

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60068-2-68

Première édition
First edition
1994-08

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION

Essais d'environnement –

Partie 2-68:

Essais – Essai L: Poussière et sable

Environmental testing –

Part 2-68:

Tests – Test L: Dust and sand



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60068-2-68:1994



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 1993 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60068-2-68

Première édition
First edition
1994-08

BASIC SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Essais d'environnement –

Partie 2-68:

Essais – Essai L: Poussière et sable

Environmental testing –

Part 2-68:

Tests – Test L: Dust and sand



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XB

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

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.

Elle a le statut d'une publication fondamentale de sécurité conformément au Guide CEI 104.

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 subcommittee 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.

It has the status of a basic safety publication in accordance with IEC Guide 104.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-2-68:1994

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-2-68:1994

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 $<75 \mu\text{m}$ (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 quelques 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.

4.3.3.2.2 The dust injection system

The dust injection system shall be able to maintain a uniform suspension of dust with adequate density in the test chamber. This function can be realized using a screw conveyor to transport the dust from the bottom of the chamber to the top. The dust density can be controlled by the speed of the screw conveyor. Depending on the shape of the chamber bottom and the floating properties of the dust, a mixing device may be needed to guide the dust to the inlet of the screw conveyor. The uniformity of the suspended dust can be controlled by a fan placed horizontally at the outlet of the screw conveyor.

4.3.3.2.3 The cyclic air pressure system

Cyclic air pressure shall be introduced to the specimen in order to simulate natural pressure variations and consequently increase the possibility of penetration of dust into the specimen.

The cyclic air pressure is established by cyclic variation of the test chamber pressure.

A test pressure cycle consists of a low pressure phase followed by an ambient pressure phase inside the chamber.

The test cycle introduces an exchange of air from the outside to the inside of the specimen during the pressurization phase (i.e. return to ambient pressure).

The advantage of performing the pressure variation by changing the chamber pressure instead of changing the internal pressure of the specimen is keeping the integrity of the specimen (see 4.3.2.4.3).

4.3.3.3 Test apparatus for method La2 (constant air pressure)

The constant air pressure test apparatus for method La2 is identical to the test apparatus described in IEC 529.

The test consists in placing the specimen in a suitable closed chamber in which talc is kept in suspension by a high velocity air stream. The air pressure inside the specimen is kept at a constant pressure below the ambient pressure. The test duration depends partly on the size of the specimen, partly on total leakage of the specimen, which determine the volume of air being exchanged.

The requirements and main features of the test apparatus are described in the following subclauses.

4.3.3.3.1 The test chamber

An example of a suitable test chamber is shown in figure 4. Advice on the construction of the test chamber in order to maintain reproducibility of temperature, relative humidity and electrical charge build up, is given in 4.3.3.2.1.

4.3.3.3.2 Système d'injection de poussière

Le système d'injection de poussière doit être capable de maintenir une suspension homogène de poussière d'une concentration convenable à l'intérieur de la chambre d'essai. Cette fonction est réalisée en utilisant un système d'air en circuit fermé comprenant un ventilateur pour permettre la circulation de la poussière. Un système pour réaliser un dépôt uniforme de poussière est nécessaire. Il peut consister en un deuxième ventilateur installé au sommet de la chambre. Cette fonction peut être également réalisée par l'utilisation d'un convoyeur ou d'un système à vis sans fin et d'un ventilateur, comme décrit en 4.3.3.2.2.

4.3.3.3.3 Système de pression d'air constante

La pression d'air constante appliquée au spécimen est obtenue en raccordant une pompe à vide au spécimen lui-même. Cela peut, dans certains cas, porter atteinte à l'intégrité du spécimen lorsque le perçage d'un trou dans l'enveloppe est nécessaire (voir 4.3.2.4.3).

4.3.4 Poussière d'essai

Le talc est prescrit comme poussière normalisée pour l'essai d'évaluation de l'étanchéité à la poussière d'un spécimen mais cet essai peut être réalisé avec un matériau de poussière de n'importe quel type.

La principale exigence concerne la distribution granulométrique qui doit contenir des particules des plus petites dimensions existantes présentes sur les lieux réels de fonctionnement. En différents lieux, on observe une moyenne de 35 % en masse de particules ayant une granulométrie inférieure à 1 μm . Seules des poussières en matériaux tendres sont nécessaires pour détecter l'étanchéité d'un spécimen. La raison de ce choix est la protection du spécimen contre l'abrasion.

4.3.4.1 Composition de la poussière

Cinq caractéristiques revêtent une importance particulière lors de la sélection de la catégorie de poussière pour l'essai:

- a) la disponibilité;
- b) la dureté;
- c) le degré hygroscopique;
- d) l'inactivité chimique;
- e) les risques pour la santé.

Une poussière facilement disponible pour l'essai La est le talc. Le talc est un silicate de magnésium ayant une dureté de 1 sur l'échelle de Mohs; c'est un des minéraux les plus tendres. Le talc est hautement hygroscopique, ce qui exige son séchage avant emploi afin d'éviter l'agglomération des particules de poussière. Pour la même raison, l'essai de poussière doit être exécuté à température élevée pour maintenir un taux d'humidité relative à l'intérieur de la chambre d'essai à une valeur inférieure à 25 %. Le talc est chimiquement inactif.

4.3.3.3.2 The dust injection system

The dust injection system shall be able to maintain a uniform suspension of dust with adequate concentration in the test chamber. This function is realized using an air loop system including a fan to circulate the dust. Means to establish a uniform dust deposit is needed and may be a secondary fan at the top of the chamber. The function can also be realized, using a screw conveyor system and a fan as described in 4.3.3.2.2.

4.3.3.3.3 The constant air pressure system

The constant air pressure action to the specimen is established by connecting a vacuum pump to the specimen itself. This may in some cases interfere with the integrity of the specimen when drilling a hole in the enclosure is necessary (see 4.3.2.4.3).

4.3.4 Test dust

For evaluation of the dust tightness of a specimen, talc is specified as the standard dust but the test may be performed 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. An average of 35 % by weight less than 1 μm is observed in various 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.

4.3.4.1 Composition of the dust

Five characteristics are of importance when selecting the grade of dust for the test:

- a) availability;
- b) hardness;
- c) hygroscopicity;
- d) chemical inactivity;
- e) health hazard.

One readily available dust material for test La is talc. Talc is a magnesium silicate with a hardness of 1 on the Mohs scale, one of the softest minerals. Talc is highly hygroscopic which requires drying of the material before use for test in order to avoid agglomeration of the dust particles. For the same reason, the dust test shall be performed at elevated temperature to keep the relative humidity in the test chamber at least below 25 %. Talc is chemically inactive.

Un autre type de poussière que l'on peut utiliser pour l'essai La est de la poudre auto-extinguible (FE). Cette poudre est constituée de granulés de sodium (NaHCO_3) ou d'hydrocarbonate de potassium (KHCO_3) enrobés d'un stéarate métallique. Elle a l'avantage d'être de faible degré hygroscopique à cause du lien étroit existant entre les particules de poudre, ce qui lui permet également de s'écouler très facilement. L'inconvénient de la poudre FE est que certains des matériaux qui la constituent sont chimiquement agressifs, ce qui peut nuire au spécimen s'il est exposé à une humidité élevée après l'essai de poussière. Il est donc conseillé de se renseigner auprès du fabricant de la poudre FE à ce sujet. Cette poudre FE a une dureté d'environ 3 sur l'échelle de Mohs.

Les aspects de risques pour la santé sont traités dans l'article A.5.

4.3.4.2 Distribution granulométrique

La norme fait appel à une poussière d'essai qui doit être capable de passer à travers un tamis à mailles carrés dont le diamètre nominal des fils est de 50 μm et la distance nominale entre fils de 75 μm . L'analyse optique d'un talc classique a donné la distribution granulométrique suivante:

- inférieure à 63 μm	100	% en masse;
- inférieure à 40 μm	45	% en masse;
- inférieure à 20 μm	9	% en masse;
- inférieure à 10 μm	0,9	% en masse;
- inférieure à 5 μm	<0,2	% en masse.

Pour la poudre FE on trouve la distribution granulométrique suivante:

- inférieure à 85 μm	100	% en masse;
- inférieure à 40 μm	26	% en masse;
- inférieure à 20 μm	5	% en masse;
- inférieure à 10 μm	0,7	% en masse;
- inférieure à 5 μm	<0,2	% en masse.

On peut remarquer que les deux poudres contiennent des petites particules en très faible quantité (moins de 0,2 % inférieure à 5 μm). Cette faible quantité nécessite des investigations supplémentaires car la poussière naturelle contient une quantité élevée de particules de granulométrie inférieure.

Cependant, pendant la recirculation, le talc est broyé et, de ce fait, la quantité de petites particules augmente. Cela se produit après deux recirculations de la poussière d'essai.

Il existe plusieurs méthodes pour mesurer la distribution granulométrique. Certaines sont fondées sur l'analyse optique d'un échantillon de poussière.

4.3.5 Sévérités de l'essai

4.3.5.1 Méthode La1

La sévérité de la méthode La 1 est proportionnelle à la durée de l'épreuve (nombre de cycles de pression) et à la différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur du spécimen.

Another dust material for test La is fire extinguishing (FE) powder. FE powder consists of granulated sodium hydrogencarbonate (NaHCO_3) or potassium hydrogencarbonate (KHCO_3) coated with a metallic stearate. It has the advantage of being low hygroscopic caused by a sealing of the powder particles, which also makes the FE powder very easy flowing. The disadvantage of FE powder is that some FE powder materials are chemically aggressive, which may be harmful to the specimen if exposed to high humidity after the dust test. It is consequently advised to consult the manufacturer of FE powder concerning that matter. The FE powder has a hardness of approximately 3 on the Mohs scale.

Health hazard aspects are dealt with in clause A.5.

4.3.4.2 Particle size distribution

The test specification calls for a test dust which shall be able to pass through a square meshed sieve whose nominal wire diameter is $50\text{ }\mu\text{m}$ and the nominal width between wires is $75\text{ }\mu\text{m}$. Optical analysis of a typical talc has given the following particle size distribution:

- smaller than $63\text{ }\mu\text{m}$	100	% by weight;
- smaller than $40\text{ }\mu\text{m}$	45	% by weight;
- smaller than $20\text{ }\mu\text{m}$	9	% by weight;
- smaller than $10\text{ }\mu\text{m}$	0,9	% by weight;
- smaller than $5\text{ }\mu\text{m}$	less than 0,2	% by weight.

The following particle size distribution was found for a FE powder:

- smaller than $85\text{ }\mu\text{m}$	100	% by weight;
- smaller than $40\text{ }\mu\text{m}$	26	% by weight;
- smaller than $20\text{ }\mu\text{m}$	5	% by weight;
- smaller than $10\text{ }\mu\text{m}$	0,7	% by weight;
- smaller than $5\text{ }\mu\text{m}$	less than 0,2	% by weight.

It can be seen that both powders have a very low content of small particles, (less than 0,2 % smaller than $5\text{ }\mu\text{m}$) which calls for further investigations as natural dust contains high amounts below that particle size.

Talc will, however, during recirculating be ground down and will therefore contain a larger content of small particles when the test dust has been recirculated a couple of times.

For measuring of the particle size distribution several methods are available. Some are based on optical analysis of a sample of dust.

4.3.5 Severities of the test

4.3.5.1 Method La1

The severity of method La1 is proportional to the duration of the conditioning (number of pressure cycles) and the pressure difference between the exterior and the interior of the specimen.

La sévérité peut être modifiée en choisissant des valeurs appropriées pour ces deux paramètres, mais il faut noter que la différence de pression maximale que l'on peut utiliser est limitée par la robustesse du spécimen et par la chambre.

4.3.5.2 *Méthode La2*

La sévérité de la méthode La2 est proportionnelle à la durée de l'épreuve et à la différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur du spécimen.

La sévérité peut être modifiée en choisissant des valeurs appropriées pour ces deux paramètres, mais il faut noter que la différence de pression maximale que l'on peut utiliser est limitée par la robustesse de spécimen.

4.3.5.3 *Sévérités spécifiées*

La durée de l'épreuve et la différence de pression sont déterminées par les caractéristiques du spécimen, qu'il soit de construction ouverte ou fermée.

4.3.6 *Reproductibilité de l'essai*

La reproductibilité de l'essai à la poussière fine non abrasive dépend des paramètres d'essai suivants:

- humidité relative;
- concentration en poussière;
- homogénéité de la poussière;
- caractéristiques de la poussière;
- simulation de la pression de l'air;
- durée de l'épreuve.

4.3.6.1 *Méthodes La1 et La2*

L'humidité relative est habituellement maintenue au-dessous de 25 % par élévation de la température afin d'éviter l'agglomération des particules de poussière. Dans les endroits à fort taux d'humidité relative, cette prescription peut nécessiter l'utilisation d'un système de déshumidification.

La concentration en poussière est extrêmement élevée et n'a donc, par conséquent, qu'une influence négligeable sur la reproductibilité.

L'homogénéité de la poussière a une grande influence sur la reproductibilité et beaucoup de soins doivent être apportés pour obtenir une bonne homogénéité de la poussière.

Les caractéristiques de la poussière ont une grande influence sur la reproductibilité. Particulièrement, la distribution granulométrique doit être vérifiée afin d'évaluer le contenu en particules de petites dimensions (voir 4.3.4.2).

La durée de l'épreuve ou le nombre de cycles de pression est très facile à reproduire.

The severity can be changed by selecting proper values of the two parameters, but the maximum practical pressure difference is limited by the strength of the specimen and the chamber.

4.3.5.2 *Method La2*

The severity of method La2 is proportional to the duration of the conditioning and the pressure difference between the exterior and the interior of the specimen.

The severity can be changed by selecting proper values of the two parameters, but the maximum practical pressure difference is limited by the strength of the specimen.

4.3.5.3 *Specified severities*

The duration of conditioning and the pressure difference are determined by the characteristics of the specimen, whether this is of closed or open construction.

4.3.6 *Reproducibility of the test*

The reproducibility of the non-abrasive fine dust test is dependent on the test parameters which are:

- relative humidity;
- dust concentration;
- dust uniformity;
- dust characteristics;
- simulated air pressure;
- duration of conditioning.

4.3.6.1 *Methods La1 and La2*

The relative humidity is normally kept below 25 % by raising the test temperature, in order to avoid agglomeration of the dust particles. In locations of high relative humidity, this requirement may necessitate the use of a dehumidifier system.

The dust concentration is extremely high and has consequently only a negligible influence on the reproducibility.

The dust uniformity has a high influence on the reproducibility and much care shall be taken to obtain a good dust uniformity.

The dust characteristics have a high influence on the reproducibility. In particular, the particle size distribution shall be checked in order to evaluate the content of small particle sizes (see 4.3.4.2).

The duration or number of pressure cycles has a high degree of reproducibility.

4.3.6.2 *Méthode La1*

La différence de pression est cyclique comme cela se produit normalement dans les conditions de fonctionnement.

La pression cyclique n'a pas tendance à provoquer un encrassement des ouvertures par la poussière comme on peut l'observer lors de l'utilisation de la pression constante.

Contrairement à la méthode La2, la pression cyclique étant obtenue par variation de la pression de la chambre, il n'est pas nécessaire de raccorder une pompe. De ce fait, l'intégrité du spécimen n'est pas affectée par le perçage d'un trou, s'il n'en existe pas, et il n'y a pas d'hésitation à avoir pour en choisir un s'il en existe plusieurs.

Ces facteurs contribuent à rendre élevée la reproductibilité de la méthode La1.

4.3.6.3 *Méthode La2*

La méthode La2 est reconnue par beaucoup de laboratoires et est utilisée dans d'autres publications de la CEI.

Cela ne compense pas en soi les désavantages de la méthode La2 en regard de la méthode La1 (voir 4.3.6.2).

D'autre part, le personnel qualifié qui réalise les essais est averti de ces désavantages et est capable de réaliser des essais reproductibles en conformité avec la méthode La2 spécifiée.

4.3.7 *Limites d'applicabilité de l'essai*

On doit insister sur le fait que la méthode décrite est conçue pour un essai d'étanchéité et n'est ni prévue ni adaptée pour simuler un quelconque environnement naturel de poussière.

Seul un matériau tendre est nécessaire pour tester l'étanchéité d'un spécimen. La raison de ce choix est la protection du spécimen contre l'abrasion.

En conséquence, aucun effet abrasif sur le spécimen ne peut être directement évalué à l'aide de la présente méthode d'essai.

4.3.8 *Interprétation des résultats*

L'interprétation des résultats de l'essai à la poussière fine non abrasive peut être quelque peu difficile, particulièrement pour interpréter les effets nocifs sur un spécimen dans lequel la poussière a pénétré. Dans ce qui suit, des lignes directrices sont données sur l'interprétation des résultats dans certains cas spéciaux.

4.3.8.1 *Aucune observation de pénétration de poussière*

Dans ce cas, l'interprétation du résultat est aisée.

4.3.8.2 *Observation d'une pénétration de poussière*

Dans ce cas, l'interprétation du résultat est plus difficile. L'ingénieur d'essai doit évaluer à la fois les effets nocifs sur le spécimen et les effets dangereux résultant de la pénétration de poussière.

4.3.6.2 *Method La1*

The pressure difference is cyclic as normally found under operational conditions.

The cyclic pressure does not tend to clog leakage paths by the dust as observed when using constant pressure.

Unlike method La2, the cyclic pressure is established by variation of the chamber pressure. The integrity of the specimen is not interfered with when drilling a hole for connection of the pump if needed, and no doubt arises in selecting an existing hole for the pump connection.

The said factors contribute to a high reproducibility of test method La1.

4.3.6.3 *Method La2*

Method La2 is recognized by many test laboratories and well established in other IEC publications.

This does not in itself balance the drawbacks of this method compared with method La1 (see 4.3.6.2).

On the other hand, skilled test personnel, aware of the said drawbacks, are able to perform reproducible tests in accordance with the specified method La2.

4.3.7 *Applicability limits of the test*

It is emphasized that the described method is designed as a tightness test, and is neither intended for, nor fit for simulation of any natural dust environment.

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.

Consequently no abrasive effects to the specimen can directly be evaluated using the test method.

4.3.8 *Interpretation of results*

The interpretation of test results of the non-abrasive fine dust test may be somewhat difficult, especially to interpret the harmful effect to a specimen into which dust has penetrated. In the following subclauses, guidance is given for interpretation of results in some special cases.

4.3.8.1 *No penetration of dust is observed*

Interpretation of the result of this case is easy.

4.3.8.2 *Penetration of dust has been observed*

In this case, the interpretation of result is more difficult. The test engineer has to evaluate the harmful effect to the specimen and also hazardous effects arising from the penetrated dust.

4.3.8.3 Effets nocifs sur le spécimen

La poussière peut entraîner un ou plusieurs des effets nocifs détaillés en 4.3.2.3.2 et 4.3.2.3.3 et il convient de les évaluer quand cela est approprié ou applicable.

5 Essai Lb: poussière en sédimentation libre

5.1 Objet

L'objet de cet essai est de déterminer les effets de la sédimentation libre de poussière fine sur les produits électrotechniques. Cet essai est applicable à la simulation d'environnements dans des locaux protégés et fermés sans procédé particulier d'émission de poussière et dans une atmosphère ayant une turbulence négligeable (par exemple, des pièces d'habitation, des bureaux, des laboratoires, des ateliers d'industrie légère, des entrepôts, etc.) et dans lesquels la poussière peut s'accumuler au cours d'une longue période.

5.2 Méthode Lb

5.2.1 Description générale

L'essai prévoit une faible concentration d'une poussière spécifiée injectée dans la chambre à intervalles réguliers et pouvant se déposer librement sur le spécimen. La vitesse de sédimentation est maintenue dans des limites spécifiées et le débit de l'air est pratiquement nul de façon à ne pas perturber la sédimentation de particules de poussières plus fines. La température de la chambre est portée à une valeur supérieure à celle de la température ambiante afin de maintenir un faible taux d'humidité relative.

5.2.2 Description de l'appareillage d'essai

L'appareillage d'essai consiste en une chambre d'essai ayant les caractéristiques suivantes:

- la surface horizontale de la chambre d'essai doit être suffisamment grande pour maintenir l'homogénéité de la sédimentation de la poussière sur le spécimen dans les limites spécifiées;
- la chambre d'essai doit être suffisamment haute pour maintenir pendant l'épreuve une vitesse proche de zéro autour du spécimen;
- la surface interne de la chambre doit être électriquement conductrice et reliée à la terre pour éviter l'accumulation de charges électrostatiques.
- le taux d'humidité relative dans la chambre d'essai doit être inférieur à 25 %. Cela peut être obtenu en élevant la température de l'air de la chambre d'essai (voir l'article A.3).

La poussière d'essai doit être injectée par la partie supérieure de la chambre suivant un flux d'air horizontal qui doit être suffisamment élevé pour produire un dépôt de poussière d'uniformité spécifiée sur le spécimen. Le flux d'air ne doit pas élever le débit de l'air au niveau du spécimen à une valeur supérieure à 0,2 m/s.

Le dépôt de poussière spécifique et son uniformité doivent être mesurés en plaçant horizontalement près du spécimen des plaques-échantillons appropriées. Les plaques doivent être pesées avant et après l'épreuve. La sédimentation spécifique de poussière sur la surface d'essai doit être de (6 ± 1) g/m² mesurée sur une période de 24 h.

4.3.8.3 *Harmful effects to the specimen*

Dust can have one or more of the harmful effects as detailed in 4.3.2.3.2 and 4.3.2.3.3 and these should be assessed where appropriate or applicable.

5 Test Lb: free settling dust

5.1 *Object*

The object of this test is to determine the effect of free settlement of fine dust on electro-technical products. The test is applicable for simulation of environments in sheltered and enclosed spaces without special dust emitting processes and with negligible air movements (for example living rooms, offices, laboratories, room for light industry, store rooms, etc.) where dust may accumulate over a long period.

5.2 *Method Lb*

5.2.1 *General description*

The test provides for a low concentration of a specified dust which is injected into the chamber at intervals and allowed to settle upon the specimen. The dust settlement rate is kept within specified limits, and the air velocity is kept near zero, so as not to interfere with the settlement of finer dust particles. The chamber temperature is raised above the ambient temperature in order to maintain a low relative humidity.

5.2.2 *Description of test apparatus*

The test apparatus consists of a test chamber with the following characteristics:

- the horizontal area of the chamber shall be big enough to maintain the uniformity of the dust settlement on the specimen within the specified limits;
- the chamber shall be high enough to maintain an air velocity around the specimen near zero during conditioning;
- the inner surface of the chamber shall be electrically conductive and grounded in order to avoid static charge build-up;
- 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).

The test dust shall be injected into the upper part of the chamber by means of a horizontal air flow which shall be high enough to diffuse the dust and produce a dust deposit of the specified uniformity on the specimen. The air flow when injecting dust shall not raise the air velocity at the specimen to more than 0,2 m/s.

The specific dust deposition and the uniformity shall be measured by placing suitable sample plates horizontally at positions near the specimen. The plates shall be weighed before and after conditioning. The specific dust deposition on the test area shall be (6 ± 1) g/m² measured over a period of 24 h.

Un exemple d'appareillage d'essai approprié est donné à la figure 5.

5.2.3 Poussière d'essai

La poussière d'essai est spécifiée en 6.1.4.1, variante 1, poussière fine.

D'autres poussières d'essai telles que des poussières d'essai composites (par exemple contenant des fibres de coton, de la terre ou du ciment) peuvent être envisagées pour des applications spécifiques. Celles-ci doivent, cependant, être soigneusement adaptées et un guide les concernant est donné dans l'annexe A.

Il n'est pas permis de réutiliser la poussière d'essai.

5.2.4 Sévérités

La sévérité de l'essai, définie par la durée de l'épreuve, doit être prescrite par la spécification particulière.

Durée: 1 jour
 3 jours
 10 jours
 30 jours

5.2.5 Préconditionnement

La spécification particulière peut prescrire un préconditionnement.

5.2.6 Mesure initiales

Le spécimen doit être soumis aux vérifications visuelles, dimensionnelles et fonctionnelles prescrites par la spécification particulière. Tous les éléments du spécimen susceptibles d'affecter les résultats de l'essai, tels que couvercles, joints ou filtres doivent être examinés afin de s'assurer que les instructions de la spécification particulière ont bien été respectées.

5.2.7 Epreuve

L'air de la chambre d'essai doit être à la température ambiante du laboratoire. Le spécimen doit être introduit dans la chambre soit déballé, hors tension et prêt à être utilisé, soit comme prescrit par la spécification particulière. S'il est exigé une position de montage spéciale, celle-ci doit être prescrite par la spécification particulière. La température de la chambre d'essai doit être portée à $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$. La vitesse de changement de température ne doit pas dépasser $0,1 ^\circ\text{C}$ par minute ou bien la chambre doit se stabiliser thermiquement pendant au moins 2 h. La poussière spécifiée doit alors être injectée dans la chambre pendant 1 min, suivie d'une période de 59 min pour la sédimentation de la poussière. La durée d'injection doit être réglée de façon à atteindre la valeur prescrite pour le dépôt.

A la fin de l'épreuve, la température de la chambre d'essai doit être abaissée jusqu'à ce qu'elle soit comprise dans les limites correspondant aux conditions atmosphériques normales spécifiées pour l'essai. La vitesse de changement de température ne doit pas excéder $1 ^\circ\text{C}$ par minute de moyenne sur une période maximale de 5 min. La chambre doit rester fermée pendant une période suffisante pour permettre à la poussière de se déposer afin de réduire les risques d'inhalation. Cela peut prendre 12 h.

An example of a suitable test apparatus is shown in figure 5.

5.2.3 *Test dust*

The test dust is specified in 6.1.4.1, variant 1, fine dust.

Other test dusts such as composite test dusts (for example containing linters, soil or cement) may be considered for specific applications. These shall however, be carefully tailored and guidance for that is given in annex A.

Re-use of the test dust is not permitted.

5.2.4 *Severities*

The severity as indicated by the duration of conditioning shall be given in the relevant specification.

Duration: 1 day
 3 days
 10 days
 30 days

5.2.5 *Preconditioning*

The relevant specification may call for preconditioning.

5.2.6 *Initial measurements*

The specimen shall be submitted to the visual, dimensional and functional checks prescribed by the relevant specification. All features of the specimen likely to affect the test results such as covers, sealings or filters shall be inspected to ensure that the instructions of the relevant specification have been followed.

5.2.7 *Testing*

The test chamber shall be at the ambient temperature of the laboratory. The specimen shall be introduced into the chamber either in the unpacked switched off, "ready for use" state, or as otherwise specified in the relevant specification. Where a specified mounting position is required, it shall be prescribed in the relevant specification. The temperature of the chamber shall be raised to $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$. The rate of change of temperature shall not exceed $0,1 ^\circ\text{C}$ per minute, or the chamber shall be allowed to stabilize thermally for at least 2 h. Then the specified dust shall be injected into the chamber for 1 min, followed by a period of 59 min for settling the dust. The period of injection shall be adjusted to produce the specified deposition rate.

Following conditioning the temperature of the chamber shall be lowered until it is within the limits for standard atmospheric conditions for testing. The rate of change of temperature shall not exceed $1 ^\circ\text{C}$ per minute averaged over a period of not more than five minutes. The chamber shall remain closed for a period sufficient to allow the dust to settle, to minimize the risk of dust inhalation. This may take up to 12 h.

5.2.8 *Mesure intermédiaires*

La spécification particulière peut prescrire l'exécution de mesures sur le spécimen pendant l'épreuve. Les mesures intermédiaires qui exigeraient le retrait du spécimen de la chambre ne sont pas autorisées.

5.2.9 *Reprise*

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

5.2.10 *Mesures finales*

Le spécimen doit être soumis aux vérifications visuelles, dimensionnelles et fonctionnelles prescrites par la spécification particulière. Une attention spéciale doit être portée aux dépôts de poussière, sur ou à l'intérieur du spécimen d'essai, qui peuvent entraîner une avarie ou un mauvais fonctionnement du spécimen.

5.2.11 *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.

	Paragraphe
a) Type de poussière, si autre que normalisé	5.2.3
b) Sévérité*	5.2.4
– durée de l'épreuve	
c) Préconditionnement	5.2.5
d) Mesures initiales*	5.2.6
e) Etat du spécimen au moment de l'introduction dans la chambre	5.2.7
f) Position de montage du spécimen, si autre que normale	5.2.7
g) Mesures intermédiaires	5.2.8
h) Reprise	5.2.9
i) Mesure finales*	5.2.10

5.3 *Guide pour l'essai Lb*

5.3.1 *Méthodes de simulation*

Ce paragraphe décrit les méthodes de simulation conçues pour étudier l'effet de la poussière en sédimentation libre sur les matériels et les composants.

La caractéristique principale de l'environnement à simuler est d'avoir une poussière fine car c'est celle que l'on trouve dans les locaux abrités et fermés, dans lesquels elle sédimente en l'absence de mouvements de l'air.

5.2.8 *Intermediate measurements*

The relevant specification may call for intermediate measurements of the specimen during conditioning. Intermediate measurements which would require removal of the specimen from the chamber are not permissible.

5.2.9 *Recovery*

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

5.2.10 *Final measurements*

The specimen shall be submitted to the visual, dimensional and functional checks prescribed by the relevant specification. Special attention shall be given to dust deposits on or inside the test specimen which may consequently lead to damage or malfunctioning of the specimen.

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

	Subclause
a) Type of dust, if other than standard	5.2.3
b) Severity*	5.2.4
– duration of the test	
c) Preconditioning	5.2.5
d) Initial measurements*	5.2.6
e) State of the specimen as introduced into chamber	5.2.7
f) Mounting position if different from that of the normal operating position	5.2.7
g) Intermediate measurements	5.2.8
h) Recovery	5.2.9
i) Final measurements*	5.2.10

5.3 *Guidance for test Lb*

5.3.1 *Methods of simulation*

This subclause describes methods of simulation designed to examine the effect of free settling dust on equipment and components.

The main characteristic of the environment to be simulated is fine dust as it appears in sheltered and enclosed locations, where the dust is settling without influence of air movements.

5.3.2 *Propriétés et effets de la poussière dans des locaux abrités et fermés*

5.3.2.1 *Sources de la poussière*

La poussière que l'on trouve dans les locaux abrités et fermés peut avoir différentes sources. Ce peut être, par exemple, du quartz, des sels de dégivrage, des engrais, qui pénètrent par les conduits de ventilation ou les fuites des fenêtres.

La poussière peut également être constituée de petites fibres de coton ou de laine, naturelles ou artificielles, provenant de tissus ou de tapis utilisés de façon normale dans les pièces d'habitation et 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 nature des matériaux et la distribution granulométrique diffèrent suivant le type de poussière. La caractéristique commune à toutes ces poussières est leur granulométrie maximale (voir 5.3.3.2 et 5.3.4.3).

5.3.2.2 *Actions et effets de la poussière*

Dans les locaux abrités et fermés où le mouvement de l'air est négligeable, les actions et les effets connus de la poussière sont les suivants.

5.3.2.2.1 *Sédimentation*

La sédimentation de la poussière sur le spécimen peut se produire selon quatre mécanismes différents:

- a) sédimentation en air stagnant;
- b) sédimentation sur les surfaces abritées;
- c) attraction par les forces électrostatiques;
- d) emprisonnement dans des ouvertures étroites.

Les mouvements de l'air tendent à retarder ou à inhiber la sédimentation de la poussière et doivent, par conséquent, être évités dans l'espace de travail d'une chambre d'essai.

L'emprisonnement dans les espaces étroits se produit dans les filtres des spécimens lors du refroidissement par convection forcée de l'air.

5.3.2.2.2 *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 dilatation thermique ou par variations de la pression atmosphérique causées par des changements de température.

5.3.2 *Properties and effects of dust in sheltered and enclosed locations*

5.3.2.1 *Sources of dust*

The dust appearing in closed or sheltered locations is generated by several sources. The dust may be for example quartz, de-icing salts or fertilizer, penetrating into the sheltered and enclosed locations, for instance through ventilating ducts or leaking windows.

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.

Materials and particle size distributions differ depending on the type of dust. Common to them is the maximum particle size (see 5.3.3.2 and 5.3.4.3).

5.3.2.2 *Actions and effects of dust*

In sheltered and enclosed locations with negligible air movement, the following actions and effects of dust are recognized.

5.3.2.2.1 *Settlement*

Settlement of dust on the specimen can occur due to four different mechanisms:

- a) settlement in stagnant air;
- b) settlement on sheltered surfaces;
- c) attraction by electrostatic forces;
- d) trapping in narrow openings.

Air movements tend to retard or inhibit the settlement of dust, and shall therefore be avoided in the work space of a test chamber.

Trapping in narrow spaces occurs in filters on specimens fitted with forced air-cooling devices.

5.3.2.2.2 *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 thermal expansion or variations in the atmospheric pressure caused by temperature changes.

5.3.2.2.3 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;
- 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.

5.3.2.2.4 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.

5.3.3 Philosophie de base pour l'essai L_b poussière en sédimentation

Pour couvrir tout le domaine des effets que la poussière peut avoir sur les spécimens, de nombreux paramètres doivent être pris en considération.

5.3.3.1 Lieux

Les environnements extérieurs de poussière comme, par exemple, les tempêtes de sable survenant dans les zones désertiques ou l'environnement local autour d'un véhicule roulant sur des routes poussiéreuses provoquent sur les spécimens des effets dus au mouvement de l'air qui diffèrent considérablement de ceux créés par la poussière dans des locaux abrités ou fermés.

5.3.3.2 Caractéristiques de la poussière

D'un lieu à un autre, il existe une différence importante des caractéristiques de la poussière.

Dans les locaux abrités et fermés, on peut trouver de la poussière de toute sorte, comme, par exemple, du quartz, de la farine, du ciment, des fibres organiques, etc.

La granulométrie et la distribution granulométrique varient également considérablement selon que l'on considère l'extérieur (véhicule se déplaçant) ou un lieu abrité. A l'extérieur, la granulométrie maximale tend à être plus élevée que dans des lieux abrités ou fermés du fait de l'effet de filtration de l'abri. La granulométrie maximale que l'on trouve dans les locaux abrités ou fermés est de l'ordre de 100 µm.

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

5.3.2.2.4 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 causes corrosion in connection with chemically aggressive dust. Furthermore, clogged filters and other reductions of ventilation or cooling may cause over-heating and fire hazard.

5.3.3 *Basic philosophy behind test Lb, free settling dust*

To cover the whole field of effects that dust may have on samples, numerous parameters shall be taken into consideration.

5.3.3.1 *Locations*

Outdoor dust environments, for example dust storms arising in desert locations, the local environment around a driving vehicle on dusty roads, create effects on specimens due to air movement, which differ considerably from the effects created by dust in sheltered or enclosed locations.

5.3.3.2 *Dust and sand characteristics*

A pronounced difference in the dust characteristics is present in the various locations.

In sheltered and enclosed locations dust materials of all kinds may be found, for example quartz, flour, cement, organic fibres, etc.

The particle size and particle size distribution also varies considerably depending on whether outdoor, driving vehicle or sheltered location is considered. In outdoor locations, the maximum grain size tends to be higher than in sheltered or enclosed locations due to the filtering effect of the shelter. The maximum grain size in sheltered or enclosed locations is in the order of 100 µm.

5.3.3.3 *Utilisation de la présente méthode pour d'autres lieux*

Les considérations énumérées ci-dessus ont conduit à décrire la présente méthode d'essai qui est principalement conçue pour vérifier l'effet de la poussière sur les spécimens placés dans des lieux abrités ou fermés.

Cependant, la méthode d'essai proposée peut également être utilisée dans certains cas pour vérifier les effets de la poussière sur des spécimens placés dans d'autres lieux.

Par exemple, cette méthode d'essai peut être utilisée pour vérifier la qualité d'un filtre à air placé à l'entrée d'un échantillonneur de pollution atmosphérique pour une utilisation en extérieur.

5.3.3.4 *Etat opérationnel du spécimen pendant l'épreuve*

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

L'emprisonnement de la poussière dans les espaces étroits se produit dans les filtres du spécimen à refroidissement par convection forcée. C'est pourquoi il convient de soumettre à l'épreuve un tel matériel en mettant sous tension le système de refroidissement de l'air.

La pénétration de la poussière se produit du fait de la dissipation calorifique du spécimen par les ouvertures de ventilation dans le cas de refroidissement par convection naturelle. Il convient, de préférence, de soumettre à l'épreuve un tel spécimen, sous tension.

Il convient de faire fonctionner par intermittence un spécimen de construction fermée dissipant de l'énergie afin d'obtenir un effet de pompage par recyclage thermique.

5.3.4 *Méthode de réalisation des conditions d'essai*

5.3.4.1 *Exigences générales*

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

- a) concentration de la poussière de sédimentation;
- b) homogénéité de la poussière de sédimentation;
- c) vitesse de l'air au niveau du spécimen;
- d) température;
- e) humidité relative;
- f) accumulation de charges électrostatiques;
- g) caractéristiques de la poussière.

Les paramètres a) à f) découlent de la conception même de l'appareillage d'essai. Les lignes directrices relatives à la conception d'un appareillage d'essai sont données en 5.3.4.2 et celles relatives aux choix de la poussière d'essai sont données en 5.3.4.3.

5.3.4.2 *Appareillage d'essai*

Dans ce qui suit, les phrases en italique sont extraites de la spécification de la méthode d'essai Lb décrite en 5.2.

5.3.3.3 *Use of this method for other locations*

The above considerations have resulted in this test method which is primarily designed to verify the effect of dust on samples placed in sheltered or enclosed locations.

However, the test method can also in some cases be used to verify dust effects on samples placed in other locations.

As an example, the test method can be used to verify the quality of an air filter placed in the inlet of an air pollution sampler for outdoor use.

5.3.3.4 *Operational state of the specimen during conditioning*

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

Trapping of dust in narrow spaces occurs in filters on specimens fitted with forced air cooling. Such equipment should therefore be conditioned with the air-cooling system switched on.

Penetration of dust occurs with heat-generating specimens with ventilating openings for convection cooling. Such specimens should preferably be tested in the switched on condition.

Heat generating specimens of closed construction should preferably be operated intermittently in order to obtain a pumping effect by thermal cycling.

5.3.4 *Method of generating the test conditions*

5.3.4.1 *General requirements*

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

- a) dust settling concentration;
- b) dust settling uniformity;
- c) air velocity at the specimen;
- d) temperature;
- e) relative humidity;
- f) electrostatic charge build-up;
- g) dust characteristics.

Parameters a) to f) are controlled by design of the test apparatus. Guidance on design of the test apparatus is found in 5.3.4.2. Guidance on selection of the test dust is found in 5.3.4.3.

5.3.4.2 *The test apparatus*

In the following, sentences in *italics* are quoted from the Lb test method specification described in 5.2.

L'appareillage d'essai est composé de deux parties principales:

- la chambre d'essai;
- le système d'injection de poussière.

5.3.4.2.1 Chambre d'essai

La surface horizontale de la chambre doit être suffisamment grande pour maintenir l'homogénéité de la sédimentation de la poussière sur le spécimen dans les limites spécifiées.

L'homogénéité de la sédimentation de la poussière est contrôlée par le système d'injection de poussière. Il est très difficile de concevoir un système d'injection de poussière qui puisse garantir une homogénéité sur la totalité de la surface horizontale de la chambre d'essai dans les limites spécifiées.

L'expérience a montré que la surface horizontale de la chambre d'essai doit être au moins égale à deux fois la surface horizontale du spécimen.

La chambre doit être suffisamment haute pour maintenir pendant l'épreuve une vitesse d'air proche de zéro autour du spécimen.

La valeur arbitrairement choisie proche de zéro est de 0,2 m/s. Afin d'éviter que le système d'injection de poussière ne provoque des mouvements d'air autour du spécimen, il est nécessaire de choisir une hauteur de chambre égale à quatre ou cinq fois la dimension horizontale la plus grande, si elles ne sont pas égales.

La surface interne de la chambre doit être électriquement conductrice et reliée à la terre pour éviter l'accumulation de charges électrostatiques.

Afin de contrôler l'influence de l'accumulation des charges électrostatiques sur les conditions d'essai, la chambre elle-même doit être électriquement conductrice et reliée à la terre. Si les effets électrostatiques de la poussière de sédimentation sur le spécimen font l'objet d'un essai, le spécimen doit être chargé relativement à la chambre.

Le taux d'humidité relative dans la chambre d'essai doit être de 25 %.

L'influence de l'humidité est contrôlée plus facilement en augmentant la température de la chambre d'essai. Un moyen pour établir des conditions isothermes à l'intérieur d'une chambre en forme de tour consiste en la construction d'une chambre interne en aluminium, entourée d'une chambre réalisée en matériau d'isolation thermique. L'air contrôlé en température circule dans l'espace entre les deux chambres. Des plateaux guides d'air sont installés dans cet espace afin de permettre une distribution homogène du courant d'air. Le principe est identique à celui d'une chambre à convection naturelle de température.

Pour l'humidité relative dans la chambre, voir l'article A.3.

5.3.4.2.2 Système d'injection de poussière

La poussière d'essai doit être injectée par la partie supérieure de la chambre suivant un flux d'air horizontal qui doit être suffisamment élevé pour produire un dépôt de poussière d'uniformité spécifiée sur le spécimen.

The test apparatus consists of two main parts:

- the test chamber;
- the dust injection system.

5.3.4.2.1 The test chamber

The horizontal area of the chamber shall be big enough to maintain the uniformity of the dust settlement on the specimen within the specified limits.

The uniformity of the dust settlement is controlled by the dust injection system. It is very difficult to design a dust injection system which is able to keep the uniformity inside the specified limits over the entire horizontal area of the test chamber.

Experience has shown that a horizontal area of the test chamber, which is at least twice the horizontal area of the specimen, is suitable.

The chamber shall be high enough to maintain an air velocity around the specimen near zero during conditioning.

Near zero is arbitrarily chosen as 0,2 m/s. In order to avoid air movements around the specimen caused by the dust injection system, it has been found necessary to choose a chamber height which is four or five times the longer of the horizontal dimensions if they are not equal.

The inner surface of the chamber shall be electrically conductive and grounded in order to avoid electrostatic charge build up.

In order to control influence on the test conditions from electrostatic charge build up, the chamber itself shall be electrically conductive and grounded. If electrostatic effects on the dust sedimentation on the specimen is the object of a test, the specimen shall be charged relative to the chamber.

The relative humidity in the test chamber shall be less than 25 %.

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

See clause A.3 regarding the relative humidity in the chamber.

5.3.4.2.2 The dust injection system

The test dust shall be injected into the upper part of the chamber by means of a horizontal air flow which shall be high enough to diffuse the dust and produce a dust deposit of the specified uniformity on the specimen.

Dans ce qui suit sont données quelques indications sur la conception d'un système d'injection de poussière.

Afin d'obtenir l'uniformité spécifiée de (6 ± 1) g/m²/jours, telle que mesurée par les plaques-échantillons de poussière, un volume d'air d'environ 0,01 m³ par mètre cube de la chambre doit circuler pendant la période d'injection de 1 min.

Une vitesse appropriée de l'air qui passe à travers le système d'injection est d'environ 2 m/s.

Pour une chambre d'essai ayant un volume de 10 m³, les valeurs susmentionnées conduisent à avoir un diamètre de tube d'injection de poussière égal à 33 mm.

Il est recommandé de choisir un ventilateur à vitesse variable afin d'avoir la possibilité de faire un ajustement final de l'homogénéité du dépôt de poussière. En outre, des ailettes d'orientation pourront être installées à la sortie du système d'injection.

Afin de réduire au minimum l'usure du ventilateur, l'introduction de la poussière dans le système d'injection doit se faire à la sortie de ventilateur.

Le dosage de la poussière est un problème délicat. Il s'est avéré que le système suivant fonctionne assez bien.

Le cylindre de verre contient la poussière. Le couvercle est équipé d'une tubulure à travers laquelle l'air comprimé est introduit par de petits trous dans le cylindre de verre. Les courants d'air attirent la poussière vers le haut et celle-ci est entraînée à travers un tube vers le système d'injection de poussière.

Les paramètres suivants commandent la quantité de poussière injectée:

- a) le volume d'air comprimé par unité de temps (donné par la pression de l'air et la surface totale des trous);
- b) la distance entre les trous d'admission et le dessus de la poussière (cette distance doit être grande comparée à la hauteur de la poussière);
- c) le temps d'approvisionnement en air comprimé.

Le dépôt de poussière spécifique et son uniformité doivent être mesurés en plaçant horizontalement près du spécimen des plaques-échantillons appropriées.

La quantité de poussière injectée dans la chambre peut être vérifiée par la perte de masse du récipient de poussière. Ce contrôle ne fournit qu'un renseignement approximatif car une partie de la poussière injectée tend à coller aux parois de la chambre. Cet effet agit comme une surface «horizontale» apparemment plus grande que celle de la chambre et dépend de la conception réelle de la chambre.

5.3.4.3 Poussière d'essai

La poussière d'essai choisie pour l'essai de poussière en sédimentation libre peut être soit la poussière présente dans l'environnement pour lequel le spécimen est destiné, soit une poussière d'essai type. Pour des raisons de reproductibilité, une poussière d'essai type a été choisie pour la méthode d'essai. Cette poussière d'essai est spécifiée en 6.1.4.1, variante 1, poussière fine.

In the following some design guides on the dust injection system are given:

In order to obtain the specified uniformity (6 ± 1) g/m²/day, as measured by the dust collector plates, a volume of air of approximately 0.01 m³ per cubic metre of the chamber shall be circulated during the injection period of 1 min.

A suitable air velocity through the injector system is approximately 2 m/s.

For a test chamber with a size of 10 m³, the above figures result in a dust injection tube diameter of 33 mm.

It is recommended to choose a fan with variable speed in order to have the possibility to make a final adjustment of the dust deposit uniformity. Furthermore, guiding fins may have to be situated at the injector system outlet.

In order to minimize wear of the fan, the dust input to the injection system shall be at the fan outlet.

Dosage of the dust is a difficult matter. The following system has proved to operate quite well.

The cylinder glass contains the dust. The lid is equipped with a manifold through which compressed air is guided through fine holes into the glass. The air stream stirs up the dust and the dust is guided through a tube to the dust injection system.

The following parameters control the amount of dust being injected:

- a) compressed air volume per unit of time (given by the air pressure and the total inlet area of the holes);
- b) distance between inlet holes and top of dust (this distance shall be long compared with the height of the dust);
- c) compressed air supply time.

The specific dust deposition and the uniformity shall be measured by placing suitable sample plates horizontally at positions near the specimen.

The amount of dust injected into the chamber can be checked by the weight loss of the dust container. This check is only a rough guide, as part of the injected dust tends to stick to the chamber walls. This effect acts as an apparently larger "horizontal" area of the chamber, and is dependent on the actual chamber design.

5.3.4.3 The test dust

The dust selected for the free settling dust test may be either actual dust from the environment for which the specimen is intended, or a standard test dust. For reproducibility reasons a standard test dust has been selected for the test method, and is preferred. This test dust is specified in 6.1.4.1, variant 1, fine dust.

L'olivine $[(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4]$ est un minéral industriel ordinairement disponible, utilisé dans les fonderies et pour les moulages au sable.

Les feldspaths sont des compositions chimiques de silice, d'alumine et d'oxydes alcalins. S'ils ne sont pas décomposés par l'action des gaz volcaniques ou de l'eau, ces minéraux sont presque aussi durs que le quartz.

La méthode préconisée pour mesurer la distribution granulométrique est donnée en 4.3.4.2.

5.3.5 Sévérités de l'essai

La sévérité de l'essai, définie par la durée de l'épreuve, doit être prescrite par la spécification particulière.

La sévérité de l'essai n'est pas donnée que par la durée de l'essai. Le dépôt de poussière par jour est de 6 g/m^2 .

La relation entre les niveaux de sévérité et les conditions réelles est difficile à déterminer.

Les conditions réelles varient considérablement, et le but de l'essai est de démontrer d'une façon reproductible la résistance du spécimen et non pas nécessairement de simuler des conditions réelles. Le niveau de sévérité choisi peut même être dicté par l'importance de la fonction du spécimen.

En conséquence, seules des lignes directrices peuvent être données pour avoir une idée de la relation entre les niveaux de sévérité de l'essai et certaines valeurs obtenues dans des conditions réelles.

5.3.5.1 Valeurs de référence

Le tableau 2 suivant est extrait de la CEI 721-2-5. Les valeurs ont été converties de $\text{mg/m}^2/\text{h}$ en $\text{g/m}^2/\text{j}$.

Tableau 2 – Vitesse de sédimentation typique de poussière et de sable

Région	Sédimentation de poussière et de sable $\text{g/m}^2/\text{j}$
Rurale et suburbaine	0,01 – 0,36
Urbaine	0,36 – 1,00
Industrielle	1,00 – 2,00

Les facteurs d'accélération du tableau 3 sont déduites de ces valeurs et sont données à titre indicatif.

Olivine $[(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4]$ a commonly available industrial mineral used in foundries and for sand blasting.

Feldspars are chemical compositions of silica, alumina and alkali oxides. If undecomposed by the action of volcanic gases or water, these minerals are almost as hard as quartz.

The method for measuring of particle size distribution in 4.3.4.2 is recommended.

5.3.5 Severities of the test

The severity as indicated by the duration of conditioning shall be given in the relevant specification.

The severity of the test is solely given by the duration of testing. Dust deposit per day is 6 g/m^2 .

The relationship between the severity and real conditions is difficult to determine.

Real conditions vary considerably, and the purpose of the test is to demonstrate survival of the specimen in a reproducible way and not necessarily to imitate real conditions. The selected severity level may even be controlled by the importance of the function of the specimen.

Consequently, only guidelines can be given in order to have an idea of the relationship between the severity levels of the test and some values from real conditions.

5.3.5.1 Reference values

The following table 2 is reproduced from IEC 721-2-5. The values have been converted from $\text{mg/m}^2/\text{h}$ to $\text{g/m}^2/\text{d}$.

Table 2 – Typical dust and sand sedimentation rates

Region	Dust and sand sedimentation $\text{g/m}^2/\text{d}$
Rural and suburban	0,01 – 0,36
Urban	0,36 – 1,00
Industrial	1,00 – 2,00

Based on those values and as *rough* guideline the acceleration factors in table 3 are obtained.

Tableau 3 – Facteurs d'accélération

Région	Facteur d'accélération
Rurale et suburbaine	600 – 17
Urbaine	17 – 6
Industrielle	6 – 3

5.3.6 Reproductibilité de l'essai

La reproductibilité de l'essai à la poussière en sédimentation libre dépend des paramètres d'essai, qui sont:

- la température;
- l'humidité relative;
- la concentration en poussière;
- la composition de la poussière;
- la durée de l'épreuve.

La température est facilement maintenue à l'intérieur des limites spécifiées.

Le taux d'humidité relative est normalement maintenu en-dessous de 25 % en conduisant l'essai à (40 ± 2) °C. Dans les régions chaudes et humides, cette prescription peut nécessiter l'utilisation d'un système de déshumidification.

La concentration en poussière et son homogénéité requièrent une certaine expérience et habileté pour rester dans les limites spécifiées. La mesure des paramètres (augmentation de la masse des plaques-échantillons) doit être effectuée avec une grande précision.

L'effet produit sur le spécimen dépend de la composition de la poussière; on doit donc indiquer si l'on utilise une autre poussière, d'autres compositions de poussière ou d'autres matériaux que la poussière spécifiée.

La durée de l'épreuve est très facile à reproduire.

5.3.7 Limites d'applicabilité de l'essai

Les limites d'applicabilité de cet essai sont avant tout dues au fait que cette méthode d'essai utilise de la poussière en sédimentation libre.

En conséquence, aucun effet érosif de destruction sur le spécimen, par exemple érosion et/ou crevasses dues aux impacts et formation de grenaille due à l'écrouissage, ne peut être évalué suivant cette méthode.

5.3.8 Interprétation des résultats

L'interprétation des résultats de l'essai à la poussière en sédimentation libre doit tenir compte des effets nocifs résultant à la fois de la sédimentation et de la pénétration de la poussière. Dans ce qui suit, des lignes directrices sont données sur l'interprétation des résultats dans certains cas spéciaux.

Table 3 – Acceleration factor

Region	Acceleration factor
Rural and suburban	600 – 17
Urban	17 – 6
Industrial	6 – 3

5.3.6 *Reproducibility of the test*

The reproducibility of the free settling dust test is dependent on the test parameters which are:

- temperature;
- relative humidity;
- dust concentration;
- dust composition;
- duration of conditioning.

Temperature is easily controlled within the specified limits.

The relative humidity is normally kept below 25 % by conducting the test at $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$. In warm and damp areas this requirement may necessitate the use of a dehumidifier system.

Dust concentration and uniformity require some experience and skill to keep within the specified limits. Measuring of the parameters (increase of weight of the sample plates) requires a high accuracy.

As the dust composition has a relevant effect on the specimen, it shall always be specified when other test dusts, or compositions of dust and other materials, than those specified are used.

The duration has a high degree of reproducibility.

5.3.7 *Applicability limits of the test*

The applicability limits of the test is first and foremost the fact that this test method operates with free settling dust.

Consequently, no blast erosive effect on the specimen, for example impact erosion, impact crackling and shot peening, can be evaluated using this method.

5.3.8 *Interpretation of results*

The interpretation of test results of the free settling dust test shall take into account the harmful effects arising from both settlement and penetration of dust. In the following, guidance is given on interpretation of results in some special cases.

5.3.8.1 *Effets nocifs sur le spécimen*

La poussière peut avoir un ou plusieurs des effets nocifs énumérés en 5.3.2.2.3 et 5.3.2.2.4 et il convient de les évaluer quand cela est approprié ou applicable.

5.3.8.2 *Observation de sédimentation et de pénétration de poussière*

Les effets nocifs (voir 5.3.2.2.3) a), b) et c) sont évalués par inspection après l'épreuve à laquelle le spécimen a été soumis conformément à la spécification particulière.

Les effets d) et e) doivent être évalués en tenant compte du fait que la poussière peut être conductrice, ion conductrice si elle est humide ou chimiquement agressive. L'essai de poussière peut être suivi d'un essai d'humidité ou d'un essai de corrosion afin de renforcer l'interprétation.

Les effets nocifs f), g) et h) sont vérifiés par des essais fonctionnels du spécimen après l'essai, pouvant inclure des mesure d'élévation de température.

5.3.8.3 *Sédimentation, mais pas de pénétration de poussière observée*

La vérification de l'effet résultant de la sédimentation de la poussière sur les surfaces externes est effectuée par des essais fonctionnels du spécimen, y compris la vérification des boutons et des clés.

La sédimentation sur les surfaces externes de refroidissement peut nécessiter des mesures d'élévation de la température du spécimen.

6 **Essai Lc: insufflation de poussière et de sable**

Dans cet essai, le terme «poussière» englobe le sable quand cela est approprié.

6.1 *Méthode Lc1: chambre à recirculation*

6.1.1 *Objet*

L'objet de cet essai est de déterminer les effets nocifs possibles sur les produits électrotechniques provoqués par des particules transportées par un flux d'air. L'essai est applicable à la simulation d'environnements extérieurs poussiéreux ou sableux induits par des conditions naturelles ou provoqués par des nuisances humaines, telles que le déplacement de véhicules.

Cet essai peut également être utilisé à la place de l'essai La pour permettre la recherche du degré de protection contre la pénétration de la poussière fine dans les produits électrotechniques.

6.1.2 *Description générale de l'essai*

La méthode Lc1 est un essai à la poussière au cours duquel le spécimen est exposé à un flux d'air chargé de la poussière d'une granulométrie spécifiée. Un flux d'air horizontal est prescrit pour l'essai car, dans la majorité des cas pratiques, à la fois le mouvement de vent et le déplacement principal des objets sont horizontaux.

Une surveillance et un contrôle permanents de la densité de la poussière sont spécifiés.

5.3.8.1 *Harmful effects to the specimen*

Dust can have one or more of the harmful effects as detailed in 5.3.2.2.3 and 5.3.2.2.4 and these should be assessed where appropriate or applicable.

5.3.8.2 *Settlement and penetration of dust have been observed*

The harmful effects (see 5.3.2.2.3), a), b) and c), are evaluated by inspection after conditioning, where the specimen has been operated in accordance with the relevant specification.

The effects d) and e) shall be evaluated assuming the dust to be conducting, ion-conducting when wet, or chemically aggressive. The dust test may be followed by a humidity or corrosive test in order to improve the confidence of the interpretation.

The harmful effects f), g) and h) are verified by functional tests of the specimen after testing, perhaps including measurements of temperature rise.

5.3.8.3 *Settlement, but no penetration of dust is observed*

Verification of the effect arising from settlement of dust on outer surfaces is performed by functional tests of the specimen, including operation of knobs and keys.

Settlement on outer cooling surfaces may necessitate measurements of temperature rise of the specimen.

6 Test Lc: blown dust and sand

In this test use of the word "dust" covers dust or sand as appropriate.

6.1 *Method Lc1: recirculating chamber*

6.1.1 *Object*

The object of this test is to determine possible harmful effects on electrotechnical products from particulate matter carried by a stream of air. The test is applicable for the simulation of open air dust environments induced by natural conditions or man-made disturbances such as vehicle movements.

It may also be used in place of test La for investigation of the degree of protection against ingress of fine dust into electrotechnical products.

6.1.2 *General description of the test*

Method Lc1 is a dust test in which the specimen is exposed to an airflow containing dust of specified particle size. A horizontal airflow is specified for the test because both the wind movement and the main moving direction of objects are prevalently horizontal for the majority of practical cases.

Continuous monitoring and control of the dust density is specified.

6.1.3 Description de l'appareillage d'essai

L'appareillage d'essai consiste en une chambre ayant les caractéristiques suivantes:

- la chambre d'essai doit fournir un flux d'air constant, horizontal et laminaire contenant une quantité spécifiée de poussière d'essai;
- il convient que la chambre d'essai ait une forme presque cubique. Les longueurs des côtés à l'intérieur de la section transversale d'écoulement doivent être au moins égales à trois fois les dimensions verticale et horizontale maximales des côtés du spécimen situés dans un plan transversal perpendiculaire à la direction du flux. Il convient de prévoir des moyens de réchauffage ou de refroidissement de la chambre d'essai;
- la commande de la concentration en poussière doit être réalisée à l'aide d'une sonde (mesurant par exemple la lumière réfléchie) et d'un dispositif de contrôle permanent de la valve de dosage. La poussière d'essai doit être injectée de façon intermittente par la valve de dosage dans la gaine d'air;
- un plateau de montage doit être prévu pour l'installation du spécimen. Il convient que le plateau de montage permette la rotation du spécimen d'essai de façon à exposer toutes ses faces au flux de poussière;
- des dispositifs appropriés peuvent être prévus pour faire fonctionner le spécimen pendant l'essai;
- les matériaux utilisés pour l'appareillage d'essai doivent résister à la température et à la poussière d'essai. Ils ne doivent pas affecter les caractéristiques de la poussière 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 dans la figure 6.

6.1.4 Conditions d'essai

6.1.4.1 Poussière d'essai

La poussière doit être propre et exempte de matériaux carbonés ou autres impuretés et doit être utilisée en atmosphère sèche. Le matériau d'essai doit être de l'olivine, du quartz ou du feldspath non décomposé.

La distribution granulométrique, prescrite par la spécification particulière, doit se situer à l'intérieur des limites ci-après.

6.1.3 *Description of test apparatus*

The test apparatus consists of a chamber with the following characteristics:

- the test chamber shall provide a constant horizontal laminar air flow containing a specified quantity of test dust;
- the test chamber should have a nearly cubic shape. The lengths of the edges within the flow cross-section shall be at least three times the maximum vertical and horizontal edge length of the specimen in a cross-section plan being perpendicular to the flow direction. Means should be available for heating or cooling of the test chamber;
- control of the dust concentration shall be achieved by a sensor (for example measuring of reflected light) and a continuously working control device controlling a dosage valve. The test dust shall be injected intermittently through the dosing valve into the air channel;
- a mounting plate shall be provided for the mounting of the specimen. The mounting plate should allow the test specimen to be rotated in order to expose all sides of the specimen to the flow of the dust;
- appropriate devices may be provided to operate the specimen during testing;
- the materials used for the test apparatus shall be resistant to temperature and the test dust. The materials used shall not affect the characteristics of the test dust.

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 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 shown in figure 6.

6.1.4 *Test conditions*

6.1.4.1 *Test dust*

The dust shall be clean, free from carbonaceous material or other impurities and shall be used in a dry condition. The material shall consist of olivine, quartz or undecomposed feldspar.

The particle size distribution shall lie within the limits of:

Variante 1: poussière fine

- inférieure à 75 µm	100 % à 96 % en masse;
- inférieure à 40 µm	87 % à 81 % en masse;
- inférieure à 20 µm	70 % à 64 % en masse;
- inférieure à 10 µm	52 % à 46 % en masse;
- inférieure à 5 µm	38 % à 32 % en masse;
- inférieure à 2 µm	20 % à 15 % en masse.

Variante 2: poussière grossière

- inférieure à 150 µm	100 % à 99 % en masse;
- inférieure à 105 µm	86 % à 76 % en masse;
- inférieure à 75 µm	70 % à 60 % en masse;
- inférieure à 40 µm	46 % à 35 % en masse;
- inférieure à 20 µm	30 % à 20 % en masse;
- inférieure à 10 µm	19 % à 11 % en masse;
- inférieure à 5 µm	11 % à 5 % en masse;
- inférieure à 2 µm	5 % à 1,5 % en masse.

Variante 3: sable

- inférieure à 850 µm	100 % à 94,5 % en masse;
- inférieure à 590 µm	98,3 % à 93,3 % en masse;
- inférieure à 420 µm	83,5 % à 74,5 % en masse;
- inférieure à 297 µm	46,5 % à 43,5 % en masse;
- inférieure à 210 µm	17,9 % à 15,9 % en masse;
- inférieure à 149 µm	5,2 % à 4,2 % en masse.

D'autres poussières d'essai telles que les poussières d'essai composites (c'est-à-dire contenant des fibres de coton, de la terre ou du ciment) peuvent être utilisées pour des applications spécifiques. Cependant, elles doivent être soigneusement adaptées et des lignes directrices sont données à ce sujet dans l'annexe A.

6.1.4.2 Concentration en poussière

La concentration en poussière doit être choisie parmi les suivantes:

- 1 g/m³ ± 0,3 g/m³
- 2 g/m³ ± 0,5 g/m³
- 5 g/m³ ± 1,5 g/m³
- 10 g/m³ ± 3 g/m³

tel que prescrit par la spécification particulière.

6.1.4.3 Flux d'air

Le flux d'air dans la chambre d'essai doit être essentiellement laminaire, c'est-à-dire de faible turbulence, et horizontal.

Variant 1: fine dust

- smaller than 75 µm	100 % to 96 % by weight;
- smaller than 40 µm	87 % to 81 % by weight;
- smaller than 20 µm	70 % to 64 % by weight;
- smaller than 10 µm	52 % to 46 % by weight;
- smaller than 5 µm	38 % to 32 % by weight;
- smaller than 2 µm	20 % to 15 % by weight.

Variant 2: coarse dust

- smaller than 150 µm	100 % to 99 % by weight;
- smaller than 105 µm	86 % to 76 % by weight;
- smaller than 75 µm	70 % to 60 % by weight;
- smaller than 40 µm	46 % to 35 % by weight;
- smaller than 20 µm	30 % to 20 % by weight;
- smaller than 10 µm	19 % to 11 % by weight;
- smaller than 5 µm	11 % to 5 % by weight;
- smaller than 2 µm	5 % to 1,5 % by weight.

Variant 3: sand

- smaller than 850 µm	100 % to 94,5 % by weight;
- smaller than 590 µm	98,3 % to 93,3 % by weight;
- smaller than 420 µm	83,5 % to 74,5 % by weight;
- smaller than 297 µm	46,5 % to 43,5 % by weight;
- smaller than 210 µm	17,9 % to 15,9 % by weight;
- smaller than 149 µm	5,2 % to 4,2 % by weight.

Other test dusts such as "composite test dusts" (for example containing lintens, soil or cement) may be considered for specific applications. These shall, however, be carefully tailored and guidance for that is given in annex A.

6.1.4.2 Dust concentration

The dust concentration shall be selected from the following concentrations:

- 1 g/m³ ± 0,3 g/m³
- 2 g/m³ ± 0,5 g/m³
- 5 g/m³ ± 1,5 g/m³
- 10 g/m³ ± 3 g/m³

as required by the relevant specification.

6.1.4.3 Air flow

The air flow in the test chamber shall be primarily laminar, i.e. with only small turbulence, and horizontal.

6.1.4.4 Vitesse de l'air

La vitesse de l'air doit être choisie parmi les vitesses suivantes:

V	V^2
1,5 m/s $\pm$ 0,2 m/s	2,25
3,0 m/s $\pm$ 0,3 m/s	9
5,0 m/s $\pm$ 0,5 m/s	25
10 m/s $\pm$ 1 m/s	100
15 m/s $\pm$ 1,5 m/s	225
20 m/s $\pm$ 2 m/s	400
30 m/s $\pm$ 3 m/s	900

tel que cela est prescrit par la spécification particulière.

Pour les poussières grossières, les vitesses inférieures à 5 m/s ne sont pas recommandées. Pour le sable, seules conviennent les vitesses de 20 m/s et de 30 m/s.

On doit prendre soin, en particulier lors de l'utilisation de vitesses d'air plus élevées, de ne pas dépasser la température maximale de fonctionnement du spécimen.

6.1.4.5 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: la pression de l'air à l'intérieur du spécimen est différente de la pression atmosphérique (réduite).

Catégorie 2: la pression de l'air dans le spécimen est égale à la pression atmosphérique ambiante.

Voir 6.3.4.2.3.

La spécification particulière doit prescrire la catégorie d'enveloppe ainsi que la réduction de pression (catégorie 1).

6.1.4.6 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 la chambre d'essai (voir l'article A.3).

6.1.4.7 Durée de l'essai

La durée de l'exposition doit être mesurée à partir de la mise sous tension de l'appareillage d'essai. Elle doit être choisie parmi les suivantes:

2 h,
4 h,
8 h,
24 h,

ou comme prescrit par la spécification particulière.

6.1.4.4 *Air velocity*

The air velocity shall be selected from the following velocities:

V	V^2
1,5 m/s $\pm$ 0,2 m/s	2,25
3,0 m/s $\pm$ 0,3 m/s	9
5,0 m/s $\pm$ 0,5 m/s	25
10 m/s $\pm$ 1 m/s	100
15 m/s $\pm$ 1,5 m/s	225
20 m/s $\pm$ 2 m/s	400
30 m/s $\pm$ 3 m/s	900

As required by the relevant specification.

For coarse dust, velocities below 5 m/s are not recommended. For sand, only 20 m/s and 30 m/s applies.

Care shall be taken, in particular when using the higher air velocities, that the maximum operating temperature of the specimen is not exceeded.

6.1.4.5 *Air pressure in the specimen*

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

Category 1: the air pressure within the specimen differs from the atmospheric air pressure (reduced).

Category 2: the air pressure in the specimen is that of the ambient air pressure.

See 6.3.4.2.3

The relevant specification shall state the category of the enclosure and the pressure reduction (category 1).

6.1.4.6 *Humidity*

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

6.1.4.7 *Duration*

The duration of exposure shall be measured from the switching on of the test apparatus. The duration shall be selected from the following:

2 h,
4 h,
8 h,
24 h,

or as stated in the relevant specification.

6.1.4.8 Montage

Le spécimen doit être installé sur le plateau de montage de la chambre d'essai dans sa position normale de fonctionnement ou comme prescrit par la spécification particulière.

6.1.4.9 Sévérités

La sévérité est définie par:

- la concentration en poussière (voir 6.1.4.2);
- la vitesse de l'air (voir 6.1.4.4);
- la durée de l'exposition (voir 6.1.4.7);
- la pression de l'air:

catégorie 1: réduction de pression de 2 kPa (20 mbar), 5 kPa (50 mbar) ou comme prescrit par la spécification particulière,

catégorie 2: pression de l'air ambiant, comme prescrit par la spécification particulière.

6.1.5 Préconditionnement

La spécification particulière peut prescrire un préconditionnement.

6.1.6 Mesures initiales

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

6.1.7 Essai

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, déballé, hors tension, prêt à être utilisé, 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 de façon inappropriée.

Si la spécification particulière le prescrit, le spécimen doit être mis sous tension et/ou mis en fonctionnement pendant l'essai. L'épreuve commence par l'injection de la poussière d'essai.

A la fin de l'épreuve, le spécimen doit être laissé dans la chambre d'essai fermée jusqu'à sédimentation complète de la poussière.

6.1.8 Mesures intermédiaires

La spécification particulière peut demander d'effectuer des 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.

6.1.4.8 *Mounting*

The specimen shall be mounted on the mounting plate of the test chamber in its normal operating position or as otherwise stated in the relevant specification.

6.1.4.9 *Severities*

The severity is defined by:

- dust concentration (see 6.1.4.2);
- air velocity (see 6.1.4.4);
- duration of exposure (see 6.1.4.7);
- air pressure:

category 1: pressure reduction of 2 kPa (20 mbar), 5 kPa (50 mbar) or as stated in the relevant specification,

category 2: ambient air pressure,
as required by the relevant specification.

6.1.5 *Preconditioning*

The relevant specification may call for preconditioning.

6.1.6 *Initial measurements*

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

6.1.7 *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 case of multiple specimens, care shall be taken that the specimens neither touch each other nor shield each other against the influence of dust in an inappropriate manner.

If required by the relevant specification, the specimen shall be switched on and/or operated during the test. The conditioning begins when injecting the test dust.

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

6.1.8 *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.

6.1.9 *Reprise*

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

6.1.10 *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.

6.1.11 *Mesures finales*

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

6.1.12 *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 ou alinéas cités ci-après, en faisant particulièrement attention aux points repérés par un astérisque (*) car ce renseignement doit toujours être donné.

	Paragraphe ou alinéa
a) Type de poussière*	6.1.4.1
b) Catégorie d'enveloppe*	6.1.4.5
c) Sévérité	
– concentration en poussière*	6.1.4.2
– vitesse de l'air*	6.1.4.4
– durée de l'exposition*	6.1.4.7
– pression de l'air*	6.1.4.9
d) Préconditionnement	6.1.5
e) Mesures initiales*	6.1.6
f) Etat du spécimen, fonctionnement pendant l'épreuve	6.1.7
g) Position du spécimen, si autre que normale	6.1.4.8 et 6.1.7
h) Mesures intermédiaires	6.1.8
i) Reprise	6.1.9
j) Nettoyage du spécimen	6.1.10
k) Mesures finales*	6.1.11

6.1.9 *Recovery*

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

6.1.10 *Cleaning*

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

6.1.11 *Final measurements*

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

6.1.12 *Information to be given in the relevant specification*

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

	Subclause
a) Type of dust*	6.1.4.1
b) Category of enclosure*	6.1.4.5
c) Severities	
– dust concentration*	6.1.4.2
– air velocity*	6.1.4.4
– duration*	6.1.4.7
– air pressure*	6.1.4.9
d) Preconditioning	6.1.5
e) Initial measurements*	6.1.6
f) State of specimen, operation during testing	6.1.7
g) Mounting position if different from that of the normal	6.1.4.8 and 6.1.7
h) Intermediate measurements	6.1.8
i) Recovery	6.1.9
j) Cleaning of the specimen	6.1.10
k) Final measurements*	6.1.11

6.2 *Méthode Lc2: insufflation libre*

6.2.1 *Objet*

L'objet de cet essai de déterminer les effets nocifs possibles sur les produits électrotechniques provoqués par des particules transportées par un flux d'air. L'essai est applicable à la simulation d'environnement dans des zones empoussiérées non abritées et aussi à des spécimens d'essais dont la taille ne permet pas d'utiliser l'essai Lc1. L'essai Lc2 peut aussi, du fait des vitesses d'air élevées qu'il met en jeu, simuler les effets abrasifs de la poussière et du sable.

6.2.2 *Description générale de l'essai*

L'essai Lc2 est un essai à la poussière au cours duquel le spécimen est exposé à un flux d'air chargé de poussière d'une granulométrie spécifiée. Un flux d'air horizontal, principalement laminaire, est prescrit pour l'essai car, dans la majorité des cas pratiques, le mouvement du vent et le déplacement des objets sont horizontaux.

Un contrôle permanent de la concentration en poussière est prescrit.

6.2.3 *Description de l'appareillage d'essai*

Pour cet essai, l'appareillage consiste essentiellement en un (ou plusieurs) dispositif(s) de mise en mouvement de l'air positionnés de façon à produire un flux d'air laminaire, raisonnablement homogène et horizontal. Des dispositions appropriées doivent être prises pour éviter les interférences provenant de facteurs d'environnement tels que le vent et les précipitations.

Il convient que le dispositif de mise en mouvement de l'air soit muni d'un système d'injection de poussière d'essai correspondant à celui de la figure 7. La poussière d'essai doit être injectée de façon uniforme et la commande de sa concentration doit être réalisée par une sonde (mesurant par exemple la lumière réfléchie).

Pour des vitesses d'air faibles, inférieures à 10 m/s, ce dispositif peut être un ventilateur mais pour des vitesses plus élevées, un dispositif de type à éjection actionné par de l'air comprimé est plus approprié.

6.2.4 *Conditions d'essai*

6.2.4.1 *Poussière d'essai*

La composition et la distribution granulométrique de la poussière d'essai, prescrites par la spécification particulière, doivent être choisies parmi les valeurs indiquées en 6.1.4.1.

6.2.4.2 *Concentration en poussière*

La concentration en poussière, prescrite par la spécification particulière, doit être choisie parmi les valeurs indiquées en 6.1.4.2.

6.2.4.3 *Flux d'air*

Le flux d'air dans la chambre d'essai doit être principalement laminaire, c'est-à-dire de faible turbulence et horizontal.

6.2 *Method Lc2: free blowing dust*

6.2.1 *Object*

The object of this test is to determine possible harmful effects on electrotechnical products from particulate matter carried by a stream of air. The test is applicable for simulation of environments in dusty open-air areas and also for test specimens that are of a size where it is impossible to carry out test method Lc1. Methode Lc2 can also, due to its capability of inducing high air velocities, simulate the abrasive effects of dust and sand.

6.2.2 *General description of the test*

Method Lc2 is a test in which the specimen is exposed to a dust laden airflow containing dust of specified particle size. A horizontal, primarily laminar airflow is specified for the test as both the wind movement and the main moving direction of technical objects are horizontal for the majority of practical cases.

Permanent monitoring of the dust concentration is specified.

6.2.3 *Description of test apparatus*

The essential equipment for this test is:

One (or several), air mover(s) arranged in a way that a reasonably homogeneous laminar and horizontal air flow can be produced. Arrangements to prevent interference from environmental factors such as wind and precipitation shall be made as appropriate.

The air mover should have a device that injects the test dust in accordance with figure 7. The test dust shall be injected evenly and the control of the concentration shall be achieved by a sensor, (for example measuring reflected light).

For low air velocities, less than some 10 m/s, the air mover can be a fan but for higher velocities an ejector-type device driven by compressed air is more suitable.

6.2.4 *Test conditions*

6.2.4.1 *Test dust*

The composition and particle size distribution of the test dust, as required by the relevant specification, is specified in 6.1.4.1.

6.2.4.2 *Dust concentration*

The dust concentration shall be selected from those specified in 6.1.4.2.

6.2.4.3 *Air flow*

The air flow in the test chamber shall be primarily laminar, i.e. with only small turbulence, and horizontal.

6.2.4.4 Vitesse de l'air

La vitesse de l'air, prescrite par la spécification particulière, doit être choisie parmi les valeurs indiquées en 6.1.4.4.

Deux vitesses supplémentaires sont spécifiées pour la méthode d'essai Lc2:

V	V^2
50 m/s $\pm$ 5 m/s	2 500
100 m/s $\pm$ 10 m/s	10 000

6.2.4.5 Humidité

Cet essai n'est pas sensible à l'humidité relative en tant que telle, mais il est important que la poussière d'essai et les dispositions prises pour introduire la poussière dans le flux d'air assurent des conditions d'air sec afin de se prémunir contre un encrassement par la poussière et son agglomération.

6.2.4.6 Durée de l'essai

La durée de l'exposition doit être mesurée à partir de la mise sous tension de l'appareillage d'essai. Elle doit être choisie parmi les suivantes:

2 h,
4 h,
8 h,
24 h,

ou comme prescrit par la spécification particulière.

6.2.4.7 Montage

Le spécimen doit être monté soit sur un piédestal, soit dans sa configuration normale ou comme prescrit par la spécification particulière.

6.2.4.8 Sévérités

La sévérité est définie par:

- la concentration en poussière (voir 6.2.4.2);
 - la vitesse de l'air (voir 6.2.4.4);
 - la durée de l'exposition (voir 6.2.4.6);
- comme prescrit par la spécification particulière.

6.2.5 Préconditionnement

La spécification particulière peut prescrire un préconditionnement.

6.2.6 Mesures initiales

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

6.2.4.4 *Air velocity*

The air velocity shall be selected from those specified in 6.1.4.4.

Two additional velocities are specified for test method Lc2:

V	V^2
50 m/s $\pm$ 5 m/s	2 500
100 m/s $\pm$ 10 m/s	10 000

6.2.4.5 *Humidity*

This test is not sensitive to the relative humidity as such but it is important that the test dust and the arrangements to feed it into the airstream ensure dry conditions, in order to ensure that clogging and agglomeration of the actual test dust is avoided.

6.2.4.6 *Duration*

The duration of exposure shall be measured from the switching on of the test apparatus. The duration shall be selected from the following:

2 h,
4 h,
8 h,
24 h,

or as stated in the relevant specification.

6.2.4.7 *Mounting*

The specimen shall be mounted on a pedestal or mounted in its normal configuration or as otherwise stated in the relevant specification.

6.2.4.8 *Severities*

The severity is defined by:

- dust concentration (see 6.2.4.2);
 - air velocity (see 6.2.4.4);
 - duration of exposure (see 6.2.4.6);
- as required by the relevant specification.

6.2.5 *Preconditioning*

The relevant specification may call for preconditioning.

6.2.6 *Initial measurements*

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

6.2.7 *Epreuve*

Le spécimen doit être à la température ambiante du laboratoire ou d'une zone d'essai similaire. Il doit être introduit dans la chambre d'essai, déballé, hors tension, prêt à être utilisé 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.

Si la spécification particulière le prescrit, le spécimen doit être mis sous tension et/ou en fonctionnement pendant l'essai. L'épreuve commence par l'injection de la poussière d'essai.

A la fin de l'épreuve, le spécimen doit être laissé dans la chambre d'essai fermée jusqu'à sédimentation complète de la poussière.

6.2.8 *Mesures intermédiaires*

La spécification particulière peut prescrire l'exécution de mesures sur le spécimen, pendant ou à la fin de l'épreuve, alors qu'il est encore dans la chambre d'essai. Si de telles mesures sont exigées, la spécification particulière doit prescrire le type de mesures ainsi que le ou les délai(s) à l'issue duquel/desquels elles doivent être exécutées.

6.2.9 *Reprise*

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

6.2.10 *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.

6.2.11 *Mesures finales*

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

6.2.12 *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 ou alinéas cités ci-après, en faisant particulièrement attention aux points repérés par un astérisque (*) car ce renseignement doit toujours être donné.

6.2.7 *Testing*

The test specimen shall be at the ambient temperature of the laboratory or similar test area. The specimen shall be mounted in the unpacked, switched-off "ready for use" state, in its normal operating position or as otherwise specified. 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 the dust.

If required by the relevant specification the specimen shall be switched on and/or operated during the test. The conditioning begins when injecting the dust.

At the end of the conditioning the specimen shall be left in the test area until the dust has settled.

6.2.8 *Intermediate measurements*

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

6.2.9 *Recovery*

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

6.2.10 *Cleaning*

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

6.2.11 *Final measurements*

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

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

	Paragraphe ou alinéa
a) Type de poussière*	6.2.4.1
b) Sévérité*	
– concentration en poussière*	6.2.4.2
– vitesse de l'air*	6.2.4.4
– durée de l'essai*	6.2.4.6
c) Préconditionnement	6.2.5
d) Mesures initiales*	6.2.6
e) Etat du spécimen, fonctionnement pendant l'essai	6.2.7
f) Position du spécimen, si autre que normale	6.2.4.7 et 6.2.7
g) Mesures intermédiaires	6.2.8
h) Reprise	6.2.9
i) Nettoyage du spécimen	6.2.10
j) Mesures finales*	6.2.11

6.3 Guide pour l'essai Lc

6.3.1 Méthodes de simulation

Ce paragraphe décrit des méthodes de simulation des effets de l'insufflation de la poussière et du sable sur les matériels et les composants.

Les caractéristiques de l'environnement à simuler consistent en des particules insufflées comme cela apparaît dans les régions poussiéreuses, ou induites par des véhicules.

6.3.2 Propriétés et effets de la poussière et du sable insufflés

6.3.2.1 Sources

La poussière et le sable insufflés proviennent de plusieurs sources, mais, dans presque toutes les régions, les plus communes sont le quartz et la terre du sol.

La nature et la distribution granulométrique diffèrent en fonction du type de poussière. Leur point commun est leur granulométrie maximale (voir 6.3.3.2 et 6.3.4.4).

6.3.2.2 Action et effets de la poussière et du sable

Pour les matériels exposés à l'insufflation de la poussière et du sable, naturelle ou provoquée, les actions et les effets suivants sont reconnus.

6.3.2.2.1 Pénétration

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

- insufflée à l'intérieur par le vent;
- introduite à l'intérieur par l'action de la convection forcée, par exemple pour un refroidissement.

	Subclause
a) Test dust*	6.2.4.1
b) Severities*	
– dust concentration*	6.2.4.2
– air velocity*	6.2.4.4
– duration*	6.2.4.6
c) Preconditioning	6.2.5
d) Initial measurements*	6.2.6
e) State of specimen, operation during testing	6.2.7
f) Mounting position if different than the normal operating position	6.2.4.7 and 6.2.7
g) Intermediate measurements	6.2.8
h) Recovery	6.2.9
i) Cleaning of the specimen	6.2.10
j) Final measurements*	6.2.11

6.3 *Guidance for test Lc*

6.3.1 *Methods of simulation*

This subclause describes methods of simulating the effects of blown dust and sand on equipment and components.

The characteristic of the environment to be simulated is blown particles as it appears in dusty regions or induced by vehicles.

6.3.2 *Properties and effects of blown dust and sand*

6.3.2.1 *Sources*

The blown dust and sand are generated by several sources, but the most common are quartz and soil from the ground in almost all regions.

Materials and particle size distribution differ with the various dusts. Common to them is the maximum particle size (see 6.3.3.2 and 6.3.4.4).

6.3.2.2 *Action and effects of dust and sand*

For equipment that is exposed to blown dust and sand, natural or induced, the following actions and effects of dust and sand are recognized:

6.3.2.2.1 *Penetration*

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

- blown in by wind;
- carried in by forced air-circulation, for example for cooling purposes.

6.3.2.2.2 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;
- d) détérioration des isolations électriques;
- e) détérioration des propriétés diélectriques;
- f) encrassement des filtres à air;
- g) réduction de la conductivité thermique, provoquant des surcharges et des risques d'incendie;
- h) interférence sur les caractéristiques optiques.

6.3.2.2.3 Effets secondaires et combinés

La présence de poussière, en association avec d'autres paramètres d'environnement, peut avoir des effets nocifs sur le spécimen comme, 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 d'incendie.

6.3.3 Philosophie de base de l'essai Lc, la poussière et le sable insufflés

Pour couvrir tout le domaine des effets que la poussière et le sable peuvent avoir sur les spécimens, de nombreux paramètres doivent être pris en considération.

6.3.3.1 Lieux

Les environnements extérieurs de poussière et de sable, par exemple les tempêtes de sable survenant dans des zones désertiques, l'environnement local autour d'un véhicule ou d'un aéronef en mouvement dans des lieux empoussiérés provoquent sur les spécimens des effets dus au mouvement de l'air.

6.3.3.2 Caractéristiques de la poussière et du sable

Les caractéristiques de la poussière et du sable varient d'un lieu à un autre.

La poussière se compose principalement de quartz ou de feldspath, mais on peut y trouver, mélangées, des poussières de toutes sortes comme, par exemple, du ciment, de la chaux, de l'argile, etc.

6.3.3.3 Etat opérationnel du spécimen pendant l'essai

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

6.3.2.2.2 Primary effects

The dust and/or sand 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) deterioration of electric insulation;
- e) deterioration of dielectric properties;
- f) clogging of air filters;
- g) reduction of thermal conductivity, causing overheating and fire hazard;
- h) interference with optical characteristics.

6.3.2.2.3 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 damp heat environment causes corrosion in connection with chemically aggressive dust. Furthermore, clogged filters and other reductions of ventilation or cooling may cause overheating and fire hazard.

6.3.3 *Basic philosophy behind test Lc, blown dust and sand*

To cover the whole field of effects that dust and sand may have on samples, several parameters have to be taken into consideration.

6.3.3.1 *Locations*

Outdoor dust and sand environments, for example dust storms arising in desert locations, the local environment around a driving vehicle or an aircraft in dusty areas, create effects on samples due to air movement.

6.3.3.2 *Dust and sand characteristics*

The dust and sand characteristics are different in different locations.

The dust is mainly quartz or feldspar but other dust materials of all kinds may be mixed with it, for example cement, limestone, clay etc.

6.3.3.3 *Operational state of the specimen during testing*

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

L'emprisonnement de la poussière dans des espaces étroits se produit dans les filtres du spécimen refroidi par convection forcée. Il convient qu'un tel matériel soit donc testé avec son système de refroidissement en fonctionnement.

La pénétration de la poussière se produit du fait de la dissipation d'énergie du spécimen par les ouvertures de ventilation dans le cas de refroidissement par convection naturelle. Il convient, de préférence, de tester un tel spécimen en fonctionnement.

Il convient, de préférence, de faire fonctionner par intermittence un spécimen de construction fermée dissipant de l'énergie afin d'obtenir un effet de pompage dû au cycle thermique.

6.3.4 *Méthode de réalisation des conditions d'essai*

6.3.4.1 *Prescriptions générales*

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

- a) concentration en poussière ou en sable;
- b) homogénéité de la concentration en poussière;
- c) vitesse de l'air au niveau du spécimen;
- d) température;
- e) humidité relative;
- f) formation de charges électrostatiques;
- 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 6.3.4.2 et en 6.3.4.3. Des lignes directrices sur le choix de la poussière d'essai sont fournies en 6.3.4.4.

6.3.4.2 *Appareillage d'essai pour la méthode Lc1*

L'appareillage d'essai est composé de trois parties principales:

- la chambre d'essai;
- le système d'injection;
- le système de contrôle de la pression du spécimen.

6.3.4.2.1 *Chambre d'essai*

Il est recommandé que la chambre d'essai ait une forme presque cubique. Les dimensions des côtés de la section transversale d'écoulement doivent être au moins égales à trois fois les dimensions maximales verticale et horizontale des côtés du spécimen situées dans un plan transversal perpendiculaire à la direction du flux. Il convient de prévoir des moyens de réchauffage ou de refroidissement de la chambre d'essai.

Trapping of dust in narrow spaces occurs in filters of specimens with forced air cooling. Such equipment should therefore be conditioned with the air-cooling system switched on.

Penetration of dust occurs with heat generating specimens with ventilating openings for convection cooling. Such specimens should preferably be tested in the switched on condition.

Heat-generating specimens of closed construction should preferably be operated intermittently in order to obtain a pumping effect by thermal cycling.

6.3.4 *Method of generating the test conditions*

6.3.4.1 *General requirements*

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

- a) dust or sand concentration;
- b) dust concentration uniformity;
- c) air velocity at the specimen;
- d) temperature;
- e) relative humidity;
- f) electrostatic charge build-up;
- g) dust characteristics.

Parameters a) to f) are controlled by the design of the test apparatus. Guidance on design of the test apparatus is found in 6.3.4.2 and 6.3.4.3. Guidance on selection of the test dust is found in 6.3.4.4

6.3.4.2 *Test apparatus for method Lc1*

The test apparatus consists of three main parts:

- the test chamber;
- the injection system;
- the specimen pressure control system.

6.3.4.2.1 *Test chamber*

The test chamber should have a nearly cubic shape. The lengths of the edges within the flow cross-section shall be at least three times the maximum vertical and horizontal edge length of the specimen in a cross-section plane being perpendicular to the flow direction. Means should be available for heating or cooling of the test chamber.

La chambre d'essai doit permettre l'exposition du spécimen d'essai à un flux d'air constant, horizontal et principalement laminaire contenant une quantité spécifiée de poussière d'essai.

La chambre doit être munie d'une pré-chambre située juste en amont de la chambre réelle, les deux chambres ayant la même section transversale d'écoulement. Un flux d'air horizontal et laminaire peut être produit en même temps que celui provoqué par des ailettes de guide d'air installées immédiatement derrière l'entrée de la conduite d'air menant à la pré-chambre. Un ventilateur générant un flux d'air dans l'appareillage d'essai est installé immédiatement après la chambre d'essai. Il permet d'extraire l'air de la chambre d'essai et de l'introduire à nouveau dans la pré-chambre au moyen d'une conduite d'air.

Un récipient destiné à recevoir la poussière d'essai est installé au-dessous de la chambre d'essai. De cette manière on peut obtenir une diminution de la quantité de poussière en circulation et le contrôle de la concentration en poussière devient plus efficace.

Un plateau de montage doit être prévu pour l'installation du spécimen. Il doit permettre la rotation du spécimen d'essai de façon à exposer toutes ses faces au flux de poussière.

Les matériaux employés pour le dispositif d'essai doivent résister à la température, à l'humidité et à la poussière d'essai. Ils ne doivent pas affecter les caractéristiques de la poussière d'essai.

6.3.4.2.2 Système d'injection de poussière

La poussière d'essai doit être injectée par intermittence dans la gaine d'air par une valve de dosage.

Le réservoir qui contient la poussière d'essai doit être conçu de façon à éviter tout colmatage et agglomération. Cela peut être réalisé en faisant passer de l'air comprimé chaud à travers le réservoir de poussière d'essai.

Le contrôle de la concentration en poussière doit être effectué à l'aide d'une sonde et d'un dispositif contrôlant en permanence la valve de dosage.

Un dispositif, basé sur un câble en fibre optique conduisant la lumière vers la chambre, peut être utilisé comme sonde. Un autre câble achemine la lumière réfléchiée par les particules de poussière vers une cellule photoélectrique montée dans la sonde.

6.3.4.2.3 Pression de l'air à l'intérieur du spécimen

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

Catégorie 1: à l'intérieur de cette catégorie d'enveloppe, il peut se produire une chute de pression d'air en dessous de la pression atmosphérique, provoquée par exemple, par les effets de cycle thermique pendant le fonctionnement.

Lorsqu'un spécimen ayant une enveloppe de catégorie 1 est introduit dans une chambre d'essai, il est connecté à une pompe à vide qui maintient la pression d'air à l'intérieur du spécimen à une valeur inférieure à la pression atmosphérique. A cette fin, il convient de prévoir un trou approprié dans l'enveloppe. S'il y a déjà un trou de

It shall expose the test specimen to a constant, horizontal and primarily laminar air flow containing a specified quantity of test dust.

The chamber shall have a pre-chamber just upstream of the actual test chamber, both chambers having the same flow cross-section. With air guide vanes arranged immediately behind the inlet aperture of the air channel leading to the pre-chamber a laminar horizontal air flow can be produced by the complete arrangement. A blower generating the air flow in the test apparatus is arranged immediately after the test chamber. It will extract the air from the test chamber and will feed it back into the pre-chamber by means of an air channel.

Below the test chamber a collecting tank is arranged for the test dust. In this way a decrease of the circulating dust quantity will be obtained and the dust density control made more effective.

A mounting plate shall be provided for the mounting of the specimen. The mounting plate shall allow the test specimen to be rotated in order to expose all sides of the specimen to the flow of dust.

The materials used for the test apparatus shall be resistant to temperature, humidity and the test dust. The materials used shall not affect the characteristics of the test dust.

6.3.4.2.2 Injection system

The test dust shall be intermittently injected into the air channel by a dosage valve.

The reservoir that contains the test dust shall be designed in such a way that clogging and agglomeration is avoided. This can be made by blowing warm dry compressed air through the test dust reservoir.

Control of the dust density shall be achieved by a sensor and a continuously working control device controlling the dosing valve.

One possible sensor is a device that has an optical fibre cable that leads light to the test chamber. Another optical fibre cable leads the light that is reflected by dust particles to a photocell in the sensor.

6.3.4.2.3 Air pressure in the specimen

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

Category 1: inside this category of specimen enclosure an air pressure drop below the environmental atmospheric air pressure may occur, for example caused by thermal cycling effects during operation.

A category 1 specimen enclosure, when installed in the test chamber will 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

vidange dans les parois du spécimen pour l'eau de condensation, la pompe à vide doit y être raccordée. Dans ce cas, aucun trou spécial ne doit être percé. S'il existe plus d'un trou de vidange dans les parois du spécimen, la pompe à vide doit être connectée à l'un d'eux et les autres doivent être obstrués hermétiquement pendant l'essai.

La valeur de la différence de pression doit être prescrite par la spécification particulière.

Catégorie 2: il n'y a pas de chute de pression d'air en dessous de la pression atmosphérique à l'intérieur de cette catégorie d'enveloppe.

Un spécimen ayant une enveloppe de catégorie 2 ne sera pas relié à une pompe à vide.

La catégorie d'enveloppe de tout produit électrotechnique soumis à l'essai doit être prescrite dans la spécification particulière.

La spécification particulière peut spécifier que le spécimen d'essai doit être installé pendant l'épreuve sur le plateau de montage tournant. Grâce à cette méthode, l'influence de la poussière sur les parois latérales du spécimen est plus homogène.

6.3.4.3 Appareillage d'essai pour l'essai Lc2

L'appareillage d'essai consiste en deux parties principales:

- le dispositif qui produit le flux d'air (agitateur d'air);
- le système d'injection de poussière.

6.3.4.3.1 Agitation d'air

Deux agitateurs d'air conviennent pour obtenir la vitesse d'air spécifiée.

Pour des vitesses d'air qui doivent être inférieures ou égales à 10 m/s, on peut utiliser un ventilateur à vitesse variable.

Si des vitesses d'air plus élevées sont prescrites, on peut utiliser un agitateur d'air actionné par de l'air comprimé. Cet agitateur d'air est basé sur «l'effet Coanda».

Si l'essai est effectué à l'extérieur, l'agitateur d'air et le spécimen d'essai doivent être protégés d'une manière appropriée pour éviter l'interférence des vitesses du vent naturel. Cette disposition doit également empêcher les précipitations d'interférer sur l'essai.

6.3.4.3.2 Système d'injection de poussière

La poussière d'essai doit être injectée dans le courant d'air.

Un système possible d'injection de poussière est donné en figure 7.

La poussière d'essai doit se trouver dans une atmosphère sèche contrôlée, ce qui évite l'encrassement et l'agglomération. La poussière et le sable sont transportés par un petit élévateur à godets vers une table inclinée qui, par vibrations, achemine la poussière vers l'injecteur.

specimen, 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 specimen, the vacuum pipe shall be connected to one of them and the others shall be sealed during the test.

The value of pressure difference shall be specified in the relevant specification.

Category 2: inside this category of specimen enclosure, drop below the environmental atmospheric air pressure will not occur.

A category 2 specimen enclosure will not be connected to a vacuum pump.

For any electrotechnical product to be tested, the category of the specimen shall be stated in the relevant specification.

The relevant specification may specify that the test specimen shall be installed on a rotating mounting plate during conditioning. By this method the influence of dust on the side walls of the specimen is more homogeneous.

6.3.4.3 Test apparatus for method Lc2

The test apparatus consists of two main parts:

- the device which generates the airflow (air mover);
- the injection system.

6.3.4.3.1 Air mover

To induce the specified air velocity two air movers are suitable.

For air velocities less than or equal to 10 m/s, a fan with variable speed can be used.

If higher air velocities are required an air mover powered by compressed air is suitable. This air mover is based upon the "Coanda effect".

To prevent the natural wind velocities interfering, if the test is done outdoors, the air mover and the test specimen shall be sheltered in an appropriate way. This arrangement shall also prevent precipitation interfering with the test.

6.3.4.3.2 Injection system

The test dust is injected into the airstream.

One possible injection system is shown in figure 7.

The test dust is in a controlled dry atmosphere which prevents clogging and agglomeration. The dust or sand is transported by a small bucket elevator to an inclined table which by vibrations induced by a shaker passes it to the ejector.

Il est important de placer le système d'injection de poussière de façon qu'il n'interfère pas sur le courant d'air.

Le contrôle de la concentration en poussière doit être réalisé au moyen d'une sonde (par exemple par mesure de la lumière réfléchie).

6.3.4.4 *Poussière ou sable d'essai*

Deux types de poussière et un type de sable normalisés sont spécifiés et utilisés de préférence. Cependant, la spécification particulière peut prescrire un autre type de poussière ou de sable. Des renseignements complémentaires concernant les poussières ou les sables d'essai sont donnés en 6.1.4.1.

Il existe plusieurs méthodes pour mesurer la distribution granulométrique. Certaines sont fondées sur l'analyse optique d'un échantillon de poussière.

6.3.5 *Sévérité de l'essai*

La durée de l'exposition doit être mesurée à partir de la mise sous tension de l'appareillage d'essai. Elle doit être choisie parmi les suivantes:

- 2 h,
- 4 h,
- 8 h,
- 24 h,

ou comme prescrit par la spécification particulière.

6.3.5.1 *Méthode Lc1*

La sévérité de la méthode Lc1 est définie par la durée de l'épreuve et la vitesse de l'air dans la chambre d'essai.

6.3.5.2 *Méthode Lc2*

La sévérité de la méthode Lc2 est définie par la durée de l'épreuve et la vitesse de l'air autour du spécimen.

6.3.6 *Reproductibilité de l'essai*

La reproductibilité de l'essai d'insufflation de poussière dépend des paramètres d'essai suivants:

- a) la température;
- b) l'humidité relative;
- c) la concentration en poussière;
- d) l'homogénéité de la poussière;
- e) les caractéristiques de la poussière;
- f) la durée de l'épreuve.

La température est facilement maintenue à l'intérieur des limites spécifiées pour la méthode Lc1; elle l'est plus difficilement, et il peut même être impossible de la maintenir, si la méthode Lc2 est exécutée à l'extérieur.

It is important that the placing of the injection systems does not interfere with the airstream.

Control of the dust density shall be achieved by a sensor (for example measuring of reflected light).

6.3.4.4 *Test dust/sand*

Two standard dusts and one standard sand are specified and preferred. However, the relevant specification may prescribe another dust or sand. Details of the test dusts or test sand are given in 6.1.4.1.

For measuring the particle size distribution several methods are available. Some are based on optical analysis of a sample of the dust or sand.

6.3.5 *Severity of the test*

The duration of exposure shall be measured from the switching on of the test apparatus. The duration shall be selected from the following:

- 2 h,
- 4 h,
- 8 h,
- 24 h,

or as specified in the relevant specification.

6.3.5.1 *Method Lc1*

The severity of method Lc1 is proportional to the duration of the conditioning and the air velocity in the test chamber.

6.3.5.2 *Method Lc2*

The severity of method Lc2 is proportional to the duration of the conditioning and the air velocity around the specimen.

6.3.6 *Reproducibility of the test*

The reproducibility of the blowing dust test is dependent on the test parameters which are:

- a) temperature;
- b) relative humidity;
- c) dust concentration;
- d) dust uniformity;
- e) dust characteristics;
- f) duration of conditioning.

Temperature is easily controlled inside the specified limits for method Lc1, but is more difficult, and could be impossible, if method Lc2 is performed outdoors.

Le taux d'humidité relative doit être maintenu au-dessous de 25 % (Lc1). Dans les régions chaudes et humides, cette exigence peut nécessiter l'utilisation d'un système de déshumidification (voir l'article A.3).

L'homogénéité de la poussière a une très grande influence sur la reproductibilité de l'essai et un grand soin doit être pris pour obtenir une bonne homogénéité de poussière ou de sable.

Les caractéristiques de la poussière ont une très grande influence sur la reproductibilité de l'essai. En particulier la distribution granulométrique doit être vérifiée afin d'évaluer le contenu en particules de petites dimensions.

La durée de l'essai est très facile à reproduire.

6.3.7 *Limites d'applicabilité de l'essai*

Les limites d'applicabilité de l'essai sont dues, en premier lieu et la plupart du temps, au fait que cette méthode d'essai utilise de la poussière insufflée.

6.3.8 *Interprétation des résultats*

L'interprétation des résultats de l'essai à la poussière insufflée doit tenir compte des effets nocifs résultant de la pénétration de la poussière. Dans ce qui suit, des lignes directrices sont données sur l'interprétation des résultats dans certains cas spéciaux.

6.3.8.1 *Effets nocifs sur le spécimen*

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

- a) grippage des pièces mobiles;
- b) abrasion des pièces mobiles;
- c) détérioration des isolations électriques;
- d) détérioration des propriétés diélectriques;
- e) encrassement des filtres à air;
- f) réduction de la conductivité thermique provoquant des surchauffes et des risques d'incendie;
- g) interférence sur les caractéristiques optiques;
- h) érosion/abrasion des surfaces.

Les effets nocifs a) et b) sont évalués par examen après l'épreuve au cours de laquelle le spécimen a été mis en fonctionnement conformément à la spécification particulière.

Les effets nocifs c) et d) doivent être évalués en supposant que la poussière soit conductrice, ion conductrice lorsqu'elle est humide, ou chimiquement agressive. L'essai de poussière peut être suivi d'un essai de corrosion afin de renforcer l'interprétation.

Les effets nocifs e), f) et g) sont vérifiés par les essais fonctionnels du spécimen après l'épreuve. Ces essais peuvent inclure des mesures d'élévations de température.

Les effets h) peuvent être constatés visuellement.

The relative humidity shall be kept below 25 % (Lc1). In warm and damp areas this requirement may necessitate the use of a dehumidifier system (see clause A.3).

The dust or sand uniformity has a higher influence on the reproducibility and much care shall be taken to obtain a good dust or sand uniformity.

The dust characteristics have a high influence on the reproducibility. The particle size distribution shall be checked in order to evaluate the content of small particle sizes.

The duration has a high degree of reproducibility.

6.3.7 *Applicability limits of the test*

The applicability limits of the test are first and foremost the fact that this test method operates with blowing dust.

6.3.8 *Interpretation of results*

The interpretation of test results of the blowing dust test shall take into account the harmful effects from penetrated dust. In the following, guidance is given on interpretation of results in some special cases.

6.3.8.1 *Harmful effects to the specimen*

Dust can have one or more of the following harmful effects:

- a) seizure of moving parts;
- b) abrasion of moving parts;
- c) deterioration of electric insulation;
- d) deterioration of dielectric properties;
- e) clogging of air filters;
- f) reduction of thermal conductivity, causing overheating and fire hazard;
- g) optical interference;
- h) erosion/abrasion of surfaces.

The harmful effects a) and b) are evaluated by inspection after conditioning, where the specimen has been operated in accordance with the detailed specification.

The effects c) and d) have to be evaluated assuming the dust to be conducting, ion-conducting when wet, or chemically aggressive. The dust test may be followed by a humidity or corrosive test in order to improve the confidence of the interpretation.

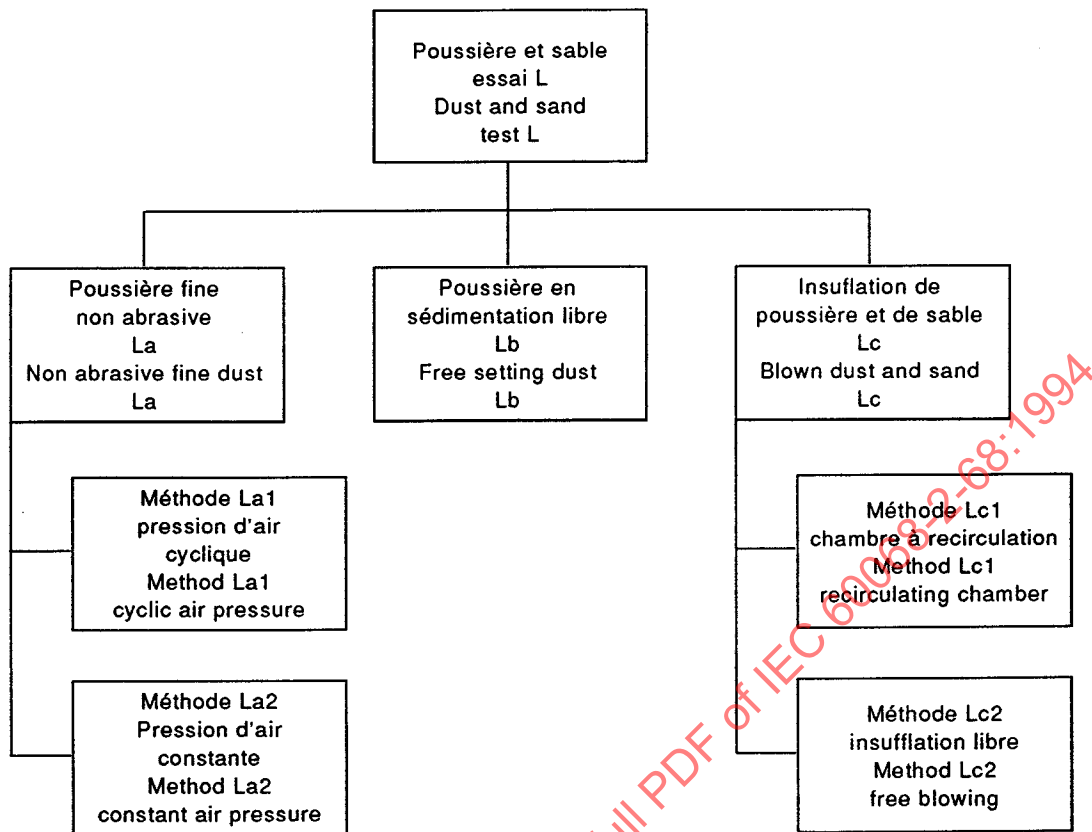
The harmful effects e), f) and g) are verified by a functional test of the specimen after conditioning, perhaps including measurements of temperature rise.

The effects of h) can be visually assessed.

– Page blanche –

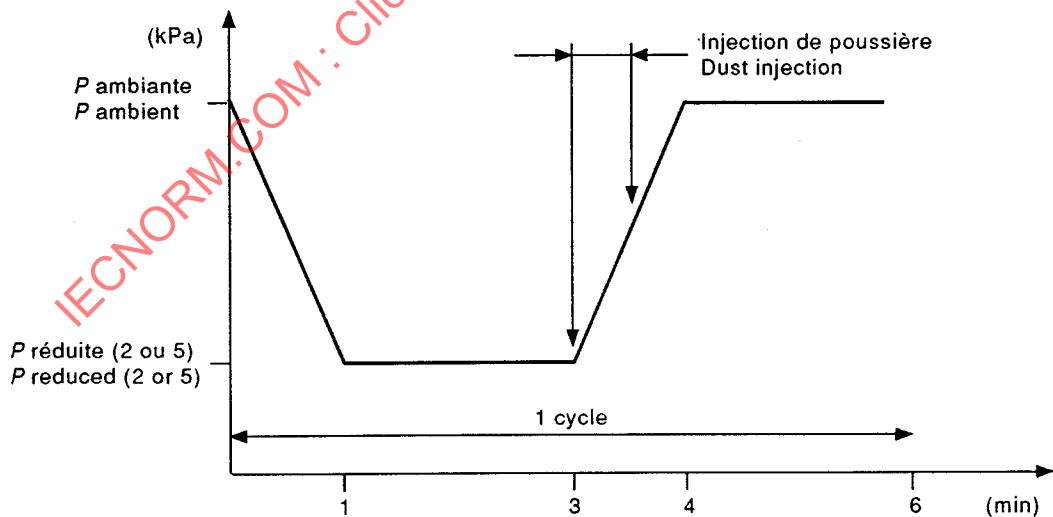
– Blank page –

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-2-68:1994



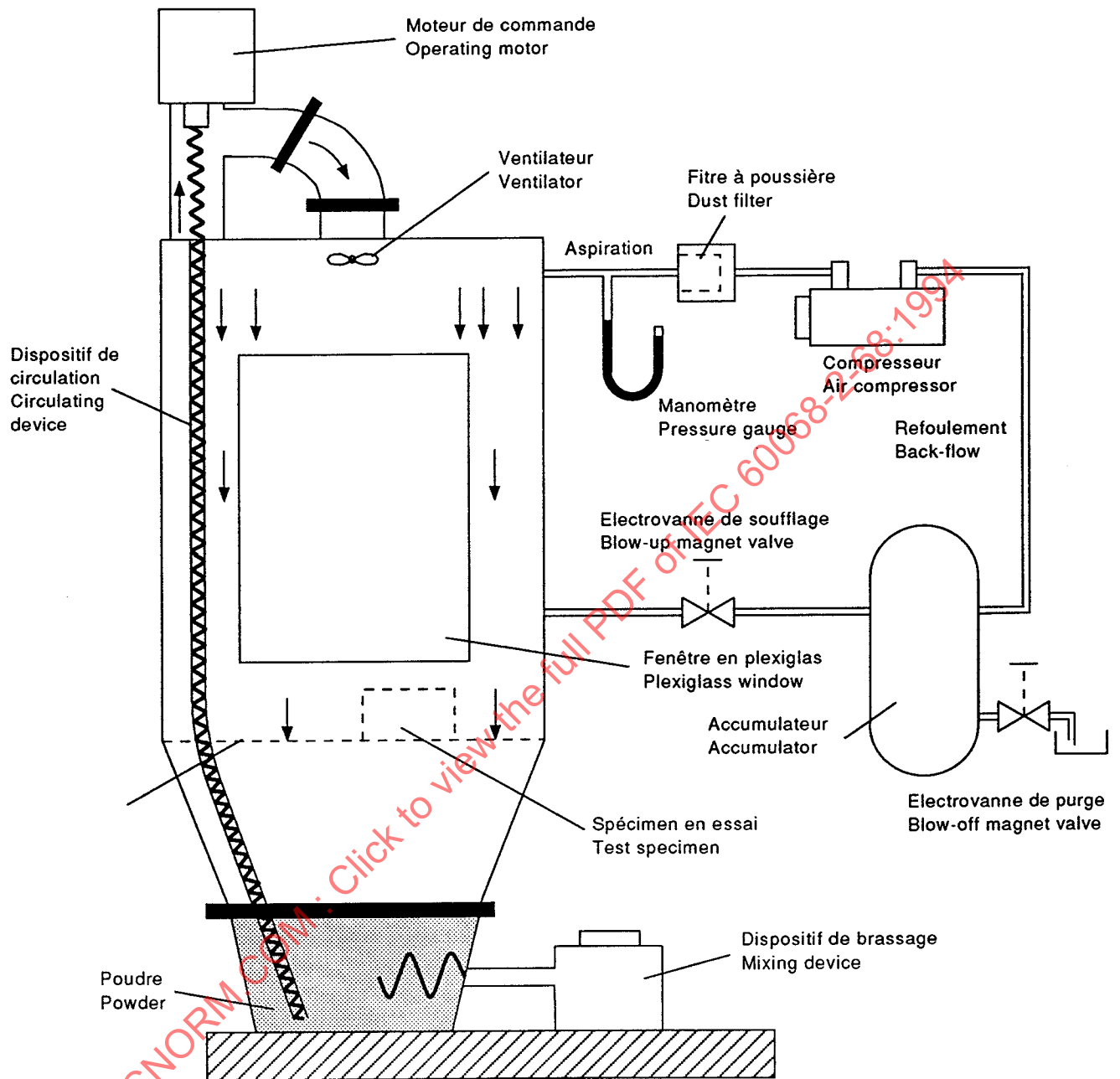
CEI-IEC 77694

Figure 1 – Organigramme des méthodes d'essai
Structuring of test methods



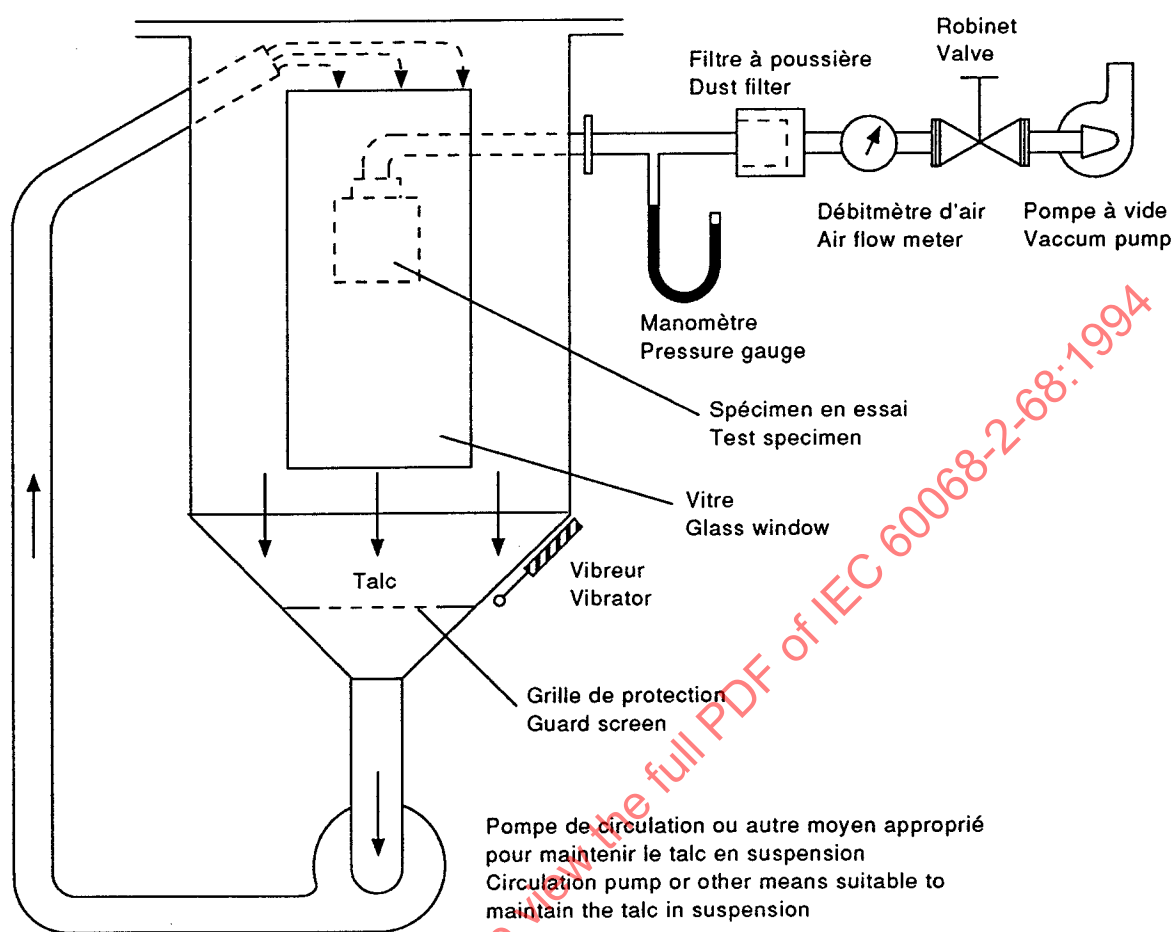
CEI-IEC 77794

Figure 2 – Cycle de pression dans la chambre d'essai – Catégorie 1
Pressure cycle in the test chamber – Category 1



CEI-IEC 778/94

Figure 3 – Exemple de chambre d'essai appropriée pour la méthode La1
Example of a suitable test chamber for method La1



CEI-IEC 779/94

Figure 4 – Exemple de chambre d'essai appropriée pour la méthode La2
Example of a suitable test chamber for method La2