitable packing of the filling material, and the nearest live part. The "minimum safe height" is the shortest distance which prevents transmission of ignition by an electric arc of such intensity and duration as have been specified in the design data. It shall be determined by tests made in accordance with Appendix B but shall be not less than 30 mm for voltages not exceeding 1 500 V and 50 mm for voltages in excess of 1 500 V.

10. Screens

For the purpose of reducing the "minimum safe height", a screen of perforated metal may be inserted within the mass of filling material. This screen shall be constructed according to the requirements of Appendix C (under consideration).

11. Rating plate and instruction sheet

The enclosure shall be clearly marked with the following particulars:

- 1) Name of manufacturer;
- 2) Description of apparatus – type and serial number;
- 3) The letters "IEC" followed by the number of this Recommendation, IEC 79-5;
- 4) Name of certification authority, with reference to test report for identification of apparatus;
- 5) Characteristics of maximum permissible arcing current (current value I_a and duration t) as determined in tests;
- 6) Description of gas used for tests;
- 7) Temperature class or maximum temperature of walls at rated load.

An instruction sheet shall be supplied with each piece of apparatus and shall reproduce the information marked on the rating-plate with further details, if necessary, e.g. the values of I_a for different values of t .

This instruction sheet shall describe the nature of the operations to be made and the precautions to be taken when filling in the event of a void having formed in service at the upper part of the mass, stating in particular the nature and quality of the material to be used.

Notes 1. – Short-circuit characteristics

When trying to obtain safety under short-circuit conditions, it is not possible to dissociate entirely the apparatus from the circuit-breaking device (as defined in Sub-clause 3.1.2) intended for its protection.

A sharp distinction should be made between the arcing current I_a , as defined in Sub-clause 3.1.3, which is a characteristic of the apparatus, and the short-circuit current I_{cc} , as defined in Sub-clause 3.1.4, which is determined by the lay-out of the supply system.

The information marked on the rating plate and the additional information given in appropriate cases on the instruction sheet specified in Clause 11 refer to test conditions. The current I_{cc} is obtained by calculation and the duration t is one of the characteristics of the circuit-breaking device connected on the supply side.

Knowledge of the quantities I_a , I_{cc} and t will allow the user to evaluate the limits of safe use of the apparatus in the particular application.

2. – *Nature du gaz*

La nature du gaz influe peu sur la hauteur minimale de sécurité. Le coefficient appliqué aux essais permet de compenser les légères différences pouvant exister d'un gaz à l'autre.

3. – *Températures*

La température maximale figurant sur la plaque signalétique est déterminée pour une ambiance de 40 °C en atmosphère calme. Le marquage de la température sera remplacé ou complété par l'indication de la classe lorsque la classification aura fait l'objet d'une publication CEI.

12. Essais

En sus des épreuves et vérifications que doit subir le matériel inclus dans l'enveloppe, en fonction de sa nature, conformément aux prescriptions ou recommandations qui le concernent, il y a lieu de procéder aux essais suivants.

12.1 *Essais de type*

– *Détermination de la hauteur minimale de sécurité*

L'annexe B décrit la méthode permettant de procéder à cette détermination.

On peut se dispenser de cet essai lorsque cette hauteur h_0 a été déterminée lors d'essais antérieurs.

L'annexe B indique les limites de courant I_a et de durée t pour certaines valeurs de hauteur h_0 .

– *Détermination de l'échauffement des parois en régime nominal*

On en déduira, par simple addition, la température maximale atteinte dans une ambiance de 40 °C, sous réserve que la température extérieure lors de l'essai ne descende pas en dessous de 15 °C.

– *Epreuve d'étanchéité*

L'étanchéité de l'enveloppe sera vérifiée suivant les procédés décrits dans la Publication 144 de la CEI, pour le degré IP 54.

12.2 *Epreuves individuelles*

– *Epreuve hydraulique de l'enveloppe*

Chaque enveloppe doit subir une épreuve hydraulique sous une surpression interne de 0,5 bar, sans présenter de déformation permanente supérieure à 0,5 mm dans aucune de ses dimensions. La durée d'application de la pression sera de 1 min au moins.

– *Contrôle du degré d'humidité du matériau de remplissage*

Le degré d'humidité du matériau de remplissage devra être contrôlé au moment du remplissage. La méthode de contrôle n'est pas imposée.

Note. — On peut citer différentes méthodes considérées comme équivalentes: mesure de la rigidité diélectrique, de la résistivité spécifique, mesures de capacité, d'angle de perte, etc.

2. – *Nature of gas*

The nature of the gas has little influence on the minimum safe height. The factor used for tests will allow for the slight differences between two gases.

3. – *Temperatures*

The maximum temperature marked on the rating plate is based on an ambient temperature of 40 °C in still air. The temperature marking will be replaced or completed by the class indication when the classification has become the subject of an IEC Publication.

12. Tests

In addition to the tests to be made on the apparatus located within the enclosure, according to its type, in conformity with the relevant requirements or recommendations, the following tests should be made.

12.1 *Type tests*

– *Determination of minimum safe height*

Appendix B describes the method to be applied.

This test may be omitted when the minimum safe height h_0 has been determined in previous tests. Appendix B gives the limits of current I_a and time t for certain values of height h_0 .

– *Determination of temperature rise of walls at rated load*

Simple addition will give the maximum temperature attained with an ambient temperature of 40 °C, provided the external temperature during testing does not fall below 15 °C.

– *Test for degree of protection*

The degree of protection of the enclosure shall be tested according to the methods described in IEC Publication 144, for degree IP 54.

12.2 *Routine tests*

– *Pressure test on enclosure*

Each enclosure shall withstand a hydraulic overpressure of 0.5 bar without any permanent distortion of more than 0.5 mm in any direction. The pressure shall be applied for not less than 1 min.

– *Water content of filling material*

The water content of the filling material shall be checked at the time of filling. No method of test is specified.

Note. — Different methods considered to be equivalent may be mentioned : measurement of electric strength, specific resistance, capacitance, power-factor, etc.

ANNEXE A

DISTANCES D'ISOLEMENT

Extrait de l'annexe C de la Publication 158-1 de la CEI:
Appareillage de commande à basse tension à usage industriel
Première partie: Contacteurs

Remarque préliminaire. – La Publication 158-1 définit la distance d'isolement comme suit:

Distance entre deux parties conductrices le long d'un fil tendu suivant le plus court trajet possible entre ces deux parties conductrices.

Elle définit également le terme « partie conductrice » comme suit:

Partie capable de conduire du courant, bien qu'elle ne soit pas nécessairement utilisée pour conduire du courant en service normal.

5. Valeurs minimales des distances d'isolement et des lignes de fuite

- 5.1 Les valeurs des distances d'isolement et des lignes de fuite sont indiquées dans le tableau I, page 22, en fonction de la tension nominale d'isolement et du courant nominal thermique I_{th} du contacteur.
- 5.2 Les valeurs des distances d'isolement sont indiquées d'une part entre deux parties sous tension (L-L) et d'autre part entre une partie sous tension et une partie accidentellement dangereuse (L-A). La distance entre une partie sous tension et une partie mise à la terre (qui n'est pas considérée comme accidentellement dangereuse) peut être celle spécifiée correspondant à L-L pour la tension considérée.
- 5.3 Les valeurs des lignes de fuite dépendent, en outre, de la matière isolante et de la forme de la pièce isolante.

Colonne a: 1) Matières céramiques (stéatite, porcelaine).

- 2) Autres sortes de matières isolantes présentant des nervures ou des surfaces approximativement verticales, pour lesquelles l'expérience a montré qu'elles peuvent donner satisfaction lorsqu'elles sont employées avec les valeurs de lignes de fuite utilisées pour les matières céramiques.

Note. — De telles matières peuvent être des matières ayant un indice de résistance au cheminement d'au moins 140 V (voir Publication 112 de la CEI: Méthode recommandée pour déterminer l'indice de résistance au cheminement des matériaux isolants solides dans des conditions humides), par exemple des matières moulées phénoliques.

Colonne b: Tous les autres cas.

Les valeurs du tableau sont données seulement à titre de guide pour ce qui doit être considéré comme des valeurs minimales.

APPENDIX A CLEARANCES

Extract from Appendix C to IEC Publication 158-1,
Low-voltage Controlgear for Industrial Use
Part 1: Contactors

Preliminary note. – Publication 158-1 defines “clearance” as follows:

The distance between two conducting parts along a string stretched the shortest way between these conducting parts.

It also defines “conducting part” as follows:

A part which is capable of conducting current although it may not necessarily be used for carrying service current.

5. Minimum values of clearances and creepage distances

- 5.1 The values of clearances and creepage distances are given in Table I, page 23, as a function of the rated insulation voltage and of the rated thermal current of the contactor (I_{th}).
- 5.2 The values of clearances are given between two live parts (L-L) and between a live part and an accidentally dangerous part (L-A). The distance between a live part and an earthed part (which is not considered accidentally dangerous) may be that specified for L-L for the corresponding voltage.
- 5.3 The values of creepage distances also depend on the insulating material and the shape of the insulating piece.

Column a: 1) Ceramics (steatite, porcelain).

- 2) Other kinds of insulating materials designed with ridges or with approximately vertical surfaces, for which experience has shown that they are capable of giving satisfactory service with the creepage distances used for ceramics.

Note. — Such materials may be materials having a comparative tracking index of at least 140 V (see IEC Publication 112, Recommended Method for determining the Comparative Tracking Index of Solid Insulating Materials under Moist Conditions), e.g. phenolic mouldings.

Column b: All other cases.

The values in the table are given only as a guide to what may be regarded as minimum values.

TABEAU I

Tension nominale d'isolement V	Distances d'isolement mm				Lignes de fuite mm			
	$I_{th} \leq 63$ A		$I_{th} > 63$ A		$I_{th} \leq 63$ A		$I_{th} < 63$ A	
	L-L	L-A	L-L	L-A	a	b	a	b
Jusqu'à 60	2	3	3	5	2	3	3	4
De 61 à 250	3	5	5	6	3	4	5	8
De 251 à 380	4	6	6	8	4	6	6	10
De 381 à 500	6	8	8	10	6	10	8	12
De 501 à 660	6	8	8	10	8	12	10	14
De 661 à $\begin{cases} 750 \text{ courant alternatif} \\ 800 \text{ courant continu} \end{cases}$	10	14	10	14	10	14	14	20
De 751 à 1 000 courant alternatif De 801 à 1 200 courant continu	14	20	14	20	14	20	20	28

Notes 1. — Les valeurs du tableau I s'entendent pour les conditions atmosphériques définies au paragraphe 6.1.3 de la Publication 158-1 de la CEI. Pour des conditions plus sévères et pour l'utilisation à bord des navires, les valeurs des lignes de fuite doivent être au minimum celles de la colonne b.

2. — Quand la distance d'isolement L-A est supérieure à la ligne de fuite correspondante spécifiée à la colonne a ou b, la ligne de fuite entre la partie sous tension et la partie accidentellement dangereuse ne doit pas être inférieure à la distance dans l'air.

3. — Les distances d'isolement et les lignes de fuite applicables aux circuits de commande et aux circuits auxiliaires doivent être celles indiquées pour $I_{th} \leq 63$ A.

Les distances d'isolement et les lignes de fuite entre les parties sous tension du circuit principal et les parties sous tension des circuits de commande ou des circuits auxiliaires doivent être celles indiquées dans la colonne L-L correspondant au courant nominal thermique I_{th} du contacteur.

TABLE I

Rated insulation voltage V	Clearances mm				Creepage distances mm			
	$I_{th} \leq 63 \text{ A}$		$I_{th} > 63 \text{ A}$		$I_{th} \leq 63 \text{ A}$		$I_{th} > 63 \text{ A}$	
	L-L	L-A	L-L	L-A	a	b	a	b
Up to 60	2	3	3	5	2	3	3	4
61 - 250	3	5	5	6	3	4	5	8
251 - 380	4	6	6	8	4	6	6	10
381 - 500	6	8	8	10	6	10	8	12
501 - 660	6	8	8	10	8	12	10	14
661 - $\begin{cases} 750 \text{ a.c.} \\ 800 \text{ d.c.} \end{cases}$	10	14	10	14	10	14	14	20
751 - 1 000 a.c. 801 - 1 200 d.c.	14	20	14	20	14	20	20	28

Notes 1. — The values in Table I apply to the atmospheric conditions as specified in Sub-clause 6.1.3. of IEC Publication 158-1. For more severe conditions, and for marine service, creepage distances should be at least those in Column b.

2. — When the clearance L-A is greater than the corresponding creepage distance specified in Column a or b, then the creepage distance from the live part to the accidentally dangerous part must be not less than the clearance.
3. — The clearances and creepage distances for control and auxiliary circuits should be those given for $I_{th} \leq 63 \text{ A}$.

Clearances and creepage distances between live parts of the main circuit and live parts of control or auxiliary circuits should be those given in Column L-L corresponding to the rated thermal current I_{th} of the contactor.

ANNEXE B

DÉTERMINATION DE LA HAUTEUR MINIMALE DE SÉCURITÉ

Dispositif d'essai et mode opératoire

Le dispositif utilisé fait l'objet de la figure de la page 28.

Une cuve cylindrique, de 450 mm de diamètre et de 50 mm de hauteur, comporte à la partie inférieure deux traversées isolantes portant les électrodes en cuivre, un orifice de vidange du matériau pulvérulent et un ajutage pour la circulation du mélange gazeux.

Les électrodes mises en place, la cuve est alors remplie du matériau lequel est convenablement tassé par le fonctionnement du vibreur pneumatique.

La hauteur de la masse de remplissage au-dessus des électrodes est réglée à la valeur désirée par enlèvement de l'excédent.

On fixe alors sur la cuve un manchon de 300 mm de hauteur comportant l'arrivée du mélange à étudier, une bougie d'allumage et un petit ajutage permettant par prélèvement le contrôle de la teneur du mélange explosif. Un tissu en plastique fixé sur le manchon par des ceintures en caoutchouc assure l'étanchéité de l'ensemble cuve+manchon.

Le mélange explosif est effectué en dehors de la cuve, introduit dans l'appareil, puis convenablement brassé. On ne peut donner aucune précision sur la confection du mélange gazeux. Lorsque la nature du gaz utilisé le permet, le plus simple consiste à effectuer le mélange dans une cuve de grande capacité. Lorsque le produit est liquide à la température ordinaire, il est possible d'évaporer la quantité tout juste suffisante pour obtenir la concentration voulue dans un réchauffeur inséré dans le circuit. La quantité exacte de liquide à injecter doit être déterminée par tâtonnement.

Le mélange convenablement brassé et la concentration du gaz vérifiée à l'interféromètre ou par tout autre procédé, on ferme les vannes d'arrivée et de départ de gaz et on procède à la mise à feu.

L'arc est amorcé au sein du matériau pulvérulent en réunissant les électrodes par un fil très fin. Il est préférable pour réduire la dispersion de limiter la durée de l'arc en le court-circuitant, le disjoncteur de coupure intervenant quelques millisecondes plus tard. La durée de l'arc peut-être limitée par un dispositif chronométrique électrique ou mécanique.

Il est recommandé de faire un relevé oscillographique du courant de manière à relever les valeurs de I et de t avec suffisamment de précision.

Lorsqu'il n'y a pas eu inflammation, il est préférable de faire exploser le mélange qui se trouve encore au-dessus de la cuve, afin de l'éliminer. Il est recommandé d'attendre quelques secondes avant de procéder à cet allumage, la transmission s'effectuant parfois avec retard.

Lors de la transmission, qu'elle soit provoquée par l'arc au cours de l'essai, ou à la bougie à titre de contrôle, la feuille de plastique qui recouvre le manchon fait fonction de soupape.

Le résultat d'un essai se traduit par l'observation: inflammation ou non-inflammation. Accessoirement, lorsqu'il n'y a pas inflammation, on mesure la hauteur du champignon solide formé à l'intérieur de la masse pulvérulente. Il faut procéder très doucement à la vidange partielle de la cuve, de manière à ne pas faire écrouler le champignon sous le poids de la masse pulvérulente qui glisse.

Les essais peuvent être conduits de manière à déterminer:

- soit les caractéristiques limites des arcs admissibles pour une hauteur de matériau pulvérulent donnée;
- soit la hauteur minimale h_0 qui protège contre les effets d'un arc déterminé.

Dans le *premier cas*, la hauteur de matériau pulvérulent h étant fixée, on effectue une ou plusieurs séries d'essais correspondant chacune à une valeur donnée de l'intensité I_a . En choisissant la durée d'arc t

APPENDIX B

DETERMINATION OF MINIMUM SAFE HEIGHT

Test apparatus and test procedure

The test apparatus is shown in the Figure on page 28.

A cylindrical container, 450 mm in diameter and 500 mm in height, is provided at the bottom with two bushings for the copper electrodes, a discharge hole for removing the filling material and a nozzle for circulation of the gaseous mixture.

With the electrodes in place, the container is filled with the material, which is suitably packed by operating the pneumatic vibrator.

The height of the material above the electrodes is adjusted to the required value by removing the amount in excess.

The container is then fitted with a sleeve 300 mm high provided with an inlet opening for the mixture to be tested, a sparking-plug and a tap for sampling the explosive mixture to determine its composition. Air tightness of the container and sleeve assembly is obtained by covering the sleeve with a plastic sheet held in place by rubber rings.

The explosive mixture is prepared outside the container, introduced into the apparatus and then thoroughly mixed. No detailed information can be given on the preparation of the gaseous mixture. If the nature of the gas used makes it possible, the simplest method is to prepare the mixture in a large container. When the substance is liquid at normal temperature, it is possible to vaporize just enough to obtain the concentration required in a heater inserted in the circuit. The exact amount of liquid to be injected should be determined by trial.

After completing the mixing process and checking the gas concentration by means of an interferometer or any other method, the inlet and outlet valves are closed and the mixture is ignited.

Arcing within the filling material is induced by connecting the electrodes with a very thin wire. In order to reduce the degree of dispersion in the results, it is recommended that the arcing time be limited by short-circuiting the arcing path, the circuit-breaker operating a few milliseconds later. The arcing time may be limited by using an electrical or mechanical time-switch.

It is recommended that a record be made on an oscillograph to obtain the values of I and t with a sufficient degree of accuracy.

If no ignition has occurred, it is preferable to remove the amount of mixture which remains above the container by causing it to explode. It is advisable to wait for a few seconds before igniting it, owing to possible delay in the transmission of flame.

During the transmission, whether ignition is caused by arcing in the course of testing or by the sparking-plug for checking purposes, the plastic sheet which covers the sleeve will operate as a pressure valve.

The result of a test is ignition or non-ignition. As a subsidiary observation, if no ignition has occurred, the height of the mushroom-headed mass which has solidified within the powdery material should be measured. Precautions should be taken in partly draining the container to prevent the solid mass from collapsing under the slipping powdery material.

Tests may be carried out to determine:

- either the limiting values of permissible arcs for a given height of the filling material;
- or the minimum height h_0 which ensures protection against a given arc.

In the *first case*, for a given value of the level of filling material h , one or more series of tests should be made, each of them for a given value of current I_a . By starting from a low value of arcing time t and

à une valeur assez faible, on procède par valeurs croissantes jusqu'à obtenir une première transmission, puis, par approches successives en valeurs décroissantes, on détermine la durée t maximale pour laquelle on observe dix non-transmissions sur dix essais.

On obtient ainsi une limite supérieure de t pour chacune des intensités I_a choisies.

Dans le *second cas*, les caractéristiques d'un arc (intensité et durée) étant fixées, on effectue une série d'essais en partant d'une hauteur de matériau pulvérulent assez grande; on procède par valeurs décroissantes jusqu'à obtenir une première transmission. En augmentant la hauteur par paliers successifs, on recherche la valeur minimale h pour laquelle on obtient dix non-transmissions sur dix essais.

Dans les deux cas, la hauteur minimale h déterminée aux essais est majorée de 15% pour obtenir la « hauteur minimale de sécurité h_0 » au terme de l'article 9, pour des caractéristiques d'un arc bien défini. Il est possible de faire correspondre à une même « hauteur minimale de sécurité » différentes durées d'arc correspondant à différentes intensités, I_a et t variant simultanément en sens inverse.

Pour faciliter le démarrage des essais, on peut, en première approximation, admettre que la hauteur minimale h est liée aux caractéristiques de l'arc par la formule empirique:

$$I_a^2 t = 750 h^3$$

dans laquelle:

I_a^2 = valeur efficace de l'intensité de l'arc, en ampères

t = durée de l'arc, en secondes

h = hauteur minimale, en centimètres

Notes 1. — Il est recommandé de choisir une source d'énergie électrique permettant de maintenir l'intensité aussi constante que possible pendant toute la durée de l'arc. On prendra pour I_a la valeur moyenne relevée à l'oscillographe.

2. — En fixant h , et en adoptant plusieurs valeurs de I_a et de t assez voisines, il est possible de déterminer une limite L de $I_a^2 t$ en-dessous de laquelle il ne se produit pas de transmission.

Les essais effectués en utilisant un mélange explosif air-méthane à 8,5% ont permis de déterminer les limites suivantes:

— pour $h = 100$ mm $L = 760 \times 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{ms}$

— pour $h = 150$ mm $L = 2\,500 \times 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{ms}$

— pour $h = 200$ mm $L = 6\,500 \times 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{ms}$

dans les limites $I_a = 2\,000 - 6\,000 \text{ A}$

$t = 60 - 120 \text{ ms}$

Ces données permettent de déterminer $h_0 = 1,15 h$ pour différentes valeurs de I_a et de t situées entre ces limites.

increasing it in steps, a first transmission should be obtained, and then by decreasing it in steps, the maximum time t for which ten tests cause no transmission should be determined.

The upper limit of t for each current I_a will thus be obtained.

In the *second case*, the arcing characteristics (current and duration) remaining constant, a series of tests should be made, starting from a sufficiently high level of filling material and proceeding with decreasing values until transmission occurs. By raising the level in successive steps, the minimum value h at which ten tests cause no transmission is determined.

In both cases, the minimum height h as determined by tests is increased by 15% to obtain the minimum safe height as defined in Clause 9 for specified arcing characteristics. It is possible to apply one minimum safe height to different arcing durations and currents with I_a and t varying in inverse ratio.

To facilitate testing, it may be taken, as a first approximation, that the height h is linked with arcing characteristics by the empirical relationship:

$$I_a^2 t = 750 h^3$$

where:

I_a^2 = arcing current, in amperes (r.m.s.)

t = arcing time, in seconds

h = minimum height, in centimetres

Notes 1. — The use of a power source which makes it possible to keep the current as constant as possible for the whole of the arcing time is recommended. I_a should be taken as being the average value recorded on the oscillograph.

2. — By choosing the value of h and adopting values of I_a and t within rather narrow ranges, it is possible to determine the limit L of $I^2 t$ below which no transmission occurs.

Tests made using an 8.5% air-methane explosive mixture gave the following results:

— for $h = 100$ mm $L = 760 \times 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{ms}$

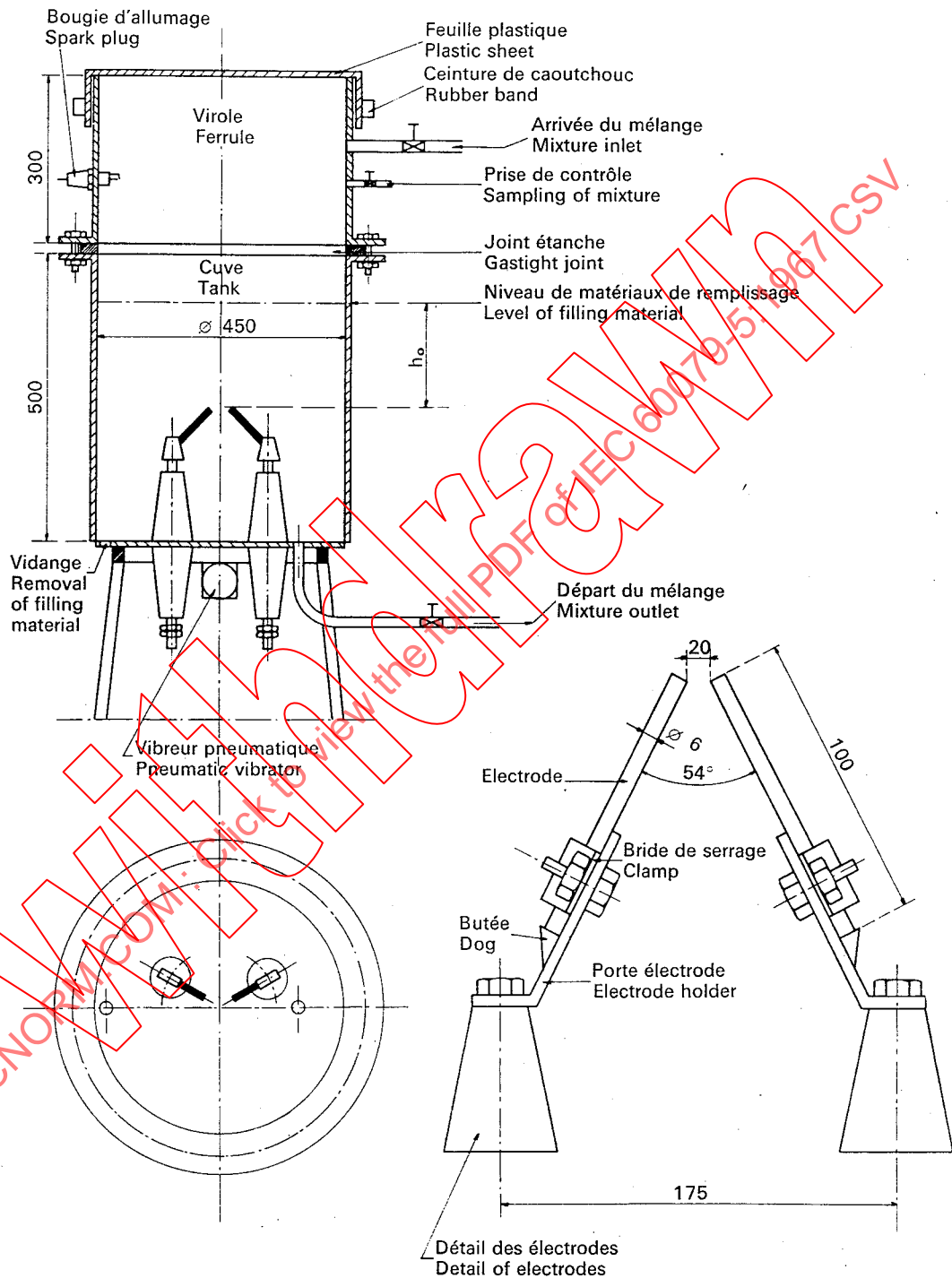
— for $h = 150$ mm $L = 2\,500 \times 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{ms}$

— for $h = 200$ mm $L = 6\,500 \times 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{ms}$

within the ranges $I_a = 2\,000 - 6\,000 \text{ A}$

$t = 60 - 120 \text{ ms}$

From these data, it is possible to determine $h_o = 1.15 h$ for different values of I_a and t within these ranges.



Cuve d'essai
Testing vessel

— Page blanche —

— Blank page —

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60076-5:1996 CSV

Withdrawn

ANNEXE C

UTILISATION D'UN ÉCRAN

1. Définitions

Les définitions suivantes complètent celles de l'article 3 de la recommandation.

1.1 Ecran

L'écran est une tôle métallique perforée fixée à l'intérieur de l'enveloppe, au sein du matériau pulvérulent, de manière à couvrir toutes les parties actives du matériel inclus.

1.2 Hauteur de protection h_{ea}

La hauteur de protection, h_{ea} , est la distance qui sépare l'écran de la partie active la plus proche du matériel électrique inclus dans l'enveloppe (voir figure 1, page 10).

1.3 Hauteur de la couche de réserve d

La hauteur de la couche de réserve, d , est l'épaisseur de matériau pulvérulent au-dessus de l'écran, prévue pour combler la formation accidentelle des vides dans la couche de sécurité.

1.4 Hauteur minimale de sécurité h_o

La hauteur minimale de sécurité, h_o , répond à la définition de l'article 9 de la recommandation. C'est la somme de la hauteur de protection et de la hauteur de la couche de réserve:

$$h_o = h_{ea} + d$$

2. Ecran

2.1 Nature

L'écran est constitué d'une plaque de métal inoxydable ou convenablement protégé contre la corrosion. Il doit être perforé sur toute sa surface. Les trous auront de 8 mm à 10 mm de diamètre et leurs centres seront espacés de 50 mm à 70 mm.

Dans les appareils dont le volume total est inférieur à 25 dm³, les diamètres des trous pourront être diminués, leur écartement variant proportionnellement dans le même sens jusqu'à atteindre 25 mm de centre à centre pour des trous de 5 mm de diamètre.

L'épaisseur de la plaque, éventuellement renforcée par des nervures, devra lui permettre de satisfaire aux prescriptions du paragraphe 2.2 ci-après. Si la plaque est nervurée, les nervures seront disposées du côté de la couche de réserve.

2.2 Fixation

La rigidité de l'écran et la robustesse de sa fixation doivent lui permettre de résister à l'effort calculé suivant la formule ci-dessous:

$$P = 0,25 I_a$$

dans laquelle:

I_a est le courant d'arc, exprimé en ampères, suivant les définitions du paragraphe 3.1.3 de la recommandation

P est la charge statique concentrée au centre de l'écran, exprimée en newtons

L'application de cette charge ne doit pas provoquer un fléchissement de l'écran supérieur à 1,2 mm.

3. Hauteur de protection h_{ea}

La hauteur de protection, h_{ea} , est fonction des caractéristiques du courant I_a (intensité et durée). Elle peut être déterminée par le calcul ou par des essais, sans toutefois pouvoir être inférieure à 20 mm.