

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
68-2-68**

Première édition
First edition
1994-08

Essais d'environnement –

Partie 2:

Essais –

Essai L: Poussière et sable

Environmental testing –

Part 2:

Tests –

Test L: Dust and sand



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 68-2-68: 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
68-2-68**

Première édition
First edition
1994-08

Essais d'environnement –

Partie 2:
Essais –
Essai L: Poussière et sable

Environmental testing –

Part 2:
Tests –
Test L: Dust and sand

© 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 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 Varembé Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XB**

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

AVA Documents
Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Généralités	8
1.1 Domaine d'application	8
1.2 Description de l'essai L	8
2 Références normatives	10
3 Définitions	10
4 Essai La: poussière fine non abrasive	12
4.1 Méthode La1: pression d'air cyclique	12
4.2 Méthode La2: pression d'air constante	20
4.3 Guide pour l'essai La	28
5 Essai Lb: poussière en sédimentation libre	48
5.1 Objet	48
5.2 Méthode Lb	48
5.3 Guide pour l'essai Lb	52
6 Essai Lc: insufflation de poussière et de sable	68
6.1 Méthode Lc1: chambre à recirculation	68
6.2 Méthode Lc2: insufflation libre	80
6.3 Guide pour l'essai Lc	86
Figures	101
Annexes	
A Guide général	108
B Bibliographie	126

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 General	9
1.1 Scope	9
1.2 Description of Test L	9
2 Normative references	11
3 Definitions	11
4 Test La: non-abrasive fine dust	13
4.1 Method La1: cyclic air pressure	13
4.2 Method La2: constant air pressure	21
4.3 Guidance for test La	29
5 Test Lb: free settling dust	49
5.1 Object	49
5.2 Method Lb	49
5.3 Guidance for test Lb	53
6 Test Lc: blown dust and sand	69
6.1 Method Lc1: recirculating chamber	69
6.2 Method Lc2: free blowing dust	81
6.3 Guidance for test Lc	87
Figures	101
Annexes	
A General guidance	109
B Bibliography	127

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT –

Partie 2: Essais – Essai L: Poussière et sable

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 68-2-68 a été établie par le sous-comité 50B: Essais climatiques, du comité d'études 50 de la CEI: Essais d'environnement.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
50B(BC)334	50B(BC)338

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 sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ENVIRONMENTAL TESTING –

**Part 2: Tests –
Test L: Dust and sand**

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 68-2-68 has been prepared by sub-committee 50B; Climatic tests, of IEC technical committee 50: Environmental testing.

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

DIS	Report on voting
50B(CO)334	50B(CO)338

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 are for information only.

INTRODUCTION

Les essais décrits dans la présente partie de la CEI 68-2 fournissent des renseignements sur les effets pour lesquels la spécification particulière peut prescrire des critères d'évaluation. Quelques-uns de ces effets sont:

- a) la pénétration de poussière à l'intérieur des enveloppes;
- b) la modification des caractéristiques électriques (par exemple, contact défectueux, modification de la résistance de contact, modification de la résistance au cheminement);
- c) le grippage ou le mauvais fonctionnement des roulements, des essieux, des arbres et autres pièces en mouvement;
- d) l'abrasion des surfaces (érosion);
- e) la contamination des surfaces optiques et la pollution des lubrifiants;
- f) l'encrassement des ouvertures de ventilation, des manchons, des canalisations, des filtres, des ouvertures nécessaires au fonctionnement, etc.

Différents essais ont été définis pour tenir compte des divers moyens qui peuvent être utilisés pour vérifier l'intégrité de la construction des produits électrotechniques et pour simuler les conditions d'un fonctionnement réel.

Les essais mentionnés ci-dessus diffèrent de par les caractéristiques du flux d'air transportant les particules et le type de particules. Cela conduit à utiliser une méthodologie spéciale pour chaque essai.

INTRODUCTION

The tests described in this part of IEC 68-2 give information on effects for which the relevant specification may specify assessment criteria. Some of such effects are:

- a) ingress of dust into enclosures;
- b) change of electrical characteristics (for example, faulty contact, change of contact resistance, change of track resistance);
- c) seizure, or disturbance in motion of bearings, axles, shafts and other moving parts;
- d) surface abrasion (erosion);
- e) contamination of optical surfaces; contamination of lubricants;
- f) clogging of ventilating openings, bushings, pipes, filters, apertures necessary for operation etc.

Different tests have been specified to consider diversified aspects which may be used to verify constructional integrity of electrotechnical products or to simulate the conditions of operation in service.

The tests differ by the character of the air flow carrying the particulate matter, and by the type of such matter, resulting in a special methodology for each test.

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT –

Partie 2: Essais – Essai L: Poussière et sable

1 Généralités

Cette présentation donne la structure générale des essais de poussière et de sable décrits dans la présente norme. La figure 1 et le tableau 1 fournissent la synthèse des méthodes d'essais ainsi qu'un tableau récapitulatif des caractéristiques des différents essais. Il convient de noter que la méthode La2 proposée est équivalente à l'essai de poussière décrit dans la CEI 529 (voir aussi l'annexe A).

1.1 *Domaine d'application*

Cette partie de la CEI 68-2 spécifie des méthodes d'essai pour déterminer les effets de la poussière et du sable en suspension dans l'air sur des produits électrotechniques.

Les méthodes d'essai décrites dans cette norme ne sont pas destinées aux essais de filtres à air. Seule la méthode Lc2 est appropriée pour simuler les effets d'érosion de particules se déplaçant à vitesse élevée (supérieure à 100 m/s).

1.2 *Description de l'essai L*

L'essai de poussière et de sable est divisé en trois groupes.

- La: *poussière fine non abrasive*. Cet essai est principalement orienté vers la recherche de l'étanchéité du spécimen en essai. Le spécimen en essai est exposé à une poussière très fine sous forme de talc ou son équivalent. Les effets provoqués par une variation de température se traduisant par une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du spécimen peuvent être reproduits.
- Lb: *poussière en sédimentation libre*. Cet essai est orienté vers la recherche des effets de la poussière et du sable lorsqu'on simule les conditions d'environnement existant dans les locaux abrités. Le spécimen d'essai est exposé à une atmosphère faiblement chargée en poussière, créée par l'injection intermittente d'une petite quantité de poussière qu'on laisse se déposer par gravité sur le spécimen.
- Lc: *insufflation de poussière et de sable*. Cet essai est orienté vers la recherche de l'étanchéité et des effets d'érosion lorsqu'on simule les conditions d'environnement existant à l'extérieur et autour d'un véhicule en mouvement. Le spécimen est exposé soit à un flux d'air turbulent, soit à un flux d'air laminaire auquel est ajouté une certaine quantité de poussière, de sable ou d'un mélange des deux.

ENVIRONMENTAL TESTING –

Part 2: Tests – Test L: Dust and sand

1 General

This survey indicates the general structure of the dust/sand tests included in this publication. The structuring and a summary of the characteristics of the different tests are given in figure 1 and table 1. It should be noted that the dust test of IEC 529 has its equivalent in the proposed method La2. See also annex A.

1.1 Scope

This part of IEC 68-2 specifies test methods to determine the effects of dust and sand suspended in air, on electrotechnical products.

The test methods of this standard are not intended for the testing of air filters. Only method Lc2 is suitable for the simulation of the erosion effects of high velocity (more than 100 m/s) particles.

1.2 Description of Test L

The dust and sand test is structured into three groups:

- La: *non-abrasive fine dust*. A test which is primarily oriented towards investigation of the seals of the test specimen. The test specimen is exposed to a very fine dust in the form of talc or an equivalent. The effects of temperature cycling resulting in a pressure difference between the inside and outside of the specimen may be reproduced.
- Lb: *free settling dust*. A test which is oriented towards investigation of the effects when simulating conditions at sheltered locations. The test specimen is exposed to a low-density dust atmosphere created by the intermittent injection of a small quantity of dust which is allowed to fall by gravity onto the specimen.
- Lc: *blown dust and sand*. A test which is oriented towards investigation of the seals and the effect of erosion when simulating outdoor and vehicle conditions. The test specimen is exposed to either a turbulent or a laminar air flow to which is added a quantity of dust, sand or a dust/sand mixture.

Tableau 1 – Résumé des caractéristiques d'essai

Procédure	Type de poussière/sable	Granulométrie	Concentration en poussière/sable	Notes
Essai La				
Méthode La1	Talc ou poudre FE	<75 µm	600 g/m ² /h (grammes par mètre carré par heure) déposés sur la surface de référence	L'essai inclut une variation cyclique de la pression de l'air dans la chambre
Méthode La2	Talc ou poudre FE	<75 µm	2 kg/m ³ (volume de la chambre)	La pression de l'air dans le spécimen peut être réduite
Essai Lb	Olivine ou quartz ou feldspath	<75 µm	6 g/m ² /j (grammes par mètre carré par jour) dépôt sur la surface de référence	Poussière en sédimentation libre
Essai Lc				
Méthode Lc1	Olivine ou quartz ou feldspath	<75 µm ou <150 µm ou <850 µm	1 g/m ³ ou 3 g/m ³ ou 10 g/m ³	Insufflation de poussière et de sable Chambre à recirculation
Méthode Lc2	Olivine ou quartz ou feldspath	<75 µm ou <150 µm ou <850 µm	1 g/m ³ ou 3 g/m ³ ou 10 g/m ³	Insufflation libre de poussière

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 partie de la CEI 68-2. 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 partie de la CEI 68-2 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.

CEI 529: 1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 721-2-5: 1991, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Section 5: Poussière, sable, brouillard salin*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 68-2, les définitions suivantes s'appliquent:

3.1 poussière: La poussière peut être définie comme une particule de matière d'origine et de composition non spécifiées, dont la granulométrie varie de 1 µm à 150 µm (voir la note en 3.7).

3.2 concentration en poussière: La concentration en poussière est la masse totale de particules de poussière par unité de volume d'air.

Table 1 – Summary of test characteristics

Procedure	Dust/sand type	Particle size	Dust/sand concentration	Notes
Test La				
Method La1	Talc or FE powder	<75 µm	600 g/m ² /h (grams per square metre per hour) deposit on reference surface	Test includes a cycling of the air pressure in the chamber
Method La2	Talc or FE powder	<75 µm	2 kg/m ³ (chamber volume)	Air pressure in the specimen may be reduced
Test Lb	Olivine or quartz or feldspar	<75 µm	6 g/m ² /d (grams per square metre per day) deposit on reference surface	Free settling dust
Test Lc				
Method Lc1	Olivine or quartz or feldspar	<75 µm or <150 µm or <850 µm	1 g/m ³ or 3 g/m ³ or 10 g/m ³	Blown dust and sand Recirculating chamber
Method Lc2	Olivine or quartz or feldspar	<75 µm or <150 µm or <850 µm	1 g/m ³ or 3 g/m ³ or 10 g/m ³	Free blowing dust

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 68-2. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 68-2 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.

IEC 529: 1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP code)*

IEC 721-2-5: 1991, *Classification of environmental conditions – Part 2: Environmental conditions appearing in nature – Section 5: Dust, sand, salt mist*

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 68-2 the following definitions apply.

3.1 dust: Particulate matter of unspecified origin or composition whose size ranges from 1 µm to 150 µm (see note to 3.7).

3.2 dust concentration: Total mass of dust particles per unit volume of air.

3.3 humidité: L'humidité relative est définie comme le rapport de la pression de vapeur réelle dans l'air à une température donnée au maximum de la pression de vapeur saturante à la même température.

3.4 hygroscopique: Qui a tendance à absorber l'humidité.

3.5 granulométrie: Dimension générale des particules de poussière et de sable basée sur l'hypothèse que les particules sont de forme sphérique; elle est communément mesurée par tamisage, par calcul des vitesses de sédimentation ou par détermination de zones d'images microscopiques.

3.6 sable: Les grains varient de la forme sphérique à la forme angulaire, et leur taille se situe entre 100 μm et 2 000 μm . Toutefois, pour les essais d'environnement, la plage utilisée est habituellement restreinte et se situe entre 150 μm et 850 μm (voir la note en 3.7).

3.7 tamis (mailles carrées): Un tamis prévu pour l'analyse de la taille des particules du matériau à tamiser, conformément à une spécification d'essai au tamis normalisé.

NOTE – Dans l'essai Lc décrit dans cette norme, le terme «poussière» inclut aussi le «sable».

4 Essai La: poussière fine non abrasive

4.1 Méthode La1: pression d'air cyclique

4.1.1 Objet

L'objet de cet essai est de déterminer le degré de protection contre la pénétration de poussière fine dans les produits électrotechniques.

4.1.2 Description générale

La méthode La1 est un essai à la poussière au cours duquel le spécimen est exposé à un flux d'air chargé de poussière composée d'une poudre non abrasive ayant une granulométrie inférieure à 75 μm (voir 4.3). L'essai ne simule pas des environnements naturels ou induits.

Il est spécifié que l'essai doit être effectué dans un flux d'air vertical dirigé de haut en bas.

Pour les enveloppes d'une catégorie spécifique, la pression dans la chambre d'essai est soumise à des variations cycliques afin de favoriser la pénétration de la poudre.

4.1.3 Description de l'appareillage d'essai

La chambre d'essai doit permettre l'exposition du spécimen à un flux d'air essentiellement vertical et non laminaire contenant une quantité spécifiée de poussière d'essai. A cette fin, la poudre d'essai doit être agitée et insufflée dans une chambre d'essai hermétique. Il doit être possible de réaliser des cycles de variation de pression à l'intérieur de la chambre d'essai, conformément aux prescriptions de 4.1.4.6.

La poussière déposée dans le bas de la chambre d'essai doit être remise en circulation.

3.3 humidity: Relative humidity is defined as the ratio of the actual vapour pressure in the air at any temperature to the maximum of saturation vapour pressure at the same temperature.

3.4 hygroscopic: Having a tendency to absorb moisture.

3.5 particle size: General dimension of the dust and sand particles based on the premise that the particles are spheres; commonly measured by sieving, by calculating settling velocities, or by determining areas of microscopic images.

3.6 sand: Grains vary from spherical to angular whose size lies between 100 µm and 2 000 µm, but for environmental testing, the range is usually restricted from 150 µm to 850 µm (see note to 3.7).

3.7 sieve (square-meshed): Intended for the particle size analysis of the material to be sieved, which conforms to a test sieve standard specification.

NOTE – In test Lc of this standard the word "dust" has been used to include "sand".

4 Test La: non-abrasive fine dust

4.1 Method La1: cyclic air pressure

4.1.1 Object

The object of this test is to determine the degree of protection against ingress of fine dust into electrotechnical products.

4.1.2 General description

Method La1 is a dust test in which the specimen is exposed to a dust-laden air flow containing non-abrasive powder of particle size <75 µm (see 4.3). The test does not simulate natural or induced environments.

A vertical air flow downwards is specified for the test.

For enclosures of a specific category the pressure in the dust chamber is varied cyclically in order to encourage the ingress of powder.

4.1.3 Description of test apparatus

The test chamber shall expose the test specimen to a mainly vertical, non-laminar air flow containing a specified quantity of test dust. For this purpose, the test dust shall be agitated and blown into a sealed chamber. It shall be possible to cycle the chamber pressure as required by 4.1.4.6.

Dust settled in the base of the test chamber shall be brought back into circulation.

Le volume du spécimen ne doit pas être supérieur à 25 % du volume de la chambre d'essai et la surface de sa base ne doit pas être supérieure à 50 % à celle de l'espace horizontal de travail de la chambre d'essai.

Si la taille du spécimen n'est pas conforme à cette norme, la spécification particulière doit préciser laquelle des procédures suivantes est à appliquer:

- a) essai de parties du produit munies d'enveloppes individuelles;
- b) essai de parties représentatives du produit comportant des éléments tels que portes, ouïes de ventilation, joints, paliers, etc., en liaison avec des parties vulnérables du produit telles que bornes, bagues collectrices, etc., en place lors des essais;
- c) essai de produits de même forme mais à une échelle réduite.

Un exemple d'appareillage d'essai approprié est donné à la figure 3.

4.1.4 Conditions d'essai

4.1.4.1 Poussière d'essai

La poussière d'essai consiste en une poudre sèche à grains fins non abrasive capable de traverser un tamis à mailles carrées dont le diamètre nominal des fils est de 50 µm et la distance nominale entre fils est de 75 µm.

Le talc peut être utilisé pour cet essai car son analyse montre qu'il répond à ces prescriptions (voir 4.3.4.2).

La poussière d'essai ne doit pas être utilisée pour plus de 20 essais. Il convient de veiller à maintenir sèche la poudre d'essai pendant son utilisation de façon à conserver sa fine granulométrie. Avant utilisation, la poudre d'essai doit être séchée en la soumettant à une température de 80 °C pendant 2 h.

4.1.4.2 Concentration en poussière

La quantité de poussière utilisée au cours de l'essai doit être telle que la répartition obtenue sur la surface de référence de la chambre soit uniforme: $(600 \pm 200) \text{ g/m}^2/\text{h}$.

4.1.4.3 Flux d'air

Le flux d'air dans la chambre d'essai doit être essentiellement vertical, dirigé de haut en bas et il est recommandé qu'il ne soit pas laminaire.

4.1.4.4 Vitesse d'écoulement de l'air

La vitesse d'écoulement de l'air doit permettre de générer une répartition homogène de la poussière dans la chambre d'essai.

4.1.4.5 Humidité

Le taux d'humidité relative dans la chambre d'essai doit être inférieur à 25 %. Cela peut être obtenu par élévation de la température de l'air de la chambre d'essai (voir l'article A.3).

The volume of the specimen shall be no more than 25 % of the test chamber volume and its base shall be no more than 50 % of the horizontal working space surface of the test chamber.

If the size of the specimen does not comply with this standard, the relevant specification shall prescribe which of the following procedures shall be applied:

- a) testing of individually enclosed sections of the product;
- b) testing of representative parts of the product comprising components such as doors, ventilating openings, seats, shaft seals etc, with the delicate parts of the product such as terminals, collector rings etc, in position at the time of testing;
- c) testing of smaller products having the same design details as full scale products.

An example of a suitable test apparatus is given in figure 3.

4.1.4 *Test conditions*

4.1.4.1 *Test dust*

The test dust consists of dry fine-granular non-abrasive powder which shall be able to pass through a square-meshed sieve with a nominal wire diameter of 50 µm and a nominal width between wires of 75 µm.

Talc can be used for this test as analysis shows that it meets these requirements (see 4.3.4.2).

The test dust shall not be used for more than 20 tests. Care should be taken to keep the powder dry to maintain its fine granularity. It shall be dried by heating for 2 h at +80 °C before use.

4.1.4.2 *Dust concentration*

The quantity of test dust used for the test shall be sufficient to obtain a uniform deposition on the reference surface in the chamber of (600 ± 200) g/m²/h.

4.1.4.3 *Air flow*

The air flow in the test chamber shall be mainly vertical from top to bottom and it should not be laminar.

4.1.4.4 *Air velocity*

The air velocity shall give the possibility to generate a homogeneous distribution of the dust in the test chamber.

4.1.4.5 *Humidity*

The relative humidity in the test chamber shall be less than 25 %. This may be achieved by raising the test chamber air temperature. (see clause A.3).

4.1.4.6 *Pression d'air à l'intérieur du spécimen*

Il existe deux catégories différentes d'enveloppes de spécimens selon les conditions particulières de fonctionnement.

Catégorie 1: enveloppes dans lesquelles il peut y avoir une pression d'air interne différente de la pression atmosphérique ambiante provoquée, par exemple par les effets de cycles thermiques au cours du fonctionnement.

Catégorie 2: enveloppes dans lesquelles la pression de l'air interne est identique à la pression atmosphérique ambiante.

La spécification particulière doit prescrire la catégorie d'enveloppe ainsi que la réduction de pression.

4.1.4.6.1 Un spécimen ayant une enveloppe de catégorie 1 doit être introduit dans la chambre d'essai et installé dans sa position normale de fonctionnement. Il doit être soumis aux cycles de pression comme spécifié à la figure 2. La pression doit être abaissée de 2 kPa (20 mbar) ou de 5 kPa (50 mbar) au-dessous de la pression atmosphérique ambiante, comme prescrit dans la spécification particulière.

La poussière doit être injectée pendant chaque cycle comme le montre la figure 2.

4.1.4.6.2 Un spécimen ayant une enveloppe de catégorie 2 doit être introduit dans la chambre d'essai et installé dans sa position normale de fonctionnement. Dans ce cas, la pompe à vide ne doit pas fonctionner.

4.1.4.7 *Sévérités*

La sévérité de l'essai, définie par la pression de l'air dans la chambre et par la durée de l'essai, en fonction de la catégorie d'enveloppe (voir 4.1.4.6), doit être prescrite par la spécification particulière.

Catégorie 1: réduction de 2 kPa (20 mbar) ou de 5 kPa (50 mbar) pendant 2 h, comme prescrit par la spécification particulière.

Catégorie 2: pression atmosphérique pendant 4 h.

4.1.5 *Préconditionnement*

La spécification particulière peut prescrire un préconditionnement.

4.1.6 *Mesure initiales*

Le spécimen doit être soumis aux vérifications visuelles, dimensionnelles et fonctionnelles prescrites par la spécification particulière.

4.1.7 *Epreuve*

L'air de la chambre d'essai doit être à une température suffisamment élevée pour assurer une humidité relative inférieure ou égale à 25 %. Le spécimen étant à la température ambiante du laboratoire doit être introduit dans la chambre d'essai, sans emballage, hors tension, prêt à être utilisé et dans sa position normale de fonctionnement ou dans toute autre position prescrite par la spécification particulière. Dans le cas de plusieurs spécimens, ceux-ci ne doivent pas être en contact les uns avec les autres et ne doivent pas se protéger mutuellement contre l'influence de la poussière.

4.1.4.6 *Air pressure in the specimen*

Depending on the operating conditions there are two different categories of specimen enclosures.

Category 1: enclosures where an air pressure different from the environmental atmospheric air pressure may occur, for example caused by thermal cycling effects during operation.

Category 2: Enclosures where the air pressure is that of the ambient air pressure.

The relevant specification shall state the category of the enclosure and the pressure reduction.

4.1.4.6.1 A specimen with a category 1 enclosure shall be introduced into the test chamber and mounted in its normal operating position. It shall be submitted to periods of reduced pressure specified in figure 2. The pressure reduction below ambient shall be 2 kPa (20 mbar) or 5 kPa (50 mbar), as prescribed in the relevant specification.

The dust shall be injected during each single cycle as shown in figure 2.

4.1.4.6.2 A specimen with a category 2 enclosure shall be introduced into the test chamber and mounted in its normal operating position. The vacuum pump shall not be operating in such a case.

4.1.4.7 *Severities*

The test severity defined by air pressure in the chamber and duration of test, depending on the category of enclosure (see 4.1.4.6) shall be prescribed by the relevant specification.

Category 1: pressure reduction of 2 kPa (20 mbar) or 5 kPa (50 mbar), as required by the relevant specification, for a duration of 2 h.

Category 2: atmospheric pressure for a duration of 4 h.

4.1.5 *Preconditioning*

The relevant specification may call for a preconditioning.

4.1.6 *Initial measurements*

The specimen shall be submitted to visual, dimensional and functional checks prescribed by the relevant specification.

4.1.7 *Testing*

The test chamber air shall be at a temperature high enough to ensure a relative humidity of 25 % or less. The specimen, while being at the ambient temperature of the laboratory, shall be introduced into the test chamber in the unpacked, switched-off, "ready for use" state, in its normal operating position or as otherwise specified in the relevant specification. In the case of multiple specimens, care shall be taken that the specimens neither touch each other nor shield each other against the influence of dust.

La spécification particulière peut demander la mise sous tension et/ou le fonctionnement du spécimen pendant l'épreuve.

La poussière doit être introduite dans la chambre de façon que la concentration prescrite soit maintenue pendant le temps spécifié pour l'injection (catégorie 1) ou tout au long de la durée de l'épreuve (catégorie 2).

A la fin de l'épreuve, le spécimen doit rester dans la chambre d'essai fermée jusqu'à ce que la poussière se soit déposée complètement.

4.1.8 *Mesures intermédiaires*

La spécification particulière peut exiger l'exécution de mesures pendant ou à la fin de l'épreuve, alors que le spécimen se trouve encore dans la chambre d'essai. Si de telles mesures sont prescrites, la spécification particulière doit définir le type de mesures ainsi que le ou les délais à l'issue duquel/desquels elles doivent être effectuées.

4.1.9 *Reprise*

Sauf prescription contraire de la spécification particulière, le spécimen doit rester sous les conditions atmosphériques normales pendant une période de 2 h, pour la reprise.

4.1.10 *Nettoyage*

La spécification particulière peut prescrire le retrait de la poussière de la surface externe du spécimen avant qu'il ne soit procédé aux mesures finales.

4.1.11 *Mesures finales*

Le spécimen doit être soumis aux vérifications visuelles, dimensionnelles et fonctionnelles prescrites par la spécification particulière.

4.1.12 *Renseignements que doit fournir la spécification particulière*

Lorsque cet essai est inclus dans une spécification particulière, les détails suivants doivent être donnés, dans la mesure où ils sont applicables.

La spécification particulière doit donner les renseignements requis dans les paragraphes cités ci-après, en faisant particulièrement attention aux points repérés par un astérisque (*) car ce renseignement doit toujours être donné.

The relevant specification may call for the specimen to be switched on and/or operated during the test.

Dust shall be introduced into the chamber so that the specified concentration is maintained during the time specified for injection (category 1) or throughout the test duration (category 2).

At the end of the conditioning, the specimen shall remain in the closed test chamber until the dust has settled.

4.1.8 *Intermediate measurements*

The relevant specification may call for measurements during or at the end of conditioning while the specimen is still in the test chamber. If such measurements are required, the relevant specification shall define the measurements and the period or periods after which they shall be carried out.

4.1.9 *Recovery*

Unless otherwise required by the relevant specification, the specimen shall remain under standard atmospheric conditions for recovery for 2 h.

4.1.10 *Cleaning*

The relevant specification may prescribe removal of external surface dust to be carried out prior to final measurements.

4.1.11 *Final measurements*

After recovery the specimen shall be submitted to visual, dimensional and functional checks prescribed by the relevant specification.

4.1.12 *Information to be given in the relevant specification*

When this test is included in the relevant specification, the following details shall be given, in so far as they are applicable.

The relevant specification shall supply information as required in the subclauses listed below, paying particular attention to the items marked with an asterisk (*) as this information is always required.

	Paragraphe
a) Procédure à appliquer si la taille du spécimen n'est pas conforme à cette norme	4.1.3
b) Catégorie de l'enveloppe et réduction de pression*	4.1.4.6
c) Sévérités*	4.1.4.7
– pression de l'air dans la chambre*	
– durée de l'essai*	
d) Préconditionnement	4.1.5
e) Mesures initiales*	4.1.6
f) Etat de spécimen, application d'une charge électrique ou mise en fonctionnement pendant l'essai	4.1.7
g) Position du spécimen, si autre que normale	4.1.7
h) Mesures intermédiaires	4.1.8
i) Reprise	4.1.9
j) Nettoyage du spécimen	4.1.10
k) Mesures finales*	4.1.11

4.2 Méthode La2: pression d'air constante

4.2.1 Objet

L'objet de cet essai est de déterminer le degré de protection contre la pénétration de poussière fine dans les produits électrotechniques.

4.2.2 Description générale

La méthode La2 est un essai d'étanchéité à la poussière au cours duquel le spécimen est exposé à un flux d'air chargé fortement en poussière composée d'une poudre non abrasive ayant une granulométrie inférieure à 75 µm. L'essai ne simule pas des environnements naturels ou induits.

Il est spécifié que l'essai doit être effectué dans un flux d'air vertical dirigé de haut en bas.

Les enveloppes d'une catégorie spécifiée sont soumises à l'essai sous une pression d'air interne inférieure à la pression atmosphérique ambiante afin de favoriser la pénétration de la poudre.

La quantité spécifiée de poudre d'essai garantit que la concentration en poussière est extrêmement élevée et homogène. Aucun dispositif spécial de contrôle de la concentration de poussière n'est spécifié.

4.2.3 Description de l'appareillage

La chambre d'essai doit permettre d'exposer le spécimen d'essai à un flux d'air essentiellement vertical et non laminaire contenant une quantité donnée de poussière d'essai. A cette fin, la poudre sera agitée et insufflée dans une chambre d'essai hermétique. Si cela est prescrit par la spécification particulière, l'air est aspiré hors du spécimen à l'aide d'une pompe à vide pour permettre à l'air de la chambre chargé en poussière de pénétrer par les interstices, les canons, etc. La réduction de pression doit être réglable et contrôlée. Le débit d'aspiration doit être mesuré.

	Subclause
a) Procedure to apply if the size of the specimen does not comply with this standard	4.1.3
b) Category of enclosure and pressure reduction*	4.1.4.6
c) Severities*	4.1.4.7
– air pressure in the chamber*	
– duration of test*	
d) Preconditioning	4.1.5
e) Initial measurements*	4.1.6
f) State of specimen, electric loading or operating during testing*	4.1.7
g) Position of the specimen if different from the normal operating position	4.1.7
h) Intermediate measurements	4.1.8
i) Recovery	4.1.9
j) Cleaning of the specimen	4.1.10
k) Final measurement*	4.1.11

4.2 Method La2: constant air pressure

4.2.1 Object

The object of this test is to determine the degree of protection against ingress of fine dust into electrotechnical products.

4.2.2 General description

Method La2 is a dust tightness test in which the specimen is exposed to a heavily dust-laden air flow containing non-abrasive powder of particle size $<75\ \mu\text{m}$. The test does not simulate natural or induced environments.

A vertical downwards air flow is specified for the test.

Enclosures of a specified category are tested with the internal air pressure lower than the surrounding atmospheric air pressure in order to encourage the ingress of powder.

The specified quantity of powder ensures that the dust concentration is extremely high and uniform. No means for monitoring the dust density is specified.

4.2.3 Description of test apparatus

The test chamber shall expose the test specimen to a mainly vertical, downwards non-laminar air flow containing a specified quantity of test dust. For this purpose the powder will be agitated and blown into a sealed test chamber. Air will, if prescribed by the relevant specification, be extracted from the specimen by a vacuum pump to enable the dust-laden test chamber air to penetrate through gaps, bushings or the like into the specimen. The pressure reduction shall be adjustable and shall be monitored. The extraction rate shall be measured.

La poussière déposée dans la chambre d'essai doit être remise en circulation.

Le volume du spécimen ne doit pas être supérieur à 25 % du volume de la chambre d'essai et la surface de sa base ne doit pas être supérieure à 50 % de celle de l'espace horizontal de travail de la chambre d'essai.

Si la taille du spécimen n'est pas conforme à cette norme, une des procédures suivantes doit être appliquée, selon les prescriptions de la spécification particulière:

- a) essai de parties du produit munies d'enveloppes individuelles;
- b) essai de parties représentatives du produit comportant des éléments tels que portes, ouïes de ventilation, joints, paliers, etc., en liaison avec des parties vulnérables du matériel telles que bornes, bagues collectrices, etc., en place lors des essais;
- c) essai de produits de même forme mais à une échelle réduite.

Un exemple d'appareillage d'essai approprié est donné à la figure 4.

4.2.4 Conditions d'essai

4.2.4.1 Poussière d'essai

La poussière d'essai est identique à celle prescrite en 4.1.4.1 pour la méthode La1.

4.2.4.2 Concentration de poussière

La quantité de poussière utilisée pour l'essai doit être au moins égale à 2 kg par mètre cube de volume de la chambre d'essai.

4.2.4.3 Flux d'air

Le flux d'air dans la chambre d'essai doit être essentiellement vertical, dirigé de haut en bas, et il est recommandé qu'il ne soit pas laminaire.

4.2.4.4 Vitesse d'écoulement de l'air

La vitesse d'écoulement de l'air doit permettre de générer une répartition homogène de la poussière dans la chambre d'essai.

4.2.4.5 Humidité

Le taux d'humidité relative dans la chambre d'essai doit être inférieur à 25 %. Cela peut être obtenu par élévation de la température de l'air de la chambre d'essai (voir l'article A.3).

4.2.4.6 Pression d'air à l'intérieur du spécimen

Il existe deux catégories différentes d'enveloppes de spécimen selon les conditions particulières de fonctionnement.

Catégorie 1: enveloppes dans lesquelles la pression de l'air peut être différente de la pression atmosphérique ambiante; cette différence de pression peut être provoquée, par exemple, par les effets de cycles thermiques en cours d'utilisation.

Catégorie 2: enveloppes dans lesquelles la pression de l'air interne est identique à la pression atmosphérique ambiante.

Dust settled in the test chamber shall be brought back into circulation.

The volume of the specimen shall be no more than 25 % of the test chamber volume, and its base shall be no more than 50 % of the horizontal working space surface of the test chamber.

If the size of the specimen does not comply with this standard, one of the following procedures shall be applied as prescribed by the relevant specification:

- a) testing of individually enclosed sections of the product;
- b) testing of representative parts of the products comprising components such as doors, ventilating openings, seats, shaft seals etc, with the delicate parts of the product such as terminals, collector rings etc. in position at the time of testing;
- c) testing of smaller products having the same design details as full-scale products.

An example of a suitable test apparatus is given in figure 4.

4.2.4 *Test conditions*

4.2.4.1 *Test dust*

The test dust is identical to that prescribed in 4.1.4.1 for method La1.

4.2.4.2 *Dust concentration*

The quantity of test dust used for the test shall be at least 2 kg per cubic metre test chamber volume.

4.2.4.3 *Air flow*

The air flow in the test chamber shall be mainly vertical from top to bottom and it should not be laminar.

4.2.4.4 *Air velocity*

The air velocity shall give the possibility to generate a homogeneous distribution of the dust in the test chamber.

4.2.4.5 *Humidity*

The relative humidity in the test chamber shall be less than 25 %. This may be achieved by raising the test chamber air temperature (see clause A.3).

4.2.4.6 *Air pressure in the specimen*

Depending on the operating conditions there are two different categories of specimen enclosures.

Category 1: enclosures where an air pressure different from the environmental atmospheric air pressure may occur, for example caused by thermal cycling effects during operation.

Category 2: enclosures where the air pressure is that of the ambient air pressure.

La spécification particulière doit prescrire la catégorie d'enveloppe ainsi que la réduction de pression.

4.2.4.6.1 Un spécimen ayant une enveloppe de catégorie 1 doit être introduit dans la chambre d'essai et installé dans sa position normale de fonctionnement. Il doit alors être raccordé à une pompe à vide qui maintient la pression de l'air à l'intérieur du spécimen à une valeur inférieure à celle de la pression atmosphérique ambiante. A cette fin, il convient de pratiquer un perçage approprié dans l'enveloppe. Si l'enveloppe comporte déjà un trou de vidange d'eau de condensation, la canalisation à vide doit être raccordée à ce trou. Dans ce cas, on ne doit pas percer de trou spécial pour l'essai. Si l'enveloppe comporte plus d'un trou de vidange, la canalisation à vide doit être raccordée à l'un d'entre eux et les autres doivent être occultés hermétiquement pendant l'essai.

4.2.4.6.2 Un spécimen ayant une enveloppe de catégorie 2 doit être introduit dans la chambre d'essai et installé dans sa position normale de fonctionnement. Toutes les ouïes normales pratiquées dans l'enveloppe doivent rester ouvertes.

4.2.4.7 *Sévérités*

La sévérité de l'essai, définie par la pression de l'air et par la durée de l'essai, en fonction de la catégorie d'enveloppe (voir 4.2.4.6), doit être prescrite par la spécification particulière.

Catégorie 1

Pression de l'air:

- 2 kPa (20 mbar), 5 kPa (50 mbar) ou 10 kPa (100 mbar).

Durée d'essai:

- Si, à la dépression maximale prescrite par la spécification particulière, le débit de l'air est inférieur à 40 volumes par heure, l'essai doit être poursuivi jusqu'à ce que 80 volumes aient été aspirés, ou qu'une période de 8 h se soit écoulée.
- Si un débit d'air de 40 à 60 volumes par heure est atteint, la durée d'essai est de 2 h.

Le but de cet essai est d'extraire du spécimen un volume d'air correspondant à au moins 80 fois le volume d'air libre à l'intérieur de l'enveloppe du spécimen. Cependant, le débit d'extraction ne doit à aucun moment excéder 60 volumes par heure.

Catégorie 2

Pression de l'air:

- pression d'air normale

Durée d'essai:

- 8 h

4.2.5 *Préconditionnement*

La spécification particulière peut prescrire un préconditionnement.

4.2.6 *Mesures initiales*

Le spécimen doit être soumis aux vérifications visuelles, dimensionnelles et fonctionnelles prescrites par la spécification particulière.

The relevant specification shall state the category of the enclosure and the pressure reduction.

4.2.4.6.1 A specimen with a category 1 enclosure shall be introduced into the test chamber and mounted in its normal operating position. It shall then be connected to a vacuum pump which maintains the air pressure inside the specimen below atmospheric air pressure. For this purpose, a suitable hole in the enclosure should be provided. If there is already a drain hole for condensed water in the walls of the enclosure, the vacuum pipe shall be connected to this hole. No special hole for the test shall be drilled in this case. If there is more than one drain hole in the walls of the enclosure, the vacuum pipe shall be connected to one of them and the others shall be sealed during the test.

4.2.4.6.2 A specimen with a category 2 enclosure shall be introduced into the test chamber and mounted in its normal operating position. All ordinary openings in the enclosure shall be left open.

4.2.4.7 *Severities*

The severity defined by the air pressure and by duration of test, depending on the category of enclosure (see 4.2.4.6) shall be prescribed by the relevant specification.

Category 1

Air pressure:

- 2 kPa (20 mbar), 5 kPa (50 mbar) or 10 kPa (100 mbar).

Duration of the test

- if, with the maximum reduced pressure stated in the relevant specification, the rate of air flow is less than 40 volumes per hour, the test shall be continued until 80 volumes have been drawn through, or a period of 8 h has elapsed.
- if a rate of air flow of 40 to 60 volumes per hour is attained, the duration is 2 h.

The object of the test is to extract from the specimen a volume of air corresponding to at least 80 times the free volume of air inside the enclosure of the specimen. However, the rate of extraction shall at no time exceed 60 volumes per hour.

Category 2

Air pressure:

- normal air pressure

Duration of the test:

- 8 h

4.2.5 *Preconditioning*

The relevant specification may call for preconditioning.

4.2.6 *Initial measurements*

The specimen shall be submitted to visual, dimensional and functional checks prescribed by the relevant specification.

4.2.7 *Epreuve*

L'air de la chambre d'essai doit être à une température suffisamment élevée pour assurer une humidité relative inférieure ou égale à 25 %. Le spécimen étant à la température ambiante du laboratoire doit être introduit dans la chambre d'essai, sans emballage, hors tension, prêt à être utilisé et dans sa position normale de fonctionnement ou dans toute autre position prescrite par la spécification particulière. Dans le cas de plusieurs spécimens, ceux-ci ne doivent pas être en contact les uns avec les autres et ne doivent pas se protéger mutuellement contre l'influence de la poussière.

La spécification particulière peut demander la mise sous tension et/ou le fonctionnement du spécimen pendant l'essai.

Après avoir placé le spécimen dans la chambre d'essai, la pompe à vide doit être raccordée et mise sous tension, si nécessaire (catégorie 1).

L'épreuve commence par l'injection de la poussière d'essai.

A la fin de l'épreuve, la pompe à vide doit être mise hors tension (catégorie 1) et le spécimen doit rester dans la chambre d'essai fermée jusqu'à sédimentation complète de la poussière.

4.2.8 *Mesures intermédiaires*

La spécification particulière peut exiger l'exécution de mesures pendant ou à la fin de l'épreuve alors que le spécimen se trouve encore dans la chambre d'essai. Si de telles mesures sont prescrites, la spécification particulière doit définir le type de mesure ainsi que le ou les détail(s) à l'issue duquel/desquels elles doivent être effectuées.

4.2.9 *Reprise*

Sauf prescription contraire de la spécification particulière, le spécimen doit rester sous les conditions atmosphériques normales pour une période de 2 h, pour la reprise.

4.2.10 *Nettoyage*

La spécification particulière peut prescrire le retrait de la poussière de la surface externe du spécimen avant qu'il ne soit procédé aux mesures finales.

4.2.11 *Mesures finales*

Le spécimen doit être soumis aux vérifications visuelles, dimensionnelles et fonctionnelles prescrites par la spécification particulière.

4.2.12 *Renseignements à fournir dans la spécification particulière*

Lorsque cet essai est inclus dans une spécification particulière, les détails suivants doivent être donnés, dans la mesure où ils sont applicables. La spécification particulière doit donner les renseignements (voir la CEI 68-5-1, article 11) requis dans les paragraphes cités ci-après, en faisant particulièrement attention aux points repérés par un astérisque (*) car ce renseignement doit toujours être donné.

4.2.7 *Testing*

The test chamber air shall be at a temperature high enough to ensure a relative humidity of 25 % or less. The specimen, while being at the ambient temperature of the laboratory, shall be introduced into the test chamber in the unpacked, switched-off, "ready for use" state, in its normal operating position or as otherwise specified by the relevant specification. In the case of multiple specimens care shall be taken that the specimens neither touch each other nor shield each other against the influence of dust.

The relevant specification may call for the specimen to be switched on and/or operated during the test.

When the specimen has been introduced into the test chamber, the vacuum pump shall be connected and switched on if this applies (category 1).

The testing begins by injecting the test dust.

At the end of the conditioning the vacuum pump shall be switched off (category 1) and the specimen shall remain in the closed test chamber until the dust has settled.

4.2.8 *Intermediate measurements*

The relevant specification may call for measurements during or at the end of the conditioning while the specimen is still in the test chamber. If such measurements are required, the relevant specification shall define the measurements and the period or periods after which they shall be carried out.

4.2.9 *Recovery*

Unless otherwise required by the relevant specification, the specimen shall remain under standard atmospheric conditions for recovery for 2 h.

4.2.10 *Cleaning*

The relevant specification may prescribe removal of external surface dust to be carried out prior to final measurements.

4.2.11 *Final measurements*

After recovery, the specimen shall be submitted to visual, dimensional and functional checks prescribed by the relevant specification.

4.2.12 *Information to be given in the relevant specification*

When this test is included in the relevant specification, the following details shall be given, insofar as they are applicable. The relevant specification shall supply information (see IEC 68-5-1 clause 11) as required in the subclauses listed below, paying particular attention to the items marked with an asterisk(*) as this information is always required.

	Paragraphe
a) Création d'une réduction de pression à l'intérieur du spécimen	4.2.3
b) Procédure à appliquer si la taille du spécimen n'est pas conforme à cette norme	4.2.3
c) Catégorie de l'enveloppe et réduction de pression*	4.2.4.6
d) Sévérités*	4.2.4.7
– pression de l'air*	
– durée de l'essai*	
e) Préconditionnement	4.2.5
f) Mesures initiales*	4.2.6
g) Etat de spécimen, application d'une charge électrique ou mise en fonctionnement pendant l'essai*	4.2.7
h) Position du spécimen, si autre que la position normale de fonctionnement	4.2.7
i) Mesures intermédiaires	4.2.8
j) Reprise	4.2.9
k) Nettoyage du spécimen	4.2.10
l) Mesures finales*	4.2.11

4.3 Guide pour l'essai La

4.3.1 Méthodes de vérification du degré de protection contre la pénétration de poussière dans les produits électrotechniques

Les deux paramètres principaux des méthodes d'essai sont:

- a) l'utilisation d'un air fortement chargé en poussière non abrasive autour du spécimen, et
- b) la simulation de variations de pression à l'entour ou à l'intérieur du spécimen.

On doit insister sur le fait que les méthodes décrites sont conçues pour des essais d'étanchéité et ne sont ni prévues, ni appropriées pour la simulation d'un quelconque environnement naturel de poussière.

La philosophie de base et les méthodes pour réaliser les conditions d'essai sont décrites et des alternatives concernant les poussières d'essai sont examinées.

En outre, le niveau de sévérité et les facteurs affectant la reproductibilité y sont décrits, ainsi que certains commentaires pour l'interprétation des résultats et les précautions à prendre.

L'appareillage d'essai pour la méthode La2, décrit en 4.3.3.3, est identique à celui de l'essai d'étanchéité à la poussière de la CEI 529.

4.3.2 Philosophie de base pour l'essai La, poussière fine non abrasive

4.3.2.1 Considérations générales

Le but des essais exécutés conformément à la méthode d'essai La est de déterminer le degré de protection procuré par les enveloppes contre la pénétration de la poussière fine dans les produits électrotechniques.

	Subclause
a) Creation of a vacuum inside the specimen	4.2.3
b) Procedure to be applied if the size of the specimen does not comply with this standard	4.2.3
c) Category of enclosure and pressure reduction*	4.2.4.6
d) Severities*	4.2.4.7
– air pressure*	
– duration of the test*	
e) Preconditioning	4.2.5
f) Initial measurements*	4.2.6
g) State of specimen, electric loading or operation during testing	4.2.7
h) Position of the specimen, if other than the normal operating position	4.2.7
i) Intermediate measurements	4.2.8
j) Recovery	4.2.9
k) Cleaning	4.2.10
l) Final measurements*	4.2.11

4.3 Guidance for test La

4.3.1 *Methods of verification of the degree of protection against ingress of dust into electrotechnical products*

The two main parameters of the test methods are:

- a) a heavily non-abrasive dust laden air surrounding the specimen;
- b) simulated pressure changes, relative to ambient surroundings or within the specimen.

It shall be emphasised that the described methods are designed as tightness tests, and are neither intended, nor suitable for simulation of any natural dust environment.

Basic philosophy and methods of generating the test conditions are described and alternatives for test dust are discussed.

Furthermore, severity and factors affecting reproducibility are described, and some comments to interpretation of results and safety precautions are given.

The test apparatus for method La2, described in 4.3.3.3 is identical to the test apparatus for the dust tightness test specified in IEC 529.

4.3.2 *Basic philosophy behind test La, non-abrasive fine dust test*

4.3.2.1 *General*

The purpose of tests carried out in accordance with test La is to determine the degree of protection offered by enclosures against ingress of fine dust into electrotechnical products.

Les essais exécutés conformément à la méthode La sont réalisés pour vérifier, en premier lieu, l'étanchéité du spécimen et, en deuxième lieu, les effets nocifs de toute poussière qui pénètre à l'intérieur du spécimen. En outre les risques et les dangers provoqués par la poussière pénétrant à l'intérieur du spécimen peuvent être vérifiés par la présente méthode d'essai.

Les risques et les dangers résultant de la présence de poussière dans les produits électrotechniques peuvent être des chocs électriques provoqués par la poussière conductrice ou des incendies et des explosions dues à de la poussière combustible.

Pour permettre l'analyse des exigences et des limitations de la méthode d'essai, certaines considérations sur l'origine de la poussière, ses actions et ses effets sont développés ci-après.

4.3.2.2 Sources de la poussière

La poussière présente à l'entour des produits électrotechniques provient de plusieurs sources. Ce peut être du quartz, du charbon, des sels de dégivrage, des engrais pénétrant dans les produits par les ouvertures de ventilation ou les interstices des enveloppes.

La poussière peut également être constituée de petites fibres de coton ou de laine, naturelles ou artificielles, provenant de tissus ou de tapis utilisés dans les pièces d'habitation ou les bureaux.

La poussière peut avoir d'autres sources telles que le grain stocké dans des granges ou la farine produite dans des moulins.

La granulométrie varie de quelque fractions de 1 µm à environ 100 µm.

4.3.2.3 Actions et effets de la poussière

4.3.2.3.1 Pénétration

La pénétration de la poussière dans un spécimen peut se produire comme suit. Elle peut être:

- introduite à l'intérieur par circulation forcée de l'air, par exemple, pour un refroidissement;
- introduite par l'effet du changement de température de l'air;
- aspirée à l'intérieur par des variations de la pression atmosphérique causées par des changements de température;
- insufflée par le vent.

4.3.2.3.2 Effets primaires

La poussière elle-même peut avoir un ou plusieurs des effets nocifs suivants:

- a) grippage des pièces mobiles;
- b) abrasion des pièces mobiles;
- c) augmentation de la masse des parties mobiles provoquant, de ce fait, leur déséquilibre;

Tests carried out in accordance with test La are primarily carried out in order to verify the dust tightness of the specimen, and secondarily to verify harmful effects of any dust penetrating into the specimen. Also safety and hazard effects of dust penetrating into the specimen can be verified by this dust test method.

Safety and hazard effects arising from dust in electrotechnical products may be electric shocks generated by conductive dust, or fire and explosions caused by combustible dust.

To analyze the requirements and limitations to the test method some reflections on dust sources, actions and effects are made in the following sub-clauses.

4.3.2.2 *Sources of dust*

The dust appearing in the surroundings of electrotechnical products is generated by several sources. The dust may be quartz, coal, deicing salts, fertilizers for example penetrating into the products, for instance through ventilating holes or leaking enclosures.

The dust may also be small fibres from cotton or wool, real or artificial, generated from cloth or carpets by normal use in living rooms and offices.

Other sources are dust from seeds in barns, or flour being ground in mills.

The particle size varies from fractions of a 1 µm to the order of 100 µm.

4.3.2.3 *Actions and effects of dust*

4.3.2.3.1 Penetration

Penetration of dust into a specimen can occur as follows. It can be:

- carried in by forced air circulation, for example for cooling purposes;
- carried in by thermal motion of the air;
- pumped in by variations in the atmospheric pressure caused by temperature changes;
- blown in by wind.

4.3.2.3.2 Primary effects

The dust itself can have one or more of the following harmful effects:

- a) seizure of moving parts;
- b) abrasion of moving parts;
- c) adding mass to moving parts thereby causing unbalance;

- d) détérioration des isolations électriques;
- e) détérioration des propriétés diélectriques;
- f) encrassement des filtres à air;
- g) réduction de la conductivité thermique;
- h) interférence sur les caractéristiques optiques.

4.3.2.3.3 Effets secondaires et combinés

La présence de poussière, en association avec d'autres paramètres d'environnement, peut avoir des effets nocifs sur le spécimen, par exemple corrosion et formation de moisissures. En particulier, un environnement de chaleur humide combiné avec de la poussière chimiquement agressive provoque une corrosion. De plus, des filtres encrassés et d'autres réductions de ventilation ou de refroidissement peuvent entraîner des surchauffes et des risques de feu.

Une recherche sur les effets de poussières non conductrices et corrosives comme les sels de dégivrage peut être menée à l'aide d'un essai qui utilise de la poussière d'essai mélangée à un matériau agressif, suivi d'un essai de chaleur humide.

Toutefois, dans le but d'obtenir des résultats reproductibles, il convient de scinder l'investigation en un essai de poussière, en utilisant une poussière neutre, suivi d'un essai normalisé de corrosion.

Afin d'étudier des effets provoqués par les matériaux hygroscopiques, des fibres de coton peuvent être mélangées à la poussière d'essai et on peut faire suivre l'essai de poussière d'un essai de corrosion.

4.3.2.4 Essai de vérification de l'étanchéité à la poussière

4.3.2.4.1 Mouvement de l'air à l'intérieur du spécimen

Si l'on considère les phénomènes qui favorisent la pénétration de la poussière dans le spécimen (voir 4.3.2.1), on peut noter qu'un mouvement d'air de l'extérieur vers l'intérieur, ou à l'intérieur et à l'extérieur du spécimen est nécessaire pour la méthode d'essai.

Le mouvement de l'air peut être réalisé en faisant fonctionner le spécimen de façon continue ou par intermittence, selon les conditions d'utilisation prévues lors de sa construction (voir 4.3.2.5) ou en créant un courant d'air à l'aide d'un ventilateur. Le mouvement de l'air peut également être créé par une variation continue ou cyclique de la pression à l'intérieur du spécimen par rapport à la pression atmosphérique, en utilisant un système de pression d'air.

La dernière possibilité a été choisie pour la présente méthode d'essai, car son but est principalement de vérifier l'étanchéité et de maintenir un degré élevé de reproductibilité. C'est aussi une manière relativement simple de créer un mouvement d'air mais, dans certains cas, cela peut compliquer l'interprétation des résultats d'essai (voir 4.3.8).

4.3.2.4.2 Concentration en poussière à l'intérieur de la chambre

Le but de la méthode d'essai est de vérifier l'étanchéité du spécimen et non de simuler les conditions d'empoussièrement dans lesquelles le spécimen est destiné à fonctionner.

- d) deterioration of electric insulation;
- e) deterioration of dielectric properties;
- f) clogging of air filters;
- g) reduction of thermal conductivity;
- h) interference with optical characteristics.

4.3.2.3.3 Secondary and combined effects

The presence of dust, in combination with other environmental parameters, can have harmful effects on the specimen, for example corrosion and mould growth. Especially, a damp heat environment in connection with chemically aggressive dust causes corrosion. Furthermore, clogged filters and other reductions of ventilation or cooling may cause over-heating and fire hazard.

Investigation of the effects of non-conducting and corrosive dusts, for example de-icing salts can be carried out by a dust test using test dust mixed with the actual aggressive material, followed by a damp heat test.

However, in order to maintain reproducibility, dividing the investigation into a dust test using a neutral dust, followed by a standardized corrosion test should be considered.

In order to investigate effects caused by hygroscopic dust material, cotton linters may be mixed into the test dust, and follow the dust test by a corrosion test.

4.3.2.4 *Test for verification of tightness against dust*

4.3.2.4.1 Movement of air into the specimen

Looking at the mechanisms which support penetration of dust into the specimen (see 4.3.2.1), it can be seen that an air movement into, or in and out of the specimen is needed for the test method.

The air movement can be accomplished by operating the specimen continuously or intermittently depending on its construction, (see 4.3.2.5), or by creating a stream of air with a fan. The air movement can also be created by a continuous or cyclic air pressure change in the specimen, relative to ambient, using an air pressure system.

The latter way has been selected for the present method, as the object is to verify dust tightness primarily, and to maintain a high degree of reproducibility. It is also a relatively simple way to create the air movement. It can, in some cases, complicate interpretation of the tests results (see 4.3.8).

4.3.2.4.2 The chamber dust concentration

The purpose of the test method is to verify the dust tightness of the specimen and not to simulate the dust conditions in which the specimen is intended to operate.

En conséquence, les exigences concernant l'environnement de poussière de la chambre ne sont données que pour permettre la création autour du spécimen d'un volume d'air fortement chargé en poussière. La concentration en poussière doit être très élevée comparée aux concentrations trouvées dans les conditions normales de fonctionnement soit réelles, soit artificielles, afin de permettre l'introduction d'une quantité importante de poussière pour détecter la pénétration de poussière.

A titre d'information, le taux de dépôt de poussière de la présente méthode d'essai (qui ne doit pas être contrôlé) est approximativement égal à 10^4 fois le taux de dépôt de poussière mentionné dans la méthode d'essai Lb.

4.3.2.4.3 Pression constante par rapport à la pression cyclique

La méthode d'essai La à la poussière non abrasive fait appel à la simulation d'une différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur du spécimen.

Dans la méthode La1, la différence de pression est cyclique et réalisée par la variation de pression de la chambre.

Dans la méthode La2, la différence de pression est constante et obtenue en raccordant une pompe à vide au spécimen.

Les avantages de la méthode La1 sont les suivants:

- la différence de pression est cyclique comme on le trouve normalement dans les conditions de fonctionnement;
- la pression cyclique n'a pas tendance à encrasser des ouvertures comme on peut l'observer lors de l'utilisation de la pression constante;
- étant donné que la pression cyclique est établie par variation de pression de la chambre, l'intégrité du spécimen n'est pas nécessaire et, de ce fait, aucun doute n'est possible lors du choix d'une ouverture existante pour le raccordement de la pompe.

L'avantage de la méthode La2 est le suivant:

- cette méthode est reconnue par de nombreux laboratoires d'essai et elle est utilisée dans d'autres publications de la CEI.

4.3.2.4.4 Choix de la granulométrie

L'essai d'évaluation de l'étanchéité d'un spécimen à la poussière peut être exécuté avec de la poussière de n'importe quelle nature. La principale exigence concerne le choix de la distribution granulométrique qui doit contenir des particules des plus petites dimensions existant présentées sur les lieux de fonctionnement. Seules des poussières en matériaux tendres sont nécessaires pour détecter l'étanchéité d'un spécimen. La raison de ce choix est de protéger le spécimen contre l'abrasion.

4.3.2.5 *Etat opérationnel du spécimen pendant l'épreuve*

L'état opérationnel du spécimen d'essai peut affecter la pénétration de la poussière, selon le type et les caractéristiques du spécimen.

L'effet de pompage provoqué par un spécimen dissipant de l'énergie et ne possédant pas d'ouverture est simulé par le système de pression d'air de la chambre. Par conséquent, le spécimen peut être mis hors tension pendant l'épreuve.

Consequently, the requirement of the chamber dust environment is only to establish a heavily dust laden volume of air surrounding the specimen. The dust concentration shall be very high compared with concentrations found under actual operational conditions either natural or man made, in order to get an ample amount of dust to facilitate investigation of dust ingress.

For information, the dust deposit rate of the present test method, (which shall not be monitored) is approximately 10^4 times the dust deposit rate of the free settling dust test method Lb.

4.3.2.4.3 Constant versus cyclic pressure

The present non-abrasive dust test La calls for a simulated pressure difference between the exterior and the interior of the specimen.

In the method La1 the pressure difference is cyclic and established by variation of the chamber pressure.

In the Method La2 the pressure difference is constant and established by connecting a vacuum pump to the specimen.

The advantages of method La1 are:

- the pressure difference is cyclic as normally found under operational conditions;
- the cyclic pressure does not tend to clog leakages with the test dust as observed when using constant pressure;
- as the cyclic pressure is established by variation of the chamber pressure, the integrity of the specimen is not affected, and further, no doubt arises in selecting an existing hole for the pump connection.

The advantage of method La2 is:

- the method La2 is recognized by many test laboratories and well-established in other IEC publications.

4.3.2.4.4 Selection of dust particle size

For evaluation of the dust tightness of a specimen, the test may be carried out with dust material of any kind. The major requirement is the particle size distribution which shall contain the smallest particle sizes found in actual operation locations. Only a soft material is needed to detect the tightness of a specimen. The reason to choose a soft material is to protect the specimen against abrasive effects.

4.3.2.5 *Operational state of the specimen during conditioning*

The operational state of the test specimen can affect dust penetration, depending on the type and characteristics of the specimen.

The pumping effect of a heat generating specimen of closed construction is simulated by the chamber air pressure system and therefore, the specimen can be in the switched off condition during conditioning.

L'ajustement de parties mobiles, comme par exemple les arbres de moteur et les boutons-poussoirs, peut être affecté par leur mouvement et, par conséquent, le spécimen doit être essayé en fonctionnement.

La présente méthode d'essai n'est pas appropriée pour l'essai de spécimens possédant des ouvertures comme, par exemple, des spécimens refroidis par convection forcée ou par convection naturelle, par l'intermédiaire d'ouïes de ventilation, puisque la concentration en poussière de la chambre est trop élevée pour permettre une interprétation raisonnable des résultats.

4.3.3 Méthodes de réalisation des conditions d'essai

4.3.3.1 Exigences générales

Des exigences générales relatives aux paramètres suivants doivent être remplies dans le but de créer des conditions d'essai reproductibles:

- a) concentration en poussière;
- b) homogénéité de la concentration en poussière;
- c) température;
- d) humidité relative;
- e) accumulation de charges électrostatiques;
- f) simulation de la pression de l'air;
- g) caractéristiques de la poussière.

Les paramètres a) à f) découlent de la conception même de l'appareillage d'essai. Des lignes directrices sur la conception d'un appareillage d'essai sont données en 4.3.3.2 et en 4.3.3.3. Des lignes directrices sur le choix de la poussière d'essai sont fournies en 4.3.4.

4.3.3.2 Appareillage d'essai pour la méthode La1 (pression d'air cyclique)

4.3.3.2.1 Chambre d'essai

Un exemple de chambre d'essai appropriée est donné à la figure 3. Il est conseillé que la surface interne de la chambre soit électriquement conductrice et reliée à la terre pour éviter la formation de charges électrostatiques. Si l'étude des effets des charges électrostatiques sur la pénétration de poussière dans le spécimen fait l'objet d'un essai, le spécimen doit être chargé en fonction de cette chambre.

L'humidité se contrôle plus aisément en augmentant la température de la chambre d'essai. Pour établir des conditions isothermiques à l'intérieur de la chambre, il suffit d'utiliser une chambre composée d'une chambre interne en aluminium, entourée d'une chambre en matériau d'isolation thermique. L'air, dont le réchauffage est contrôlé, circule entre les deux chambres. Des plaques guides d'air, montées dans l'espace situé entre les deux chambres, ont pour effet de répartir le flux d'air de façon régulière. Le principe est identique à celui d'une chambre à variation libre de température.

Le fait de faire varier la pression de la chambre d'essai entraîne la création d'une pression d'air cyclique appliquée au spécimen. Cela exige que la chambre d'essai soit étanche à l'air et ait une robustesse suffisante pour supporter la pression spécifiée (voir 4.3.3.2.3).

Sealing of moving parts, for example motor shafts and push-buttons may be affected by the movement, and the specimen shall consequently be tested in the operational state.

The present dust test method is not suitable for testing specimens of open construction, for example specimens with open forced air cooling and specimens with ventilation openings for convection cooling, as the chamber dust concentration is too high to give reasonable interpretation of the results.

4.3.3 *Methods of generating the test conditions*

4.3.3.1 *General requirements*

General requirements of the following parameters shall be fulfilled in order to generate reproducible test conditions:

- a) dust concentration;
- b) uniformity of dust distribution;
- c) temperature;
- d) relative humidity;
- e) electrostatic charge build-up;
- f) the simulated air pressure to the specimen;
- g) dust characteristics

The parameters a) to f) are controlled by the design of the test apparatus. Guidance on design of the test apparatus is found in 4.3.3.2 and 4.3.3.3. Guidance on selection of the test dust is found in 4.3.4.

4.3.3.2 *Test apparatus for Method La1 (cyclic air pressure)*

4.3.3.2.1 *The test chamber*

An example of a suitable test chamber is shown in figure 3. It is advised that the inner surface of the chamber is electrically conductive and grounded to avoid electrostatic charge build up. If electrostatic effects on the dust penetration into the specimen is the object of a test, the specimen has to be charged relative to the chamber.

The humidity is most conveniently controlled by raising the test chamber temperature. One way to establish isothermal conditions inside the chamber is a design consisting of an inner chamber made of aluminium, surrounded by an outer chamber made of thermal insulating material. Controlled heated air is circulated in the space between the inner and outer chamber. Air guide plates are situated in this space in order to distribute the steam of air evenly. The principle is equal to that of a free field temperature chamber.

The cyclic air pressure action on the specimen is established by variation of the test chamber pressure. That requires an air tight construction of adequate strength to withstand the specified pressure. (see 4.3.3.2.3).

4.3.3.2.2 Système d'injection de poussière

Le système d'injection de poussière doit être capable de maintenir une suspension uniforme de poussière d'une densité appropriée à l'intérieur de la chambre d'essai. Cette fonction peut être réalisée en utilisant un convoyeur à vis sans fin pour faire circuler la poussière du bas jusqu'au haut de la chambre. La densité de la poussière peut être contrôlée par la vitesse du convoyeur à vis. Un dispositif de brassage pour guider la poussière vers le convoyeur peut être nécessaire selon la forme du bas de la chambre et l'aptitude de la poussière à rester en suspension. L'homogénéité de la poussière en suspension peut être contrôlée par un ventilateur placé horizontalement à la sortie du convoyeur à vis.

4.3.3.2.3 Système de pression d'air cyclique

Une pression d'air cyclique doit être appliquée au spécimen afin de simuler les variations naturelles de la pression et de permettre l'introduction de la poussière à l'intérieur du spécimen.

La pression d'air cyclique est réalisée par la variation cyclique de la pression de la chambre d'essai.

L'essai de pression cyclique consiste en l'application à l'intérieur de la chambre d'une phase de basse pression suivie d'une phase à la pression atmosphérique ambiante.

L'essai cyclique produit un échange d'air de l'extérieur vers l'intérieur du spécimen pendant la phase de pressurisation (c'est-à-dire celle du retour à la pression ambiante).

L'avantage de la réalisation de la variation de pression par variation de la pression de la chambre plutôt que par variation de la pression à l'intérieur du spécimen est de conserver l'intégrité du spécimen (voir 4.3.2.4.3).

4.3.3.3 Appareillage d'essai pour la méthode La2 (pression d'air constante)

L'appareillage d'essai pour la méthode La2 est identique à celui décrit dans la CEI 529.

Cet essai consiste à placer le spécimen dans une chambre appropriée fermée dans laquelle du talc est maintenu en suspension par un courant d'air à vitesse élevée. La pression de l'air à l'intérieur du spécimen est maintenue à une pression constante inférieure à la pression atmosphérique. La durée de l'essai dépend en partie de la dimension du spécimen et en partie des fuites totales du spécimen qui déterminent le volume d'air échangé.

Les exigences et les caractéristiques principales de l'appareillage d'essai sont décrites dans les paragraphes ci-dessous.

4.3.3.3.1 Chambre d'essai

La figure 4 donne un exemple de chambre d'essai appropriée. Des conseils pour la construction d'une chambre d'essai permettant de maintenir la reproductibilité de la température, de l'humidité relative et de l'accumulation des charges électrostatiques sont donnés en 4.3.3.2.1.