

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC**

TR 61340-2-2

Première édition
First edition
2000-07

Electrostatique –

**Partie 2-2:
Méthodes de mesure –
Mesure de l'aptitude à la charge**

Electrostatics –

**Part 2-2:
Measurement methods –
Measurement of chargeability**



Numéro de référence
Reference number
IEC/TR 61340-2-2:2000

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT

CEI
IEC

TR 61340-2-2

Première édition
First edition
2000-07

Electrostatique –

**Partie 2-2:
Méthodes de mesure –
Mesure de l'aptitude à la charge**

Electrostatics –

**Part 2-2:
Measurement methods –
Measurement of chargeability**

© IEC 2000 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

P

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Généralités	8
1.1 Domaine d'application	8
1.2 Document de référence	8
2 Champs d'application	8
3 Eprouvettes et conditionnement.....	10
4 Méthodes de mesure	10
4.1 Mesures avec une chambre de Faraday	10
4.1.1 Principe.....	10
4.1.2 Appareillage	10
4.1.3 Procédure	14
4.1.4 Résultats.....	14
4.2 Mesures du champ électrostatique	16
4.2.1 Principe.....	16
4.2.2 Appareillage	16
4.2.3 Construction.....	20
4.2.4 Procédure	20
4.2.5 Résultats.....	22
4.3 Mesure du potentiel.....	22
4.3.1 Principe.....	22
4.3.2 Appareillage	22
4.3.3 Procédure	24
4.3.4 Résultats.....	24
5 Essais d'aptitude à la charge	24
5.1 Mesures sur site	24
5.2 Modèles d'essais.....	24
5.2.1 Généralités	24
5.2.2 Essais de frottement	24
5.2.3 Essais de glissement de produits.....	26
5.2.4 Chargement de film sur des rouleaux	26
6 Rapport.....	30
Figure 1 – Exemple de chambre de Faraday	12
Figure 2 – Exemples de configuration de cage de Faraday.....	14
Figure 3 – Sonde à induction de mesure de champ	16
Figure 4 – Moulin à champ avec obturateur rotatif.....	18
Figure 5 – Moniteur de plaque de charge	18
Figure 6 – Exemples de mesureurs de champ à réaction.....	20
Figure 7 – Simulation de chargement par roulement des films en essai	28

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 General.....	9
1.1 Scope	9
1.2 Reference document	9
2 Fields of application	9
3 Test specimens and conditioning.....	11
4 Methods of measurement	11
4.1 Faraday pail measurements	11
4.1.1 Principle.....	11
4.1.2 Apparatus	11
4.1.3 Procedure	15
4.1.4 Results.....	15
4.2 Electrostatic field measurements.....	17
4.2.1 Principle.....	17
4.2.2 Apparatus	17
4.2.3 Construction.....	21
4.2.4 Procedure	21
4.2.5 Results.....	23
4.3 Measurement of potential.....	23
4.3.1 Principle.....	23
4.3.2 Apparatus	23
4.3.3 Procedure	25
4.3.4 Results.....	25
5 Chargeability tests.....	25
5.1 On-site measurements	25
5.2 Model tests	25
5.2.1 General.....	25
5.2.2 Rubbing tests	25
5.2.3 Product sliding tests	27
5.2.4 Film charging over rollers	27
6 Reporting	31
Figure 1 – Example of a Faraday pail.....	13
Figure 2 – Examples of Faraday cage configuration	15
Figure 3 – Induction probe field meter.....	17
Figure 4 – Field mill with rotating shutter.....	19
Figure 5 – Charge plate monitor.....	19
Figure 6 – Illustrations of feedback fieldmeters	21
Figure 7 – Simulation of roller charging of film under test	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉLECTROSTATIQUE –

Partie 2-2: Méthodes de mesure – Mesure de l'aptitude à la charge

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique 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 concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels 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.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent rapport technique peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

La CEI 61340-2-2, qui est un rapport technique, a été établie par le comité 101 de la CEI: Electrostatique.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
101/56/CDV	101/72/RVC

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROSTATICS –

**Part 2-2: Measurement methods –
Measurement of chargeability**

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 co-operation 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 express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, 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.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this technical report may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC 61340-2-2, which is a technical report, has been prepared by IEC technical committee 101: Electrostatics.

The text of this technical report is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
101/56/CDV	101/72/RVC

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

La CEI 61340 comporte les parties suivantes, sous le titre général: Electrostatique

- Partie 1: Guide relatif aux principes de phénomènes électrostatiques ¹⁾
- Partie 2-1: Méthodes de mesure – Méthodes d'essai des matériaux et des surfaces isolants qui dissipent des charges statiques par mesure directe de la vitesse de dissipation des charges électrostatiques ¹⁾
- Partie 2-2: Méthodes de mesure – Mesure de l'aptitude à la charge
- Partie 2-3: Méthodes de mesure – Méthodes d'essais pour la détermination de la résistance et de la résistivité des matériaux planaires solides destinés à éviter les charges électrostatiques
- Partie 3-1: Méthodes pour la simulation des effets électrostatiques – Modèle du corps humain – Test des composants ²⁾
- Partie 3-2: Méthodes pour la simulation des effets électrostatiques – Modèle de machines (MM) – Test des composants ²⁾
- Partie 3-3: Méthodes pour la simulation des effets électrostatiques – Modèle de dispositifs chargés – Test des composants ¹⁾
- Partie 4-1: Méthodes d'essai normalisées pour des applications spécifiques – Comportement électrostatique des revêtements de sol et des sols finis
- Partie 4-2: Méthodes d'essai normalisées pour des applications spécifiques – Méthodes d'essai pour vêtements ¹⁾
- Partie 4-3: Méthodes d'essai normalisées pour des applications spécifiques – Chaussures ²⁾
- Partie 4-4: Propriétés électrostatiques des conteneurs intermédiaires souples en vrac (FIBC) – Méthodes d'essai et prescriptions ¹⁾
- Partie 5-1: Protection des dispositifs électroniques contre les phénomènes électrostatiques – Prescriptions générales
- Partie 5-2: Protection des dispositifs électroniques contre les phénomènes électrostatiques – Guide d'utilisation
- Partie 5-3: Protection des dispositifs électroniques contre les phénomènes électrostatiques – Méthodes d'essai pour emballages destinés aux dispositifs sensibles aux décharges électrostatiques ¹⁾

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2010. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

Ce document, purement informatif, ne doit pas être considéré comme une Norme internationale.

¹⁾ A l'étude.

²⁾ En préparation.

IEC 61340 consists of the following parts, under the general title: Electrostatics

- Part 1: Guide to the principle of electrostatic phenomena ¹⁾
- Part 2-1: Measurement methods – Methods for testing insulating and static dissipative materials and surfaces by direct measurement of the rate of dissipation of static charge ¹⁾
- Part 2-2: Measurement methods – Measurement of chargeability
- Part 2-3: Measurement methods – Methods of test for determining the resistance and resistivity of solid planar materials used to avoid electrostatic charge accumulation
- Part 3-1: Methods for simulation of electrostatic effects – Human body model (HBM) – Component testing ²⁾
- Part 3-2: Methods for simulation of electrostatic effects – Machine model (MM) – Component testing ²⁾
- Part 3-3: Methods for simulation of electrostatic effects – Charged device model (CDM) – Component testing ¹⁾
- Part 4-1: Standard test methods for specific applications – Electrostatic behaviour of floor coverings and installed floors
- Part 4-2: Standard test methods for specific applications – Test methods for garments ¹⁾
- Part 4-3: Standard test methods for specific applications – Footwear ²⁾
- Part 4-4: Electrostatic properties of flexible intermediate bulk containers (FIBC) – Test methods and requirements ¹⁾
- Part 5-1: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – General requirements
- Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – User guide
- Part 5-3: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – Test methods for packagings intended for electrostatic discharge sensitive devices ¹⁾

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2010. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

This document which is purely informative is not to be regarded as an International Standard.

¹⁾ Under consideration.

²⁾ In preparation.

ÉLECTROSTATIQUE –

Partie 2-2: Méthodes de mesure – Mesure de l'aptitude à la charge

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

Le présent rapport technique décrit l'équipement, les montages et les procédures pour la mesure des charges électrostatiques causées par le contact et le mouvement relatif entre des matériaux et donne des exemples de modèles d'expérimentation pour simuler les processus qui interviennent dans la pratique.

1.2 Document de référence

CEI 61340-4-1, *Electrostatique – Méthodes d'essai normalisées pour des applications spécifiques – Comportement électrostatique des revêtements de sol et des sols finis*

2 Champs d'application

Il se produit une charge lors d'un contact entre matériaux de nature électronique ou ionique différente. La charge est ensuite retenue à la coupure du contact et à la séparation des surfaces si au moins un des matériaux est un isolateur électrique ou un conducteur isolé. En général, un mouvement ou un frottement relatif est inévitable en pratique dans la plupart des cas de contact et de séparation, le frottement ayant pour effet d'augmenter la zone de contact réel et l'échauffement local. Une augmentation excessive de la température peut influencer le processus de charge et, à terme, il peut bien entendu y avoir un transfert de matériau entre des surfaces ayant subi une abrasion importante. La polarité de la charge dépend des propriétés électroniques relatives (travail d'extraction) des surfaces de contact. Cependant, en pratique, dans la plupart des situations, l'importance de la charge retenue est limitée par le claquage électrique du milieu existant entre les surfaces de séparation.

Bien que la charge par contact soit très influencée par la contamination de surface, la température de surface et les champs électriques locaux, la charge produite sur un matériau dans une installation fonctionnant en continu, dans des conditions environnementales raisonnablement constantes, peut être assez homogène à la fois en importance et en polarité. Idéalement, il convient que les mesures utilisant les méthodes décrites à l'article 4 soient effectuées sur le système réel en pratique. Les dispositifs d'essai décrits ici ont un caractère essentiellement explicatif mais ils peuvent être utilisés pour estimer l'aptitude à la charge si les mesures sur l'installation réelle ne sont pas possibles.

Le présent rapport technique décrit les méthodes d'essai appropriées pour l'estimation de la production de charges lorsque des matériaux sont frottés, frottent ou coulent sur d'autres matériaux. Comme situations pratiques typiques de production de charges, on peut citer par exemple:

- a) les dispositifs à semi-conducteurs sortant de tubes d'expédition et les dispositifs et cartes de circuit équipées sortant de sacs de transport;
- b) les matériaux glissant sur des surfaces;
- c) le transport pneumatique de poudres;
- d) l'écoulement de liquides dans des tuyaux et des filtres;
- e) le frottement de matériaux;
- f) les matériaux en tissu et film passant sur des surfaces de roulement et le dénudage de bande;
- g) les personnes se déplaçant sur des planchers.

ELECTROSTATICS –

Part 2-2: Measurement methods – Measurement of chargeability

1 General

1.1 Scope

This technical report describes the equipment, arrangements and procedures for measurement of electrostatic charge caused by contact and relative motion between materials and presents examples of model experiments to simulate practical processes.

1.2 Reference document

IEC 61340-4-1, *Electrostatics – Standard test methods for specific applications – Electrostatic behaviour of floor coverings and installed floors*

2 Fields of application

Charge is generated on contact between materials of differing electronic or ionic nature. Charge is subsequently retained on breaking the contact and separation of the surfaces if at least one of the materials is an electrical insulator or isolated conductor. In general, relative motion or rubbing is unavoidable in most practical contact and separation events, the effect of rubbing being to increase real contact area and local heating. Excessive increase in temperature can influence the charging process and ultimately, of course, material transfer can occur between violently abraded surfaces. The polarity of the charge is governed by the relative electronic properties (work function) of the contacting surfaces. In most practical situations, however, the magnitude of the retained charge is limited by electrical breakdown of the medium between the separating surfaces.

Despite contact charging being greatly influenced by surface contamination, surface temperature and local electric fields, the charge produced on a material in a continuously operating plant, under reasonably constant environmental conditions, can be fairly consistent in both magnitude and polarity. Ideally, the measurements using the methods described in clause 4 should be made on the actual practical system. The test arrangements described here are intended as essentially illustrative but can be used to estimate chargeability if measurements on the real plant are not possible.

This technical report describes appropriate test methods for the estimation of charge generation when materials are rubbed, rub or flow on other materials. Typical practical charge generating situations include:

- a) semiconductor devices sliding out of shipping tubes and devices and kitted circuit boards sliding out of transport bags;
- b) materials sliding across surfaces;
- c) pneumatic transport of powders;
- d) flow of liquids through pipes and filters;
- e) rubbing of material;
- f) web and film materials passing over rolling surfaces and peeling of tape;
- g) individuals walking across floor surfaces.

De manière typique, on peut utiliser par exemple

- une chambre de Faraday (voir 4.1) pour les mesures relatives à a), b), c) et d);
- un mesureur de champ (voir 4.2) pour e), f);
- un voltmètre électrostatique (voir 4.3) pour g);
- un moniteur de plaque de charge pour e), f) et g).

3 Epreuves et conditionnement

NOTE Les propriétés électriques des matériaux isolants varient avec la température et la teneur en eau qui dépend de l'humidité relative.

Il convient de noter la température et l'humidité relative au moment et sur le lieu de la mesure. Le cas échéant, il convient de noter les conditions préalables. Il est recommandé de conditionner et de tester les matériaux pour essais dans un laboratoire dans les conditions extrêmes d'environnement attendues en pratique. Des exemples de conditions d'essai pour de telles mesures en laboratoire sont donnés au tableau 1 de la CEI 61340-4-1.

4 Méthodes de mesure

4.1 Mesures avec une chambre de Faraday

4.1.1 Principe

L'excès de charge électrostatique positive ou négative sur un élément ou sur une quantité de matériau est mesuré en plaçant celle-ci dans une chambre conductrice isolée, connue sous le terme de chambre de Faraday. Si toute la charge introduite réalise un couplage avec l'intérieur de la chambre sans couplage résiduel avec l'environnement extérieur, alors la quantité de charge introduite apparaît comme une charge induite de même signe et importance sur l'extérieur de la chambre et peut être mesurée.

NOTE Il n'est pas nécessaire que la charge placée dans la chambre soit réellement conduite vers les parois internes. Ainsi, la méthode de la chambre de Faraday a la même efficacité pour les matériaux isolants et pour les conducteurs.

4.1.2 Appareillage

4.1.2.1 Chambre de Faraday

La forme de base d'un système de chambre de Faraday pour la mesure de charge est représentée à la figure 1. Elle est composée de deux conteneurs concentriques, le conteneur intérieur étant électriquement isolé du conteneur extérieur qui est relié à la terre. Ce dernier est nécessaire pour fournir un blindage électrique contre les champs extérieurs et une protection du système de mesure de charge sensible.

Typically, for example

- a Faraday pail (see 4.1) can be used for measurements involving a), b), c) and d);
- a fieldmeter (see 4.2) for e) and f);
- an electrostatic voltmeter (see 4.3) for g);
- and a charge plate monitor for e), f) and g).

3 Test specimens and conditioning

NOTE The electrical properties of insulating materials vary with temperature and water content which is dependent on relative humidity.

The temperature and relative humidity should be recorded at the time and location of measurement. Preconditions should be recorded where appropriate. Materials for testing in a laboratory should be conditioned and tested under the environmental extremes expected in practice. Examples of test conditions for such laboratory measurements are given in table 1 of IEC 61340-4-1.

4 Methods of measurement

4.1 Faraday pail measurements

4.1.1 Principle

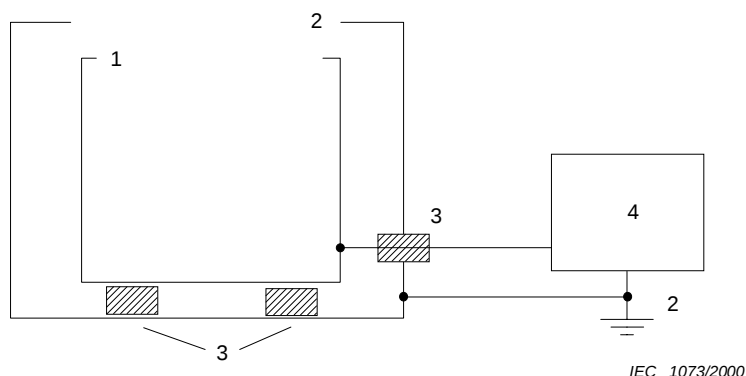
The excess of positive or negative electrostatic charge on an item or on a quantity of material is measured by placing it in an isolated conducting chamber, known as a Faraday pail. If all the charge introduced couples to the inside of the pail with no residual coupling to external surroundings, then the quantity of charge introduced appears as induced charge of the same sign and magnitude on the outside of the pail and can be measured.

NOTE It is not necessary that the charge placed in the pail is actually conducted to the inside walls. So the Faraday pail method is equally effective for insulating materials and for conductors.

4.1.2 Apparatus

4.1.2.1 The Faraday pail

The basic form of a Faraday pail system for measurement of charge is shown in figure 1. It consists of two concentric containers, the inner container being electrically insulated from the outer which is connected to earth. The latter is necessary to provide electrical shielding from external fields and protection for the sensitive charge measuring system.



Légende

- | | |
|-----------------------|-------------|
| 1 Conteneur intérieur | 3 Isolation |
| 2 Blindage | 4 Détecteur |

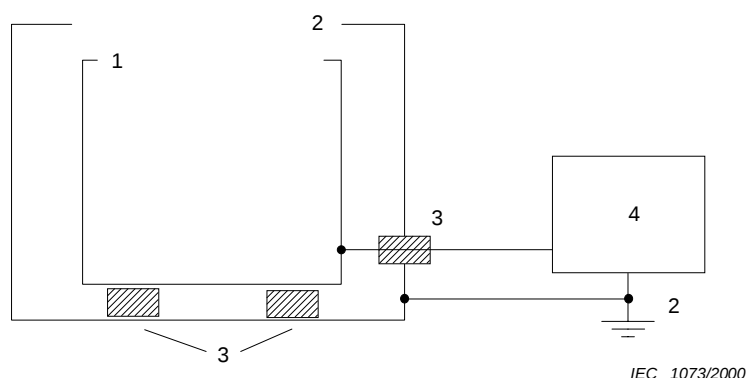
Figure 1 – Exemple de chambre de Faraday

L'isolation sur laquelle la chambre est montée et les connexions et le câblage vers tout circuit de mesure de charge externe sont conçus et construits pour éviter une fuite de charge et des effets de charge piégée. Le choix de l'isolation tient compte de la rigidité mécanique, de la résistance à la fuite, de l'absorption d'humidité et des caractéristiques piézoélectriques. Normalement, il est recommandé que la résistance soit $> 10^{15} \Omega$.

NOTE Pour obtenir une mesure de charge satisfaisante, les calculs de modélisation sur ordinateur montrent que pour moins de 1 % de fuite du flux total d'éléments chargés introduits dans une chambre cylindrique simple en la remplissant au maximum à 30 %, il faut que la chambre ait un rapport profondeur/diamètre supérieur à 1,3. Pour des fuites inférieures à 5 %, il faut que le rapport profondeur/diamètre soit supérieur à 0,8.

4.1.2.2 Circuit de mesure

La charge induite sur l'extérieur du conteneur intérieur peut être mesurée avec un amplificateur d'électromètre en mode «terre virtuelle», voir figure 4. Sinon, on peut mesurer l'augmentation de tension de la chambre avec un mesureur de champ ou un voltmètre électrostatique et on peut calculer la charge en fonction de la capacité connue de la chambre. Dans ce mode, des condensateurs complémentaires peuvent être ajoutés en parallèle à ceux de la chambre pour limiter la variation de tension de la chambre. La figure 2 montre les deux configurations.

**Key**

- | | |
|-------------------|--------------|
| 1 Inner container | 3 Insulation |
| 2 Shield | 4 Detector |

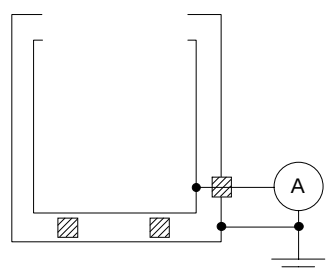
Figure 1 – Example of a Faraday pail

The insulation on which the pail is mounted and the connections and cabling to any external charge measurement circuits are designed and constructed to avoid charge leakage and trapped charge effects. The choice of insulation takes into account mechanical rigidity, leakage resistance, moisture absorption and piezo-electric characteristics. Typically, the resistance should be $> 10^{15} \Omega$.

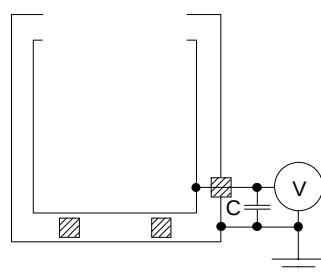
NOTE For satisfactory charge measurement, computer modelling calculations show that for less than 1 % leakage of the total flux from charged items introduced into a simple cylindrical pail form and filling it to no more than 30 %, the pail must have a depth to diameter ratio greater than 1,3. For less than 5 % leakage, the depth to diameter ratio must be greater than 0,8.

4.1.2.2 Measurement circuit

The charge induced on the outside of the inner container can be measured with an electrometer amplifier in the "virtual earth" mode, see figure 4. Alternatively, the increase in voltage of the pail can be measured, using a fieldmeter or electrostatic voltmeter, and the charge calculated in relation to the known capacitance of the pail. In this mode, additional capacitors may be added in parallel to that of the pail to limit the change in pail voltage. Figure 2 shows alternative configurations.



IEC 1074/2000



IEC 1075/2000

Figure 2a – Mode courant

Figure 2b – Mode potentiel

Composants

- A Ampèremètre
- C Condensateur
- V Voltmètre

Figure 2 – Exemples de configuration de cage de Faraday

4.1.3 Procédure

Connecter le boîtier extérieur à la terre, mettre la chambre intérieure à la terre et observer ensuite la réponse du système de mesure en isolant de nouveau ce dernier de la terre.

NOTE 1 Il convient de faire attention en mettant à la terre une chambre de Faraday chargée dans un environnement inflammable dans la mesure où une énergie substantielle peut être stockée sur le système et peut être libérée dans une étincelle entre les contacts de fermeture. Dans de telles circonstances, il est recommandé d'utiliser un relais à vide ou un thyatron.

Supprimer la mise à la terre de la chambre extérieure puis introduire les échantillons dans la chambre sans contact avec d'autres surfaces. La charge totale est mesurée directement. Dans le cas d'un produit qui s'écoule, le courant à la terre peut être enregistré et la charge peut être obtenue par intégration pendant la période de mesure. La masse de poudre ou le volume de liquide collectés peuvent être également enregistrés et la charge par d'unité de masse (ou de volume) peut être calculée.

NOTE 2 Il est important d'utiliser la zone minimale de contact dans le montage collecteur et d'éviter toute action de glissement au moment de la reprise ou du dépôt des éléments dans la chambre. Il est recommandé d'effectuer des vérifications pour s'assurer que la méthode de transfert introduit des charges négligeables en mesurant soigneusement lorsque la charge transférée est supposée être égale à zéro.

4.1.4 Résultats

La charge Q (en coulombs, C) est directement lue par l'électromètre ou, dans le cas de la mesure du potentiel de chambre, donnée par l'équation suivante:

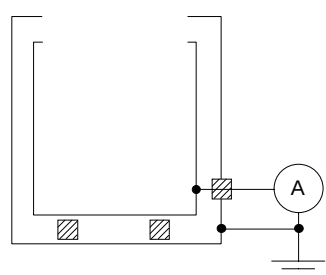
$$Q = C \times U$$

où

C est la capacité totale en farads (F);

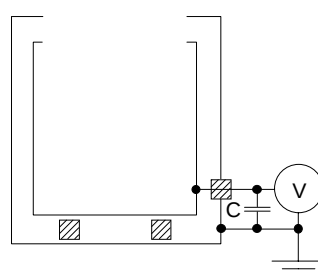
U est la tension en volts (V).

NOTE $C = C_1 + C_2 + C_3$, où C_1 est la capacité de la chambre de Faraday, C_2 est la capacité d'entrée de l'instrument de mesure et C_3 est la capacité des fils de connexion.



IEC 1074/2000

Figure 2a – Current mode



IEC 1075/2000

Figure 2b – Potential mode

Components

- A Amperemeter
- C Capacitor
- V Voltmeter

Figure 2 – Examples of Faraday cage configuration**4.1.3 Procedure**

Connect the outer case to ground and ground the inner pail. Then observe the measuring system response on re-isolating the latter from ground.

NOTE 1 Care should be taken when grounding a charged Faraday pail in a flammable environment since a substantial energy may be stored on the system which can be released in a spark between the closing contacts. In these circumstances a vacuum or gas-filled relay should be used.

Remove the ground from the inner pail and, then introduce the samples into the pail without contact to any other surfaces. The total charge is measured directly. In the case of a flowing product, the current to ground can be recorded and the charge obtained by integration over the measurement period. The mass of powder or volume of liquid collected can also be recorded and the charge per unit mass (or volume) calculated.

NOTE 2 It is important to use the minimum area of contact in the pick-up arrangement and to avoid any sliding action at pick-up or release of items into the pail. Checks should be made, that the method of transfer introduces negligible charge by careful measurement when the charge transferred is expected to be zero.

4.1.4 Results

The charge Q (in coulombs, C) is read directly from the electrometer or, in the case of measurement of the pail potential, given by the following equation:

$$Q = C \times U$$

where

C is the total capacitance in farads (F);

U is the voltage in volts (V).

NOTE $C = C_1 + C_2 + C_3$, where C_1 is the Faraday pail capacitance, C_2 is the input capacitance of the measuring instrument and C_3 is the capacitance of the connecting wires.

Si on mesure le courant à la terre, la charge est obtenue en intégrant le courant sur la durée de la mesure et est donnée par l'équation suivante:

$$Q = \int_0^t I \times dt$$

où

I est le courant en ampères (A);

t la durée de mesure en secondes (s).

Il est recommandé de déterminer la masse de la poudre ou le volume de l'échantillon liquide et de calculer la charge par unité de masse ($C \times \text{kg}^{-1}$) ou par unité de volume ($C \times \text{m}^{-3}$), où C est la charge en coulombs.

4.2 Mesures du champ électrostatique

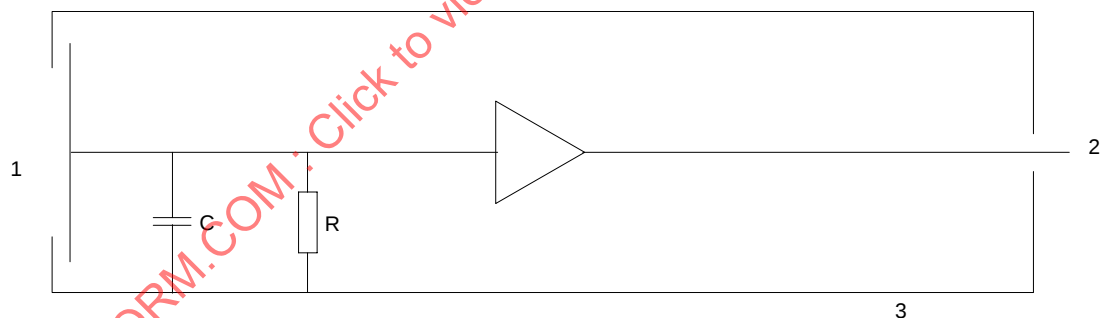
4.2.1 Principe

Les champs électrostatiques sont déterminés en mesurant le potentiel ou la charge induits sur une surface sensible isolée placée dans le champ. Les deux types principaux de dispositifs sont respectivement la sonde à induction et les moulins à champs. Il convient de noter que la lecture d'un instrument peut être influencée par la configuration d'essai.

4.2.2 Appareillage

4.2.2.1 Sondes à induction

Les instruments à sonde à induction sont simples et relativement peu coûteux. Ils sont constitués d'une surface sensible avec une capacité à la terre définie connectée à un amplificateur comme représenté à la figure 3. Étant donné que l'impédance d'entrée n'est pas infinie, ces dispositifs sont les mieux adaptés à l'analyse rapide de surfaces chargées avec référence à un plan de terre.



IEC 1076/2000

Composants

C Capacité
R Résistance à l'entrée

Légende

1 Zone de capteur
2 Sortie
3 Blindage

Figure 3 – Sonde à induction de mesure de champ

4.2.2.2 Moulins à champs

Les mesureurs de champ de type moulins à champs dépassent les limites de stabilité zéro des sondes à induction en utilisant un découpeur rotatif ou oscillant pour moduler le champ électrique observé au niveau de la surface sensible de l'instrument. Le montage général est représenté à la figure 4.

If the current to ground is measured, the charge is obtained by integrating the current over the duration of the measurement and is given by the following equation:

$$Q = \int_0^t I \times dt$$

where

I is the current in amperes (A);

t is the time of measurement in seconds (s).

The mass of the powder or volume of liquid sample should be determined and the charge per unit mass in ($C \times \text{kg}^{-1}$) or charge per unit volume in ($C \times \text{m}^{-3}$) calculated, where C is the charge in coulombs

4.2 Electrostatic field measurements

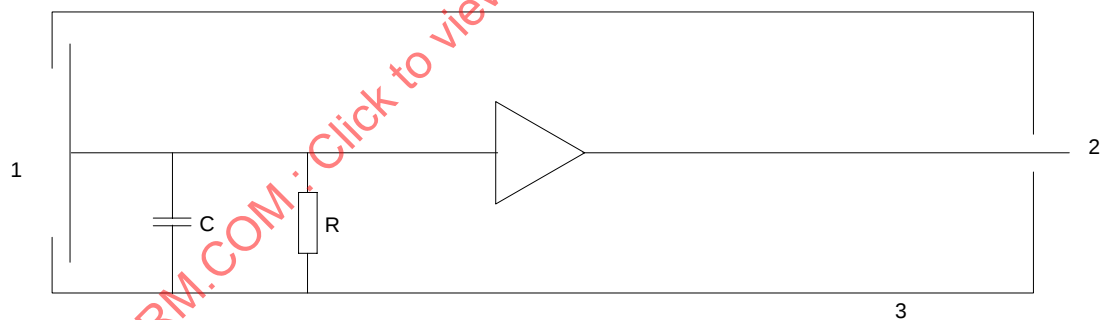
4.2.1 Principle

Electrostatic fields are determined by measuring the potential or charge induced on an isolated sensing surface placed in the field. The two main types are respectively, induction probe and field mill instruments. It should be noted that the reading of an instrument may be influenced by the test geometry.

4.2.2 Apparatus

4.2.2.1 Induction probes

Induction probe instruments are simple and relatively low in cost. They consist of a sensing surface with a defined capacitance to ground connected to an amplifier as shown in figure 3. Since the input impedance is not infinite, these devices are best suited for rapid scanning of charged surfaces with reference to a ground plane.



IEC 1076/2000

Components

C Capacitance
R Input resistance

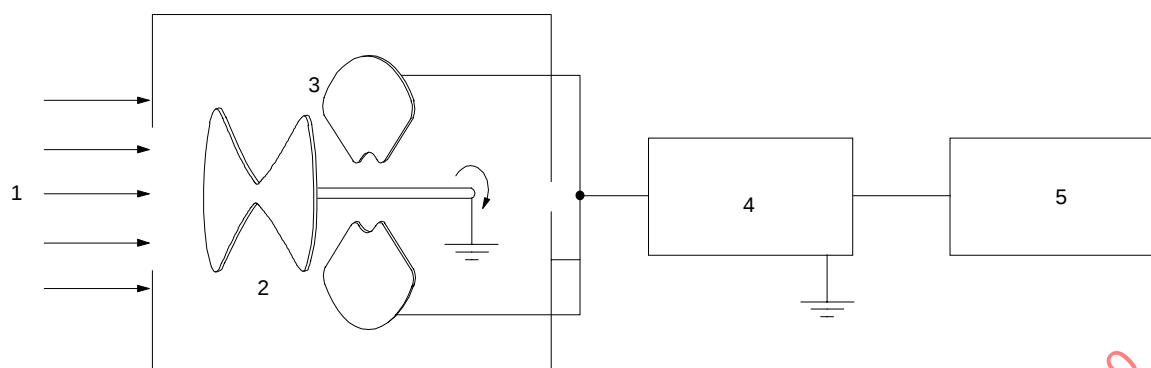
Key

1 Sensor area
2 Output
3 Shield

Figure 3 – Induction probe field meter

4.2.2.2 Field mill instruments

Field mill type fieldmeters overcome the zero stability limitations of induction probes by using a rotating or oscillating chopper to modulate the electric field observed at the sensing surface of the instrument. The general arrangement is shown in figure 4.



IEC 1077/2000

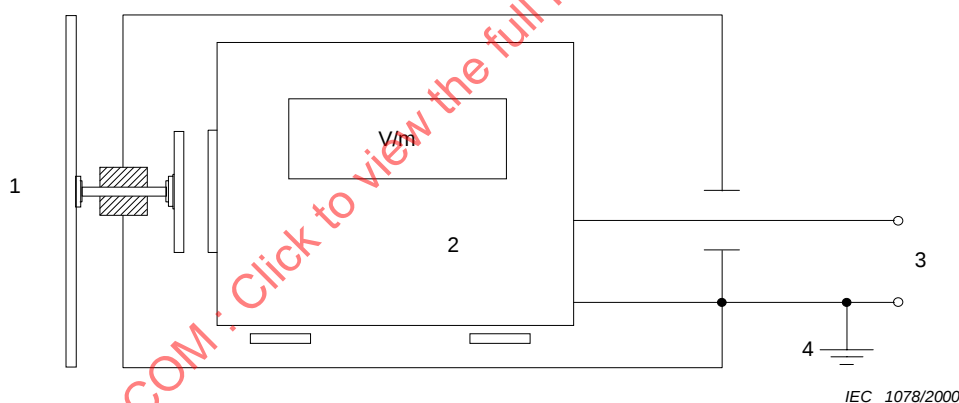
Légende

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 1 Champ électrique | 4 Détecteur sensible à la phase |
| 2 Obturateur rotatif | 5 Affichage |
| 3 Electrode de capteur fixe | |

Figure 4 – Moulin à champ avec obturateur rotatif

4.2.2.3 Moniteur de plaque de charge

Un instrument comprenant une électrode isolée connectée à une seconde électrode vue par un mesureur de champ est représenté à la figure 5.

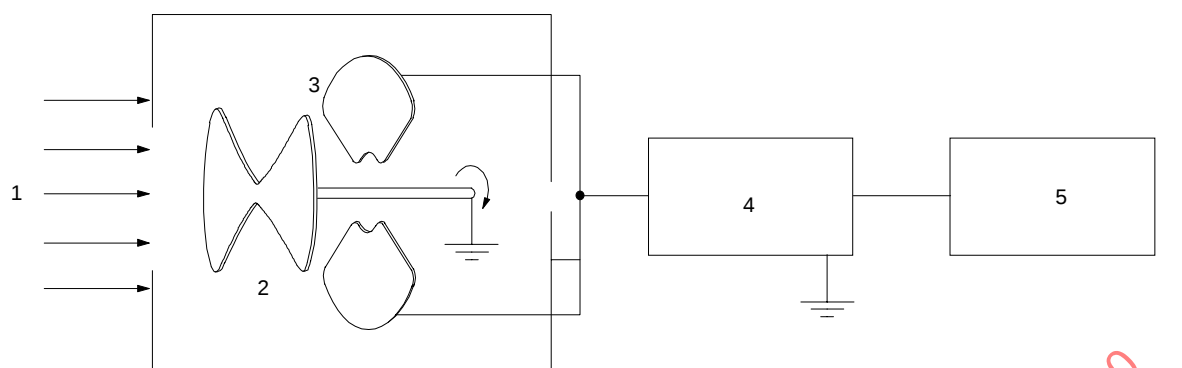


IEC 1078/2000

Légende

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1 Electrode isolée | 3 Sortie extérieure |
| 2 Mesureur de champ | 4 Blindage |

Figure 5 – Moniteur de plaque de charge



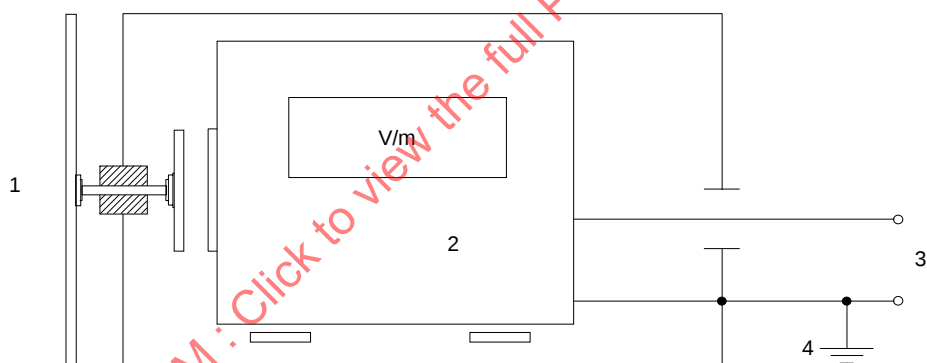
IEC 1077/2000

Key

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1 Electric field | 4 Phase sensitive detector |
| 2 Rotating shutter | 5 Display |
| 3 Fixed sensor electrode | |

Figure 4 – Field mill with rotating shutter**4.2.2.3 Charge plate monitor**

An instrument comprising an isolated electrode connected to a second electrode viewed by a fieldmeter is shown in figure 5.



IEC 1078/2000

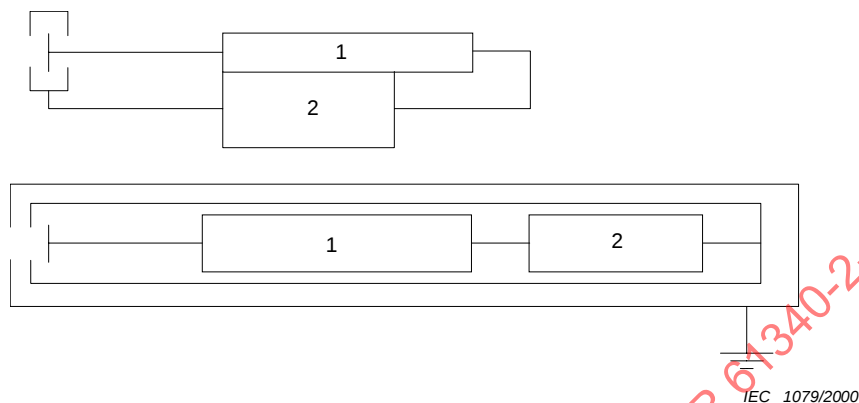
Key

- | | |
|----------------------|-------------------|
| 1 Isolated electrode | 3 External output |
| 2 Fieldmeter | 4 Shield |

Figure 5 – Charge plate monitor

4.2.2.4 Mesureur de champ à réaction

Les mesureurs de champs à réaction dépassent les limites de stabilité zéro des sondes à induction en utilisant un découpeur pour moduler le champ électrique au niveau d'une électrode sensible et par réaction de tension vers une seconde électrode pour annuler le champ d'entrée. Cela est illustré à la figure 6.



Légende

- 1 Electromètre
- 2 Réaction

Figure 6 – Exemples de mesureurs de champ à réaction

4.2.3 Construction

La surface sensible de l'instrument est une surface ou une limite conductrice plate à l'intérieur d'un boîtier en matériau conducteur ou dissipatif statique et reliée à la terre par l'intermédiaire d'un point de mise à la terre clairement identifié.

Il est recommandé que l'affichage de l'instrument et la sortie de signal donnent une réponse linéaire au champ électrique, symétrique avec polarité et sans hystérésis. Il est recommandé que l'affichage montre les valeurs de champ électrique avec polarité en volts par mètre ou en kilovolts par mètre.

Les instruments alimentés par batterie doivent fournir une indication lorsque le niveau de tension de la batterie est bas, dans la mesure où cela peut affecter l'exactitude.

Les dispositifs de connexion de sortie de signal sont souvent pratiques pour pouvoir enregistrer les observations en continu ou les transférer vers un traceur ou un micro-ordinateur.

NOTE Certains instruments utilisés pour la mesure des champs électrostatiques n'affichent que les valeurs pour les volts et pas pour les volts par mètre. Ces valeurs d'affichage sont étalonnées à une distance fixe par rapport à la surface chargée en cours de mesurage. Il faut prendre soin de ménager une distance précise entre l'instrument de mesure et la surface chargée lorsqu'on utilise ces instruments.

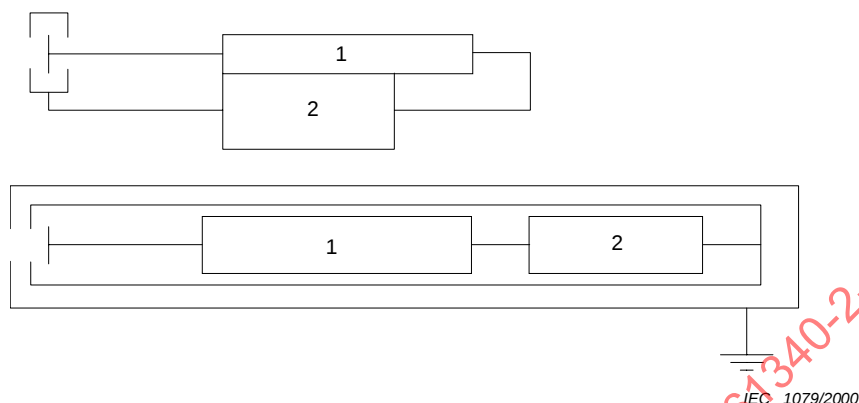
4.2.4 Procédure

4.2.4.1 Réglage du zéro et vérification de la stabilité

Il est recommandé que les sondes à induction et les mesureurs de champ soient mis sous tension ou «mis à zéro» dans une région sans champs électriques, par exemple à proximité d'une surface métallique reliée à la terre, ou dans l'idéal à proximité d'une enveloppe de Faraday, en ayant relié le boîtier de l'instrument à la terre. Il est recommandé d'observer la stabilité de la lecture du zéro dans une région sans champs pendant des durées comparables au temps nécessaire pour la mesure. Le mesureur de champ est ensuite déplacé pour observer une valeur constante élevée d'un champ électrique obtenue en appliquant une tension continue à une plaque métallique à une distance connue et fixe par rapport à l'ouverture du mesureur de champ, assurant ainsi qu'aucun matériau isolant ou qu'aucune surface chargée n'est à proximité.

4.2.2.4 Feedback fieldmeter

Feedback fieldmeters overcome the zero stability limitations of induction probes by using a chopper to modulate the electric field at a sensing electrode and by feedback of voltage to a second electrode to null the input field. This is illustrated in figure 6.



Key

- 1 Electrometer
- 2 Feedback

Figure 6 – Illustrations of feedback fieldmeters

4.2.3 Construction

The sensing surface of the instrument is a flat conducting surface or boundary within a case which is made from conductive or a static dissipative material, and connected to ground via a clearly identified ground bonding point.

The instrument display, and signal output, should give a linear response to electric field, symmetrical with polarity and with no hysteresis. The display should show electric field values with polarity in volts per meter or kilovolts per meter.

Battery powered instruments shall provide an indication when the battery voltage level is low since accuracy can be compromised.

Signal output connection facilities are often convenient, allowing observations to be continuously recorded or transferred into a plotter or a microcomputer.

NOTE Some instruments used for electrostatic field measurement display values only for volts and not for volts per meter. These display values are calibrated at a fixed distance from the charged surface being measured. Care must be taken to assure accurate distance from the measurement instrument to the charged surface when using these instruments.

4.2.4 Procedure

4.2.4.1 Zero adjustment and stability check

Induction probes and fieldmeters should be switched on or 'zeroed' in a region free of electric fields, such as close to an earthed metal surface, ideally a Faraday enclosure, having connected the case of the instrument to ground. The stability of the zero reading should be observed in a field-free region over times comparable to the expected time needed for measurement. The fieldmeter is then moved to observe a constant high value of electric field obtained by applying a steady voltage to a metal plate at a known, fixed distance from the fieldmeter aperture, ensuring that no insulating materials or charged surfaces are in the vicinity.

Le rythme de variation de la lecture est observé pour estimer la constante de temps de décharge en entrée. Après un temps limité (moins de 2 %) comparé à la constante de temps d'entrée, l'instrument est remis dans une zone sans champ et on note toute variation de la lecture de zéro.

4.2.4.2 Mesure du champ électrique

Le mesureur de champ est relié à la terre avant de pouvoir prendre toute mesure. Il est recommandé que les mesures soient terminées, à la distance spécifiée, dans un temps déterminé comme court par rapport à la constante du temps de décharge en entrée et sans remise à zéro. Vérifier périodiquement le zéro du mesureur de champ et enregistrer la lecture.

NOTE S'assurer que les surfaces autour de la région sensible sont propres. Les particules isolantes se chargent facilement et toute particule de ce type se déposant dans ou autour de la zone sensible décalera le zéro de l'instrument. Les purges d'air aident à éviter le dépôt de particules.

4.2.5 Résultats

Le résultat est la valeur des lectures individuelles en volts par mètre.

4.3 Mesure du potentiel

4.3.1 Principe

Le potentiel sur un objet conducteur peut être mesuré en effectuant une connexion avec un voltmètre électrostatique.

NOTE Pour les petits objets (de faible capacité), il faut autoriser une réduction du potentiel mesuré causée en connectant la capacité d'essai et la capacité de mesure en parallèle.

Les potentiels sur des surfaces ou dans un espace peuvent également être mesurés par une méthode sans contact.

4.3.2 Appareillage

4.3.2.1 Voltmètres électrostatiques à contact

Un voltmètre électrostatique à contact présente une résistance d'entrée très élevée – supérieure à $10^{14} \Omega$ – et une faible capacité à la terre, et mesure le potentiel directement par connexion à l'objet en essai.

4.3.2.2 Sondes à induction et moulins à champs

Ces instruments sont décrits en 4.2.2.1 et 4.2.2.2.

Le potentiel U (V) d'une surface distante de d (m) de l'ouverture d'un mesureur de champ mesurant un champ E (V/m) est donné par

$$U = f \times E \times d$$

où f est un facteur de correction (voir note 1 en 4.3.3.2).

4.3.2.3 Voltmètre électrostatique sans contact

Une sonde de tension (voir figure 6) comprend un mesureur de champ dans lequel la tension de sortie est renvoyée pour annuler le champ observé. Un mesureur de champ non relié à la terre, alimenté par batterie peut être utilisé dans le même mode en appliquant un potentiel externe au boîtier du mesureur de champ pour réduire le champ observé à zéro.

The rate of change of reading is observed to estimate the input decay time constant. After a time that is short (less than 2 %) compared to the input time constant, the instrument is returned to a field-free region and any change in the zero reading noted.

4.2.4.2 Measurement of electric field

The fieldmeter is connected to ground before any measurements can be taken. The measurements should be completed, at the specified distance, within a time determined as being short compared to the input decay time constant and without re-zeroing. Check the fieldmeter zero periodically and record the reading.

NOTE Ensure that the surfaces around the sensing region are clean. Insulating particles readily become charged and any such particles deposited in or around the sensing region will offset the instrument zero. Air purging helps prevent particle deposition.

4.2.5 Results

The result is the value of the individual readings in volts per meter.

4.3 Measurement of potential

4.3.1 Principle

The potential on a conducting object may be measured by connection to an electrostatic voltmeter.

NOTE For small objects (of low capacity) allowance must be made for the reduction in measured potential caused by connecting the test capacitance and meter capacitance in parallel.

Potentials on surfaces or in a space may also be measured by a non-contacting method.

4.3.2 Apparatus

4.3.2.1 Contact electrostatic voltmeters

A contact electrostatic voltmeter presents a very high – greater than $10^{14} \Omega$ – input resistance and low capacitance to ground and measures potential directly by connection to the object under test.

4.3.2.2 Induction probes and field mills

These instruments are described in 4.2.2.1 and 4.2.2.2.

The potential U (V) of a surface distant d (m) from the aperture of a field meter measuring a field E (V/m) is given by:

$$U = f \times E \times d$$

where f is a correction factor (see note 1 in 4.3.3.2).

4.3.2.3 Non-contact electrostatic voltmeter

A voltage follower probe (figure 6) comprises a field meter in which the output voltage is fed back to null the observed field. An unearthed, battery-driven, fieldmeter can be used in the same mode by applying an external potential to the fieldmeter case to reduce the observed field to zero.

4.3.3 Procédure

4.3.3.1 Voltmètre électrostatique à contact

Le voltmètre électrostatique à contact est directement relié à l'objet électriquement conducteur. Il convient de noter que cette méthode est seulement appropriée pour les objets dont la capacité à la terre est bien plus importante que celle de l'ensemble du système de mesure.

NOTE Il convient de tenir compte de l'influence de la capacité de l'instrument lorsque les capacités des deux instruments et de l'objet en essai sont connues (voir 4.1.4).

4.3.3.2 Mesureur de champ

Un mesureur de champ est placé à une distance connue par rapport à la surface en essai et le champ mesuré est enregistré.

NOTE 1 Le champ entre la surface et l'ouverture du mesureur de champ peut ne pas être uniforme et il faut appliquer un facteur de correction f , obtenu par étalonnage pour la disposition géométrique particulière.

NOTE 2 La présence d'un mesureur de champ relié à la terre peut augmenter de manière significative la capacité à la terre de la surface ou du corps et affecter ainsi le potentiel mesuré. Une grande séparation est utilisée pour éviter les décharges d'étincelles mais il faut veiller à éliminer les effets des charges locales externes.

4.3.3.3 Voltmètre sans contact

La tension nécessaire pour annuler le champ d'entrée est enregistrée par l'intermédiaire de la sonde de tension (voir figure 6). Le résultat est largement indépendant de la séparation appareil de mesure-surface.

4.3.4 Résultats

Le résultat est enregistré comme la valeur des lectures individuelles en volts.

5 Essais d'aptitude à la charge

5.1 Mesures sur site

L'accumulation de charge sur des installations ou des personnes électriquement isolées peut être déterminée en mesurant directement le potentiel par la méthode décrite en 4.3 ou par la mesure du champ électrique à la surface, comme décrit en 4.2.

5.2 Modèles d'essais

5.2.1 Généralités

Il est recommandé que tous les essais commencent avec une mesure pour assurer que les deux composants à placer en contact ne sont pas chargés au départ. Il est recommandé que les deux composants qui doivent être placés en contact ne soient pas influencés par un contact avec un troisième composant.

5.2.2 Essais de frottement

Le chargement d'échantillons de matériau ou d'éléments par frottement pendant et directement après la fin du frottement, si une charge suffisante est retenue, peut être mesuré par une de ces méthodes. Le frottement doit être effectué de telle sorte que toute la zone de l'échantillon sur laquelle la mesure doit être effectuée puisse être frottée de manière uniforme à une vitesse, dans une direction, avec une pression et pour une durée connue conformes aux prescriptions.

4.3.3 Procedure

4.3.3.1 Contact electrostatic voltmeter

The contact electrostatic voltmeter is connected directly to the electrically conducting object. It should be noted that this method is only appropriate for objects whose capacitance to ground is much greater than that of the total measuring system.

NOTE The influence of the capacitance of the instrument should be allowed for when the capacitances of both the instrument and the object under test are known (see 4.1.4).

4.3.3.2 Fieldmeter

A fieldmeter is placed at a known distance from the surface under test and the measured field recorded.

NOTE 1 The field between the surface and the fieldmeter aperture may be non-uniform and a correction factor f , obtained by calibration for the particular geometric arrangement, must be applied.

NOTE 2 The presence of a grounded fieldmeter may significantly increase the capacitance to ground of the surface or body and so affect the measured potential. A large separation is used to avoid spark discharges but care must be taken to eliminate the effects of extraneous local charges.

4.3.3.3 Non-contact voltmeter

The voltage required to null the input field is recorded via the voltage follower probe (see figure 6). The result is largely independent of the meter-to-surface separation.

4.3.4 Results

The result is recorded as the value of the individual readings in volts.

5 Chargeability tests

5.1 On-site measurements

The charge accumulation on electrically isolated plant or people can be determined by measuring the potential directly using the method described in 4.3 or by measurement of the electric field at the surface as described in 4.2.

5.2 Model tests

5.2.1 General

All tests should start with a measurement to ensure that the two components to be placed in contact are not initially charged. The two components to be placed in contact should not be influenced by contact with a third component.

5.2.2 Rubbing tests

The charging of samples of material or items by rubbing, during and directly after cessation of rubbing, if there is sufficient charge retention can be measured by any of these methods. Rubbing shall be such that the whole area of the sample over which the measurement is to be made can be uniformly rubbed at prescribed speed, direction, pressure and for a known duration.