

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

**CEI
IEC**

TECHNICAL SPECIFICATION

61340-5-2

Première édition
First edition
1999-02

Electrostatique –

Partie 5-2:

**Protection des dispositifs électroniques
contre les phénomènes électrostatiques –
Guide d'utilisation**

Electrostatics –

Part 5-2:

**Protection of electronic devices
from electrostatic phenomena –
User guide**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61340-5-2/TS:1999

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* (IEV).

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.

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

TECHNICAL SPECIFICATION

**CEI
IEC**

61340-5-2

Première édition
First edition
1999-02

Electrostatique –

Partie 5-2: Protection des dispositifs électroniques contre les phénomènes électrostatiques – Guide d'utilisation

Electrostatics –

Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – User guide

© IEC 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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

XA

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	8
INTRODUCTION	12
Articles	
1 Domaine d'application	16
2 Références normatives	18
3 Définitions	20
4 Signalisations et marquages – Généralités	22
4.1 Marquages	22
4.1.1 Marquage des ESDS	22
4.1.2 Marquage des emballages	24
4.1.3 Marquage des équipements	24
4.3 Signalisations destinées aux zones protégées contre les ESD (EPA)	24
5 Zones protégées contre les ESD (EPA) – Généralités	24
5.1 Configuration	26
5.1.1 Généralités	26
5.1.3 EPA à haute tension	26
5.2 Prescriptions relatives aux éléments de protection spécifiques contre les ESD	28
5.2.1 Généralités	28
5.2.2 Surfaces de travail et éléments de stockage	28
5.2.3 Revêtements de sols	28
5.2.4 Sièges	30
5.2.5 Vêtements	30
5.2.6 Gants et doigtsiers	32
5.2.7 Bracelet de terre EPA	32
5.2.8 Chaussures	34
5.2.9 Ioniseurs (voir [3])	34
5.2.10 Outils, machines, distributeurs et matériel d'essai	44
5.2.11 Chariots et tables roulantes	46
5.3 Construction d'une EPA	48
5.3.1 Généralités	48
5.3.2 Installation de terre ESD	48
5.3.3 Point de connexion à la terre EPA (EBP)	48
5.3.4 Cordons de terre EPA	50
5.3.5 Champs électrostatiques	50
5.3.6 Certification de conformité	50
5.4 Activités de terrain	50
5.5 Pratiques de travail dans l'EPA	52
6 Emballage de protection	54
7 Achat, réception, stockage et manipulation	58
7.1 Généralités	58
7.2 Achat	58
7.3 Réception et stockage	60
7.4 Déballage, contrôle et stockage à l'intérieur d'une EPA	60

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9
INTRODUCTION	13
Page	
1 Scope	17
2 Normative references	19
3 Definitions	21
4 Signs and markings – General	23
4.1 Markings	23
4.1.1 ESDS marking	23
4.1.2 Packaging marking	25
4.1.3 Equipment marking	25
4.3 Signs for ESD protected areas (EPA)	25
5 ESD protected area (EPA) – General	25
5.1 Configuration	27
5.1.1 General	27
5.1.3 High-voltage EPA	27
5.2 Requirements for specific ESD protective items	29
5.2.1 General	29
5.2.2 Working surfaces and storage racks	29
5.2.3 Floors	29
5.2.4 Seating	31
5.2.5 Garments	31
5.2.6 Gloves and finger cots	33
5.2.7 Wrist strap	33
5.2.8 Footwear	35
5.2.9 Ionizers (see [3])	35
5.2.10 Tools, machinery, dispensers and test equipment	45
5.2.11 Trolleys and carts	47
5.3 Construction of an EPA	49
5.3.1 General	49
5.3.2 EPA ground facility	49
5.3.3 EPA ground bonding point (EBP)	49
5.3.4 EPA ground cords	51
5.3.5 Electrostatic fields	51
5.3.6 Certification of conformance	51
5.4 Field work	51
5.5 EPA working practices	53
6 Protective packaging	55
7 Purchase, receipt, storage and handling	59
7.1 General	59
7.2 Purchase	59
7.3 Receipt and storage	61
7.4 Unpacking, inspection and storage within an EPA	61

Articles	Pages
8 Formation	60
8.1 Formation ESD structurée et pertinente.....	60
8.2 Formation du personnel	62
8.4 Eléments à prendre en considération lors de la formation	62
8.5 Renouvellement de la formation	64
8.6 Registre du personnel formé	64
8.7 Formation dispensée par le coordinateur ESD	64
8.8 Qualification du formateur	64
9 Responsabilités qualité	64
9.1 Responsabilités	64
9.2 Coordinateur ESD	66
9.3 Acquisition des éléments de protection ESD	66
9.4 Contrôle des précautions électrostatiques	66
9.6 Contrôles quotidiens	68
9.6.1 Contrôle visuel	68
9.6.2 Bracelets de terre EPA	70
9.6.3 Chaussures non permanentes	70
9.7 Contrôles mensuels	70
9.8 Contrôles semestriels	70
9.8.1 Généralités.....	70
9.8.2 Champs électrostatiques	70
9.8.3 Signalisation et étiquettes	72
10 Instructions pour les audits périodiques.....	72
10.1 Tableau 1 de la CEI 61340-5-1 – Prescriptions relatives aux éléments de protection contre les ESD.....	74
10.2 Tableau 2 de la CEI 61340-5-1 – Caractéristiques d'emballage	76
10.3 Tableau 3 de la CEI 61340-5-1 – Exemple de rapport d'audit (résumé).....	76
10.4 Tableau 4 de la CEI 61340-5-1 – Liste du matériel d'une EPA	78
Annexe A (normative) Méthodes d'essai	80
A.1 Méthode de mesure de la résistance pour les essais de sol, surface de travail ou éléments de stockage	80
A.2 Méthode de mesure de résistance pour les essais de sièges.....	80
A.3 Méthode de mesure de résistance pour les essais sur des vêtements	80
A.5 Bracelets de terre EPA, chaussures, gants, doigts et outils	82
A.6 Méthode d'essai et matériel d'ionisation (voir [3])	82
A.7 Méthode d'essai pour l'évaluation des performances de blindage électrostatique des matériaux – Sacs (voir [3])	84
Annexe B (informative) Méthodes d'essai relatives à la décroissance de la charge	88
B.1 Méthode de mesure de la décroissance de la charge	88

Clause	Page
8 Training	61
8.1 Relevant structured training ESD.....	61
8.2 Personnel training	63
8.4 Items for consideration in training.....	63
8.5 Retraining	65
8.6 Register of trained personnel	65
8.7 Training provided by the ESD co-ordinator	65
8.8 Training officer qualification	65
9 Quality responsibilities	65
9.1 Responsibilities.....	65
9.2 ESD co-ordinator	67
9.3 Procurement of ESD protective items	67
9.4 Checking of electrostatic precautions	67
9.6 Daily checks	69
9.6.1 Visual daily check	69
9.6.2 Wrist straps.....	71
9.6.3 Non-permanent footwear	71
9.7 Monthly checks	71
9.8 Six-monthly checks	71
9.8.1 General	71
9.8.2 Electrostatic fields	71
9.8.3 Signs and labels	73
10 Periodic audit instructions	73
10.1 Table 1 of IEC 61340-5-1 – ESD protective item requirements.....	75
10.2 Table 2 of IEC 61340-5-1 – Packaging characteristics	77
10.3 Table 3 of IEC 61340-5-1 – Example of audit report (summary)	77
10.4 Table 4 of IEC 61340-5-1 – EPA equipment list	79
Annex A (normative) Test methods	81
A.1 Resistance measurement method for the testing of floor, working surface or storage rack	81
A.2 Resistance measurement method for the testing of seating	81
A.3 Resistance measurement method for the testing of garments.....	81
A.5 Wrist straps, footwear, gloves, finger cots and tools.....	83
A.6 Test method and equipment for ionization (see [3]).....	83
A.7 Test method for evaluating the performance of electrostatic discharge shielding material – Bags (see [3])	85
Annex B (informative) Test methods for charge decay	89
B.1 Method of measurement of charge decay.....	89

Articles	Pages
Annexe C (informative) Considérations pour la conception destinées à minimiser les effets des ESD	90
C.1 Identification	90
C.3 Conception des dispositifs sensibles aux décharges électrostatiques (ESDS)	90
C.4 Conception des ensembles	92
C.5 Conception des emballages	94
C.6 Conception des systèmes	94
C.7 Procédure d'évaluation de la conception	94
Annexe DD (informative) Principes et méthodes de contrôle de l'électricité statique	96
DD.1 Méthodes	96
DD.2 Principes	96
Annexe EE (informative) Principes de la relation entre la charge, la densité de charge, le champ et le potentiel	102
EE.1 Corps conducteur isolé	102
EE.2 Corps isolant	102
Annexe FF (informative) Bibliographie	108
Figure 101 – Tension corporelle maximale générée par rapport à la résistance	54

Clause	Page
Annex C (informative) Design considerations to minimize the effects of ESD.....	91
C.1 Identification.....	91
C.3 Design of electrostatic discharge sensitive devices (ESDS).....	91
C.4 Design of assemblies	93
C.5 Packaging design	95
C.6 System design.....	95
C.7 Design evaluation procedure.....	95
Annex DD (informative) Principles and methods of controlling static electricity	97
DD.1 Methods	97
DD.2 Principles	97
Annex EE (informative) Principles of relationship between charge, charge density, field and potential	103
EE.1 Insulated conducting body	103
EE.2 Insulating body	103
Annex FF (informative) Bibliography	109
Figure 101 – Maximum body voltage generated against resistance.....	55

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉLECTROSTATIQUE –

Partie 5-2: Protection des dispositifs électroniques contre les phénomènes électrostatiques – Guide d'utilisation

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 de la présente spécification 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. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;

Les spécifications techniques font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales.

La CEI 61340-5-2, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 101 de la CEI: Electrostatique.

Le texte de cette spécification technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
101/19/CDV	101/40/RVC

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROSTATICS –

**Part 5-2: Protection of electronic devices
from electrostatic phenomena – User guide**

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 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 Specification 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. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- The subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

Technical specifications are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards.

IEC 61340-5-2, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 101: Electrostatics.

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

Enquiry draft	Report on voting
101/19/CDV	101/40/RVC

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

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

La présente spécification technique doit être lue conjointement avec la CEI 61340-5-1. Le système de numérotation d'articles suit le système de numérotation de la CEI 61340-5-1. Tous les articles et paragraphes ne nécessitent pas une explication dans ce guide d'utilisation. Dans ce cas, ils sont omis.

Les paragraphes, figures ou tableaux complémentaires à ceux de la CEI 61340-5-1 sont numérotés à partir de 101; les annexes complémentaires sont appelées DD, EE, etc.

L'annexe A fait partie intégrante de cette spécification technique.

Les annexes B, C, DD, EE et FF sont données uniquement à titre d'information.

La CEI 61340 comporte les parties suivantes sous le titre général *Electrostatique*.

- Partie 1 *Généralités*
- Partie 2-1 *Méthodes de mesure en électrostatique – Aptitude à la charge*
- Partie 2-2 *Méthodes de mesure en électrostatique – Résistances et résistivités*
- Partie 3-1 *Méthodes de simulation des effets électrostatiques – Simulation de décharge électrostatique – Modèle du corps humain (HBM)*
- Partie 3-2 *Méthodes de simulation des effets électrostatiques – Simulation de décharge électrostatique – Modèle de la machine (MM)*
- Partie 3-3 *Méthodes de simulation des effets électrostatiques – Simulation de décharge électrostatique – Modèle du composant chargé (CDM)*
- Partie 4-1 *Méthodes d'essai normalisées pour les applications spécifiques – Comportement électrostatique des matériaux de revêtement de sols et des sols finis*
- Partie 4-2 *A l'étude*
- Partie 4-3 *Méthodes d'essai normalisées pour les applications spécifiques – Méthodes d'essai pour la caractérisation des chaussures de protection électrostatique*
- Partie 5-1 *Protection des dispositifs électroniques contre les phénomènes électrostatiques – Exigences générales*
- Partie 5-2 *Protection des dispositifs électroniques contre les phénomènes électrostatiques – Guide d'utilisation*

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

This technical specification is to be read in conjunction with IEC 61340-5-1. The clause numbering system follows the numbering system of IEC 61340-5-1. Not all clauses or subclauses need explanation in this user guide. Where this is the case, they have been omitted.

Subclauses, figures or tables which are additional to those in IEC 61340-5-1 are numbered starting from 101; supplementary annexes are entitled DD, EE, etc.

Annex A forms an integral part of this technical specification.

Annexes B, C, DD, EE and FF are for information only.

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

- Part 1 *General*
- Part 2-1 *Measurement methods in electrostatics – Chargeability*
- Part 2-2 *Measurement methods in electrostatics – Resistances and resistivities*
- Part 3-1 *Methods for simulating electrostatic effects – Electrostatic discharge simulation – Human Body Model (HBM)*
- Part 3-2 *Method for simulating electrostatic effects – Electrostatic discharge simulation – Machine Model (MM)*
- Part 3-1 *Methods for simulating electrostatic effects – Electrostatic discharge simulation – Charged Device Model (CDM)*
- Part 4-1 *Standard test methods for specific applications – Electrostatic behaviour of floor coverings and installed floors*
- Part 4-2 *Under consideration*
- Part 4-3 *Standard test methods for specific applications – Test methods for the characterization of electrostatic protective footwear*
- Part 5-1 *Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – General requirements*
- Part 5-2 *Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – User guide*

INTRODUCTION

La décharge électrostatique (ESD) est un phénomène connu de l'homme depuis des siècles, mais à l'exception des quelques malheureuses victimes de la foudre, son impact sur la vie quotidienne est resté pendant longtemps très limité. Des évolutions plus récentes ont modifié cette situation, et la décharge électrostatique influence aujourd'hui plusieurs domaines de notre vie. Il est nécessaire, en particulier pour les professionnels manipulant des explosifs, utilisant du matériel médical de pointe, ou des appareils électroniques, de prendre conscience de ces effets et des moyens de s'en protéger.

Les risques d'endommagement de dispositifs semi-conducteurs et de certains autres composants électroniques, dus à l'électricité statique, se traduisent principalement de deux manières:

- décharges d'électricité statique générées par des conducteurs ou des isolants chargés provoquant une fusion et une évaporation de pistes fines sur les puces de circuits intégrés;
- champs électriques générés par des conducteurs ou isolants chargés provoquant un claquage électrique au niveau de l'isolation entre des éléments de circuits intégrés.

Pour prévenir ces risques, il est nécessaire d'assurer qu'aucune haute tension n'apparaîtra sur des surfaces proches ou en contact avec des dispositifs sensibles et qu'aucune décharge n'affectera ces dispositifs.

La CEI 61340-5-1 a été rédigée dans la perspective d'une utilisation par des sociétés de toute taille. Outre les considérations classiques telles que l'efficacité technique, divers facteurs, parmi lesquels les facteurs économiques (rentabilité) et la facilité d'utilisation ont été pris en compte. Tous les efforts ont été faits pour assurer sa validité scientifique, mais les aspects pratiques de son utilisation ont toujours représenté la préoccupation majeure.

La sécurité du personnel a été prise en compte dans l'élaboration de la CEI 61340-5-1; l'accent a été mis sur le fait que l'utilisation de la CEI 61340-5-1 ne devait occasionner aucun risque supplémentaire pour la sécurité lors de l'installation d'une zone protégée contre les ESD (EPA). L'application de la CEI 61340-5-1 n'est pas destinée à assurer à elle seule la sécurité d'une zone ou d'un environnement de travail. Outre l'application de la CEI 61340-5-1, il est nécessaire de suivre toutes les législations locales et les pratiques de travail appropriées.

Parmi les utilisateurs de la CEI 61340-5-1, beaucoup seront obligés ou désireux de l'appliquer entièrement. Dans certains cas pourtant, des parties du rapport ne sont pas adaptées ou nécessaires aux processus mis en oeuvre. Dans ce cas, il ne sera nécessaire de suivre que les parties appropriées de la spécification technique. Cependant, si une conformité seulement partielle est atteinte ou entreprise, il convient de le préciser à toutes les parties concernées.

La CEI 61340-5-1 et ce guide d'utilisation concernent uniquement l'électronique. Même au sein de l'industrie des composants à semi-conducteurs et de l'électronique, beaucoup restaient sceptiques sur les effets des dommages provoqués par les ESD. C'était le cas particulièrement lorsque les charges et les potentiels électrostatiques étaient trop faibles pour être détectés par l'homme (entre 2 kV et 5 kV) alors que de nombreux appareils subissent une dégradation pour des niveaux de 1 kV ou inférieurs. Grâce à une démarche d'information suivie, l'industrie est en majorité pleinement consciente des conséquences des dégradations par les ESD et estime leur coût très élevé.

Lorsqu'aucune précaution n'est prise au niveau des ESD, on peut attribuer une forte proportion des défaillances d'appareils électroniques aux dommages provoqués par les ESD. Cette proportion pourrait théoriquement être réduite à zéro en adoptant les précautions décrites par la CEI 61340-5-1 dans toutes les zones. Actuellement, ce sont les salles blanches, destinées à la fabrication de tranches, qui posent le plus de problèmes pour l'application complète des précautions.

INTRODUCTION

Electrostatic Discharge (ESD) has been known to man for a very long time, but apart from the relatively few who have been unlucky enough to have been struck by lightning, it has had very little impact on our lives. Developments over more recent times have changed this, and today electrostatic discharge affects more areas of our lives. In particular, those working with explosives, high technology medical care and electronics need to have an awareness of the effects, and how these may be prevented.

Risks of damage to semiconductor devices and some other electronic components arise in two main ways from static electricity:

- discharges of static electricity from conductors or charged insulators causing melting and evaporation of fine tracks on integrated circuit chips;
- electric fields from charged conductors and insulators causing electrical breakdown on insulation between features on integrated circuits.

To avoid these risks, it is necessary to ensure that no high voltages will arise on surfaces in proximity or coming into contact with sensitive devices and that there will be no discharge to such devices.

In writing IEC 61340-5-1, consideration has been given to its use by companies of all sizes. Factors including economics (cost effectiveness) and ease of use, in addition to the traditional considerations such as technical effectiveness, have been considered. All attempts have been made to ensure it is scientifically correct, but the practicalities of its use have always been the prime consideration.

Safety to personnel has been a consideration in the writing of IEC 61340-5-1, with the emphasis being that in setting up an electrostatic discharge protected area (EPA), no additional safety risk will be caused by the use of this technical specification. It is not intended that the application of IEC 61340-5-1 alone will guarantee a safe area or working environment. Therefore, in addition to following IEC 61340-5-1, all local relevant legislation and working practices need to be followed.

Many users of IEC 61340-5-1 will need or want to implement it in full. There will, however, be some cases where parts of it are not relevant to, or needed by, the processes carried out. Where this is the case then only the relevant parts of the technical specification need to be followed. However, in cases where only partial compliance is achieved or attempted, this should be made clear to all concerned.

IEC 61340-5-1 and this user guide are aimed purely at electronics. Many people, including some within the semiconductor and electronics industry, have been sceptical about the effects of ESD damage. This applies particularly where the ESD charges and potentials have been below those which are normally detected by human senses (between 2 kV and 5 kV) with many devices suffering damage down to the 1 kV level or lower. Through an ongoing education process, most of the industry is now fully aware of the consequences of ESD damage and appreciate that damage is very costly.

Where no ESD handling precautions are taken, a high proportion of electronic apparatus failure can be attributed to ESD damage. This figure could in theory be reduced to zero by adopting the precautions described in IEC 61340-5-1 in all areas. Currently, the most difficult area in which to carry out full precautions are clean room areas in wafer fabrication assemblies.

La CEI 61340-5-1 est principalement fondée sur des travaux antérieurs, à l'origine de la publication d'une Norme européenne, l'EN 100015 [1]¹⁾. En général, c'est le texte de l'EN 100015 qui a été utilisé cependant quelques modifications ont été réalisées à la lumière des connaissances récentes. Certaines EPA, conformes à la norme européenne à l'origine, sont susceptibles de ne pas être conformes aux prescriptions de la CEI 61340-5-1. Dans ce cas, il convient que le coordinateur ESD déploie tous les moyens pour améliorer l'EPA dans les délais les plus brefs afin d'assurer la conformité avec la CEI 61340-5-1.

La conformité à la CEI 61340-5-1 ne concerne que l'installation des équipements neufs. Les équipements existants devront être remplacés dès que cela est possible. Pendant la période de transition, il convient que des précautions supplémentaires soient prises en considération.

La décision d'élaborer un guide d'utilisation complétant la CEI 61340-5-1 a été prise afin d'aider l'utilisateur à mettre en application la CEI 61340-5-1 sans avoir forcément recours à tout un ensemble de spécialistes et experts-conseils. Il ne tente pas de se définir comme un manuel complet traitant de la théorie de l'électrostatique. Il existe déjà de nombreux livres et magazines sur le marché qui traitent plus que convenablement de ce sujet.

L'élaboration de ce guide d'utilisation, qui contient des lignes directrices et explique les raisons justifiant les prescriptions spécifiques, a permis de produire un document de prescriptions plus concis et plus clair.

1) Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie (annexe FF).

IEC 61340-5-1 is based mainly on earlier work which resulted in the publication of European standard EN 100015 [1]¹⁾ In general, the text of EN 100015 has been used; however, some changes have been made in the light of more recent knowledge. Some EPA, originally in compliance with the European standard or other standards, may not conform to the requirements of IEC 61340-5-1. In these cases, the ESD co-ordinator should make every effort to improve the EPA in the shortest possible time in order that it complies with IEC 61340-5-1.

Compliance with IEC 61340-5-1 concerns the installation of new equipment only; existing equipment not in compliance should be replaced as soon as practical. For the duration of the changeover period, extra precautions should be taken.

The decision to produce a user guide to complement IEC 61340-5-1 was taken to help the user implement IEC 61340-5-1 without having to employ an array of specialists and consultants. It does not attempt to act as a comprehensive text book on the theory of electrostatics. There are many books and magazines already on the market which cover this area more than adequately.

The production of this user guide, which contains guidance as well as the reasons behind specific requirements, has permitted to produce a slimmer and clearer requirement document.

1) Figures in square brackets refer to the bibliography given in annex FF.

ÉLECTROSTATIQUE –

Partie 5-2: Protection des dispositifs électroniques contre les phénomènes électrostatiques – Guide d'utilisation

1 Domaine d'application

1.1 La présente spécification technique est destinée à traiter de la protection contre les dommages occasionnés par les ESD au niveau de tous les dispositifs électroniques présentant une sensibilité à la tension d'au moins 100 V tout au long de leur durée de vie. Cette protection s'applique dès le début de la fabrication, puis au cours de l'assemblage du produit, de son utilisation et de son éventuelle réparation jusqu'à la fin de sa durée de vie.

La présente spécification technique est destinée à s'appliquer aux composants, ensembles et sous-ensembles électroniques présentant une sensibilité supérieure ou égale à 100 V (modèle du corps humain (HBM)), et en tant que tel, il couvre la plupart des dispositifs existants. Il existe sur le marché un nombre restreint d'appareils susceptibles de subir des dommages à des niveaux inférieurs. Lorsqu'ils sont utilisés, il convient d'appliquer des méthodes supplémentaires ou de substitution. Ces appareils ne sont pas traités dans la CEI 61340-5-1 ou ce guide d'utilisation car l'équipement de toute l'EPA en vue de leur intégration ne se justifierait pas et serait trop coûteuse. Plusieurs références figurant dans la bibliographie sont susceptibles de fournir un supplément d'informations à ce sujet.

Le HBM a été désigné comme critère principal car les dommages provoqués par contact humain constituent toujours l'origine la plus courante, même dans la société moderne automatisée. Plusieurs valeurs sont indiquées, provenant de différentes sources, pour le HBM, mais les valeurs choisies sont 100 pF et 1 500 Ω .

1.2 Faible taux d'humidité

Pour de faibles taux d'humidité relative, la dissipation des charges statiques devient souvent plus difficile, et certains matériaux sont susceptibles de perdre de leur efficacité. Au-dessus de 20 % environ d'humidité relative, la plupart des matériaux conservent en grande partie leur efficacité. Quand l'humidité relative est susceptible de diminuer plus encore, il convient que l'utilisateur prête une attention particulière au choix des matériaux afin qu'ils soient efficaces pour le taux d'humidité relative minimal attendu. Cette démarche est particulièrement importante pour les climats très froids et non océaniques.

1.3 Salles blanches

Pour les salles blanches, on considère les zones spécialisées de classe 100 ou inférieure. De nombreuses techniques utilisées actuellement pour la protection contre les ESD ne respecteront pas les contraintes relatives aux salles blanches, par exemple la libération de carbone, les ions produits par pulvérisation ou par aiguille d'ioniseur. Il existe d'autres matériaux, et certains sont en cours de développement, répondant à ces conditions et il convient de les utiliser. Ce sujet est particulièrement important car les activités en environnement propre constituent l'essentiel de la fabrication de semi-conducteurs. Les dommages survenant à ce stade sont susceptibles de produire des dispositifs au fonctionnement défectueux mais non détecté qui peuvent se révéler très coûteux. L'application aux salles blanches est actuellement la plus difficile à contrôler, particulièrement pour les salles de classe 10 et de classe 1. La CEI 61340-5-1 représente les techniques actuelles. L'apparition de matériaux et techniques nouveaux et mieux adaptés permettra d'améliorer cette question, en augmentant la fiabilité.

ELECTROSTATICS –

Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – User guide

1 Scope

1.1 This technical specification is intended to cover the protection from ESD damage of all electronic devices with voltage sensitivity of not lower than 100 V through their entire life. This is from the commencement of manufacture, through product assembly, product use and possible repair until the end of the product life.

This technical specification is intended to cater for electronic components, assemblies and subassemblies with a sensitivity of 100 V or greater (human body model (HBM)), and as such covers most items available. There are on the market a few items which may suffer damage at lower levels. Where these are used, additional or alternative methods should be used. These are not covered by either IEC 61340-5-1 or this user guide, as it would not be reasonable or economic to equip the general EPA to cater for these. Additional information on these may be found in many of the references in the bibliography.

The HBM has been chosen as the major criteria, as damage from human contact is still the most common source even in today's automated society. There are several values given in different sources for HBM, but the chosen one is 100 pF and 1 500 Ω .

1.2 Low humidity

At low relative humidities the dissipation of static charges often becomes more difficult, and some materials may not work efficiently. Above about 20 % relative humidity most materials maintain most of their efficiency. Where relative humidity may go lower the user should pay particular attention that the materials selected will perform effectively at the minimum expected relative humidity. This is of particular importance in very cold and non-oceanic climates.

1.3 Clean rooms

For clean rooms, the specialist areas are considered to be class 100 or tighter. Many of the techniques in current use for ESD protection will not satisfy the clean room constraints, for example, carbon breaking down, ionics from spray or particles from ionizer needles. Some alternative materials are available, with improved ones still being developed, that will cope with both conditions and these should be used. This area is particularly important as clean operation is an essential part of semiconductor manufacture. Damage occurring at this stage may result in undetected "walking wounded" devices which can have very expensive results. The clean room application is currently the most difficult to control, particularly in class 10 and class 1 rooms. IEC 61340-5-1 embodies current technology. As new and improved materials and techniques become available this area will be improved, with benefits in reliability.

1.4 Hautes tensions

Le terme «haute tension» dans ce contexte est utilisé pour désigner toute tension supérieure à 250 V c.a. ou 500 V c.c. Cette terminologie diffère de la définition utilisée en d'autres lieux tels que dans certaines normes européennes où l'on fait référence à des tensions plus élevées.

La plupart des zones d'assemblage ne présentent normalement pas de hautes tensions accessibles. Certaines zones nécessitent des tensions accessibles supérieures à celle de l'alimentation par le secteur, par exemple les zones d'essai de sécurité à haute tension et les zones d'essai et de réparation de tubes cathodiques. Des moyens de prévenir les dommages ESD tout en garantissant la sécurité du personnel sont spécifiés. Dans cette perspective, la haute tension est considérée comme l'ensemble des tensions dépassant la tension d'alimentation standard par le secteur comprenant l'alimentation triphasée. Elle correspond actuellement à 230 V ou 117 V en valeur nominale dans la plupart des pays, et compte tenu de la tolérance, une tension alternative de 250 V est autorisée, ce qui équivaut dans la plupart des zones de sécurité à 500 V en courant continu.

1.5 Humidité relative (h.r.)

Dans les zones où l'humidité relative est contrôlée dans le cadre du contrôle des ESD et pour d'autres raisons, une h.r. de 50 % convient à la plupart des processus. Il convient de minimiser aussi bien les changements d'h.r. que le taux de changement d'h.r.

Les caractéristiques d'un matériau lors de changements d'h.r. varient beaucoup en fonction des matériaux. De façon très générale, les matériaux présentant une forte conductivité (résistance de surface $<10^7 \Omega$) connaîtront des changements mineurs, tandis que des matériaux présentant une résistance supérieure subiront une forte augmentation de résistance si l'h.r. diminue. Il ne s'agit pas d'un effet linéaire et les changements de résistance au-dessus d'une h.r. de 40 % sont normalement minimes, mais entre 20 % et 30 %, les changements peuvent atteindre deux ordres de grandeur, un facteur de 100, et des augmentations encore supérieures au-dessous de 20 %. Certains matériaux naturels tels que le coton peuvent subir un changement très important au niveau de leur résistivité sur une bande étroite d'h.r. L'utilisation d'une caractéristique de temps de décharge constitue la mesure techniquement correcte et, lorsque des problèmes sont susceptibles d'apparaître, il convient également d'utiliser la mesure du temps de décharge en plus des mesures de résistance.

Quand des mesures sont effectuées pour des matériaux à résistance élevée pour des niveaux élevés d'h.r., il est possible qu'il soit nécessaire de prendre des précautions afin d'assurer que la résistance mesurée est bien celle du matériau et non celle de la surface ou des bordures. L'utilisation d'environnements à h.r. élevée n'est pas considérée comme une méthode privilégiée de contrôle des ESD, et les environnements à taux d'humidité élevé sont susceptibles de provoquer des effets indésirables supplémentaires, par exemple la corrosion.

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 61340. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61340 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60479-1:1994, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 1: Aspects généraux*

1.4 High voltages

The term “high voltage” in this context is used to mean any voltage in excess of 250 V a.c. or 500 V d.c. This terminology differs from the definition used in some areas, such as some European standards where the reference is to higher voltages.

Accessible high voltages are not normally available in most assembly areas. There are areas which require accessible voltages in excess of the mains supply. Examples are areas for high-voltage safety tests and areas such as CRT test and repair. Means of preventing ESD damage while maintaining personnel safety are specified. For these purposes, high voltage is considered to be all voltages in excess of the standard electrical mains, including three-phase supplies. This is currently 230 V or 117 V nominal in most world areas, and to cater for tolerance 250 V a.c. is permitted, which equates in most safety areas to 500 V d.c.

1.5 Relative humidity (r.h.)

In areas where relative humidity is controlled for both ESD control and other reasons, 50 % r.h. suits most processes. Changes both in r.h. and rate of change of r.h. should be minimized.

The characteristics of material during changes in r.h. vary widely according to the materials. In very general terms, material with a high conductivity ($<10^7 \Omega$ surface resistance) will change very little, whereas materials with a higher resistance will undergo a substantial resistance increase as r.h. decreases. This is not a linear effect, and resistance changes above 40 % r.h. are normally minimal, but from 20 % to 30 % changes can be as much as two orders of magnitude, a factor of 100, with further increases below 20 %. Some natural materials such as cotton can undergo a very large change in resistivity over a narrow band of r.h. The use of a charge decay characteristic is technically the correct measurement and where problems are likely, charge decay measurement should be also used in addition to resistance measurements.

When measurements are being carried out for high-resistance materials at high r.h. levels, care may be needed to ensure that the resistance measured is that of the material and not that of its affected surface or surrounds. Use of high r.h. environments is not considered to be a prime method of controlling ESD, and high humidity environments may cause additional unwanted effects such as corrosion.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61340. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 61340 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60479-1:1994, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

CEI/TR2 60479-2:1987, *Effets du courant passant par le corps humain – Deuxième partie: Aspects particuliers*

CEI 61010-1:1990, *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesure, de régulation et de laboratoire – Première partie: Prescriptions générales*

CEI 61340-4-1:1995, *Electrostatique – Partie 4: Méthodes d'essai normalisées pour des applications spécifiques – Section 1: Comportement électrostatique des revêtements de sol et des sols finis*

CEI 61340-5-1:1998, *Electrostatique – Partie 5-1: Protection des dispositifs électroniques contre les phénomènes électrostatique – Prescriptions générales*

3 Définitions

Pour les besoins de cette spécification technique, les définitions de la CEI 61340-5-1 s'appliquent avec les compléments suivants.

3.2

dispositif sensible aux décharges électrostatiques (ESDS)

selon la CEI 61340-5-1, «un dispositif discret, circuit intégré ou sous-ensemble qui peut être endommagé par des champs électrostatiques ou des décharges électrostatiques rencontrés lors des manipulations, essais ou transferts de routine»

Les dommages en question comprennent toute dégradation, changement de paramètre ou dysfonctionnement des performances du dispositif.

3.18

caractéristiques d'emballage

recouvre les termes astatique et blindage électrostatique ainsi que les caractéristiques de dissipation résistive et statique.

Il convient de noter qu'en dépit du fait que le terme antistatique est passé dans l'usage courant au sein de l'industrie et dans certains documents, le terme astatique a été utilisé à la place d'antistatique qui a été utilisé avec d'autres significations et pourrait être ambigu.

Le terme astatique a souvent été défini comme un «emballage présentant des propriétés qui minimisent la génération de charges lorsqu'il est frotté ou séparé d'autres matériaux de même type ou de type différent.» Selon l'article 6, il est permis d'utiliser l'emballage astatique seul comme emballage complet, ainsi une structure quantitative est nécessaire.

3.101

Symboles et abréviations

c.a.	courant alternatif
C	capacité (farads)
°C	Celsius (température)
CDM	modèle de dispositif chargé
c.c.	courant continu
E	énergie (joules)
EMI	interférence électromagnétique
FIFO	premier entré, premier sorti
HBM	modèle de corps humain
I	courant (ampères)
IC	circuit intégré (puce)

IEC/TR2 60479-2:1987, *Effects of current passing through the human body – Part 2: Special aspects*

IEC 61010-1:1990, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use – General requirements*

IEC 61340-4-1:1995, *Electrostatics – Part 4: Standard test methods for specific applications – Section 1: Electrostatic behaviour of floor coverings and installed floors*

IEC 61340-5-1:1998, *Electrostatics – Part 5-1: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – General requirements*

3 Definitions

For the purpose of this technical specification, the definitions of IEC 61340-5-1 apply, with the following clarifications.

3.2

electrostatic discharge sensitive device (ESDS)

according to IEC 61340-5-1 "A discrete device, integrated circuit or assembly that may be damaged by electrostatic fields or electrostatic discharge encountered in routine handling, testing or transit."

Damage referred to includes any degradation, parameter change or malfunction of the device performance

3.18

packaging characteristics

covers the terms of low charging and electrostatic shielding in addition to the resistive and static dissipation characteristics.

It should also be noted that although the terms antistatic and astatic have gained common usage in industry and in some documents, the term low charging has been used as both anti-static and astatic have been used with other meanings and could be ambiguous.

The term low charging has often been defined as "packaging containing properties which minimize charge generation when rubbed against or separated from the same or other materials". According to clause 6, low charging packaging by itself may be used as complete packaging, so a quantitative structure is required.

3.101

Abbreviations and symbols

a.c.	alternating current
C	capacitance (farads)
°C	Celsius (temperature)
CDM	charge device model
d.c.	direct current
E	energy (joules)
EMI	electro magnetic interference
FIFO	first in, first out
HBM	human body model
I	current (ampere)
IC	integrated circuit (chip)

JIT	juste à temps
MM	modèle de la machine
MTBF	temps moyen entre pannes
h.r.	humidité relative
QA	assurance qualité
QE	ingénierie de la qualité
PCB	carte à circuit imprimé
PWB	carte à câblage imprimé
SMT	technique de montage en surface
SPC	gestion statistique de processus
TQM	gestion totale de la qualité
VDU	terminal à écran de visualisation
σ	densité de charge en surface (pC/cm^2)

4 Signalisations et marquages – Généralités

Les marquages et signalisations sont indispensables pour reconnaître et identifier les ESDS et les matériaux de protection. Ces signalisations seront en partie écrites dans la ou les langues locales, mais l'utilisation de symboles figuratifs reconnus internationalement, tels que le symbole de la main, et les figures 1, 2 et 3 de la CEI 61340-5-1, est recommandée dans la mesure du possible, en particulier car beaucoup de dispositifs sont destinés à un usage international.

4.1 Marquages

Des marquages sont définis et disponibles pour les ESDS, le matériau d'emballage ESD et les matériaux compatibles avec les EPA. Il est important qu'elles soient utilisées autant que possible.

Des marquages figurent sur les ESDS, les matériaux d'emballage ESD et les matériaux compatibles avec les EPA afin d'informer les utilisateurs que les dispositifs, les dispositifs emballés, ou les dispositifs dans la zone sont sensibles aux décharges électrostatiques et que des précautions sont nécessaires pour éviter les dommages. Il est nécessaire que ces marquages soient visibles, et quand la taille le permet, comme sur toutes les cartes imprimées, les ensembles, les circuits intégrés et les composants importants, il convient d'étiqueter ou de marquer ces produits. On estime que sur certains ESDS de petite taille, cela n'est pas approprié et qu'il est nécessaire de faire figurer le marquage sur l'emballage. Le symbole de la main barrée, internationalement reconnu et approuvé, est normalement utilisé dans ce but. Par rapport à un message écrit, il présente l'avantage d'être indépendant de la langue. Si on utilise l'écriture, il convient d'employer la langue du principal utilisateur. La reconnaissance se fait en partie au niveau de la couleur, et une main apparaissant en jaune sur fond noir représente la couleur privilégiée.

Quand ces couleurs sont de toute évidence non réalisables par exemple sur des imprimantes noir et blanc, ou une impression directe monochrome sur fond ni noir ni jaune, ou sur le dessin en cuivre d'une carte à circuit imprimé, il est alors éventuellement permis d'utiliser d'autres couleurs à condition qu'elles ne soient à l'origine d'aucune ambiguïté. Il faut noter qu'en aucun cas il n'est permis d'inverser la couleur noire et jaune car cette combinaison représente des instructions de danger pour le service de lutte contre les incendies.

4.1.1 Marquage des ESDS

Au niveau des ESDS, il convient de faire figurer le symbole indiqué sur les figures 1 à 3 de la CEI 61340-5-1, quand cela est possible, à la fois sur les composants et sur les ensembles (voir article C.2 de la CEI 61340-5-1).

JIT	just in time
MM	machine model
MTBF	mean time between failure
r.h.	relative humidity
QA	quality assurance
QE	quality engineering
PCB	printed circuit board
PWB	printed wiring board
SMT	surface mount technology
SPC	statistical process control
TQM	total quality management
VDU	video display unit.
σ	surface charge density (pC/cm ²)

4 Signs and markings – General

Markings and signs are essential for the recognition and identification of ESDS and protection materials. These signs will in part be written in the local language or languages such as ESD Protected Area, but the use of internationally recognized symbols, such as the hand symbol, and figures 1, 2 and 3 in IEC 61340-5-1 is recommended as far as possible, particularly as many products are intended for international use.

4.1 Markings

Markings are defined and available for ESDS, ESD packaging material and EPA compatible materials. It is important that these are used wherever possible.

Markings on ESDS, ESD packaging material and EPA compatible materials exist to inform users that the devices, the devices within the packages, or devices in the area are electrostatic sensitive and precautions need to be taken to avoid damage. Such markings need to be seen and where size permits, such as on all PCBs, assemblies and larger ICs and component products, these should be marked or labelled. It is appreciated that on some small ESDS this is inappropriate and markings need to be on the packaging. An internationally recognized and approved sign, that of a hand with a bar through it, is normally used for this purpose. It has the advantage over writing of being language independent. If writing is used, then it should be in the language of the major user. Part of this recognition is based on colour, and a yellow hand on a black background is the preferred colour.

Where these colours are clearly impractical, for instance on non-colour printers, or direct single colour stamping onto neither black nor yellow cases, or on PCB copper artwork or other items, then other colours may be allowed, provided these do not cause any ambiguity. Note that under no circumstances may the black and yellow colour be reversed as this combination is taken as hazard instructions to the fire service.

4.1.1 ESDS marking

ESDS should contain the symbol shown in IEC 61340-5-1, figures 1 to 3, where practical, both on components and assemblies (see C.2 of IEC 61340-5-1).

4.1.2 Marquage des emballages

Dans de précédents rapports et normes, le symbole de la main était utilisé pour les ESDS, les matériaux d'emballage ESD et les matériaux compatibles avec les EPA, mais on s'est aperçu que ceci pouvait provoquer une confusion chez le personnel non technique, qui assimilait l'emballage protecteur à l'ESDS; ainsi un arc ou un parapluie protecteur a été ajouté. Le type d'emballage signifie blindage contre les décharges électrostatiques, conducteur électrostatique, dissipateur électrostatique ou astatique selon la fonction principale prévue pour l'emballage, et les matériaux compatibles avec les EPA sont désignés EPA. Ces symboles sont présentées aux figures 4 et 5 de la CEI 61340-5-1.

Dans l'idéal, il convient de faire figurer ce symbole de protection des ESDS (figure 4 de la CEI 61340-5-1) sur tous les matériaux d'emballage; néanmoins, dans les quelques cas où cela est inapproprié, par exemple pour certaines mousses conductrices électrostatiques, il convient de faire apparaître le symbole sur l'emballage extérieur à des fins de reconnaissance.

Les informations supplémentaires requises sont décrites en 4.1.2 de la CEI 61340-5-1. La fonction principale sera normalement comprise dans le symbole. Les informations supplémentaires au niveau de l'étiquette peuvent prendre la forme d'un numéro de lot unique, d'une date ou d'un code de date. Il convient que l'étiquetage offre une traçabilité du lot de fabrication; ainsi, en cas de problèmes de traitement, il est possible d'effectuer un rappel ou une autre action appropriée. Il permet également, quand les propriétés ne sont pas permanentes, d'établir une date de péremption, par exemple dans le cas de sacs ou tubes traités en surface. Le logo du fabricant n'est pas seulement là à des fins publicitaires, il permet également de retrouver le fabricant en cas de problèmes. S'il n'est pas possible de faire figurer une partie ou l'ensemble des informations sur l'emballage lui-même, par manque de place ou autre, alors la marque du fabricant est prioritaire par rapport au numéro du lot. Quand l'ensemble des informations ne figure pas sur l'article individuel, alors il convient de joindre un certificat de conformité à chaque lot en donnant les détails manquants nécessaires. Ces informations sont requises à des fins de traçabilité. Certains fabricants ou utilisateurs sont susceptibles de réclamer d'autres informations telles que les codes de date afin d'aider au stockage premier entré, premier sorti (FIFO).

4.1.3 Marquage des équipements

Il est particulièrement important de faire apparaître le symbole intégrant les lettres EPA sur le matériel susceptible d'entrer dans l'EPA ou d'en sortir, particulièrement s'il ressemble au matériel non compatible. Il s'agit là de réduire les risques d'endommagement des ESDS et de faciliter les audits.

4.3 Signalisations destinées aux zones protégées contre les ESD (EPA)

Dans les EPA étendues, l'utilisateur peut aussi éventuellement considérer une signalisation «ATTENTION VOUS QUITTEZ L'EPA», comme défini à la figure 10. L'utilisation d'un emballage supplémentaire pour la protection des ESDS contre les ESD sera peut-être nécessaire.

Ces signalisations sont essentielles, car dans les grandes zones de fabrication, il devient naturel de prendre des précautions d'EPA et la sortie vers un environnement hors EPA, susceptible de présenter des conditions incontrôlées, nécessite un rappel pour mémoire.

5 Zones protégées contre les ESD (EPA) – Généralités

Dans l'article 5, les éléments individuels et les matériaux, la construction et l'utilisation de l'EPA sont détaillés. La spécification de la plupart des matériaux de base, des éléments, outils et machines nécessaires figure en 5.2, tout comme l'application de la résistance de surface.

4.1.2 Packaging marking

In previous standards and reports, the hand symbol was used both for ESDS, ESD packaging materials and EPA compatible materials, but it was realised that this could cause confusion by non-technical personnel assuming that protective packaging was ESDS, so the protective arc or umbrella has been added. The style of packaging should read electrostatic discharge shielding, electrostatic conductive, electrostatic dissipative, or low charging, according to the major intended function of the packaging, and EPA compatible materials should read EPA. These symbols are shown in figures 4 and 5 of IEC 61340-5-1.

The ESDS protective symbol (figure 4 of IEC 61340-5-1) should, ideally, be present on all packaging materials, although in the few cases where this may be impractical, for example some electrostatic conductive foam, the symbol should be on the outer box for recognition purposes.

The additional information required is described in 4.1.2 of IEC 61340-5-1. The prime function will normally be included on the symbol. Additional information on the label can be in the form of a unique batch number or can be in the form of date or date code. It should provide traceability to the manufacturer's batch so that, in the event of process problems being found, a recall or other appropriate action can take place. It also allows that in the event of the properties not being permanent, a "use-by" date can be established, for example in the case of bags or tubes with surface-coated treatments. The manufacturer's logo is not there solely for advertisement purposes but to allow the manufacturer to be traced in the event of problems. If some or all of this information cannot be put on the actual packaging, due to lack of space or other limitations, then the manufacturer's mark has higher priority than the batch identification. When all of the information is not marked on the individual item, then a certificate of conformance should accompany each batch giving the missing details required. This information is required for traceability purposes. Some manufacturers or users may require additional information such as date codes to assist first in, first out (FIFO) through stores.

4.1.3 Equipment marking

It is particularly important that equipment which may be moved into and out of EPA should contain the symbol with the letters EPA, particularly if they are similar in appearance to similar non-compatible equipment. This is both to reduce the risk of damage to ESDS and to assist in auditing.

4.3 Signs for ESD protected areas (EPA)

In large EPA the user may also consider an "ATTENTION YOU ARE LEAVING THE EPA" sign as defined in figure 10. Additional packaging for ESDS protection from ESD may need to be applied.

These signs are vital, as, in large manufacturing areas, taking EPA precautions becomes a natural process, and an exit to a non-EPA environment which may have uncontrolled conditions needs a memory "jog".

5 ESD protected area (EPA) – General

Within clause 5, the individual items and materials, construction and use of the EPA are split up. The specification of most basic materials, items, tools and machinery needed is described in 5.2, as is the application of surface resistance. Application of these items in construction is

L'application de ces éléments au niveau de la construction figure en 5.3 et les pratiques de travail, consistant par exemple à demander aux utilisateurs de porter des bracelets de terre EPA, sont évoquées en 5.5. Etant donné que les longues sections de texte sont difficiles à lire, les spécifications numériques concernant tous les matériels sont indiquées sous forme de tableau dans le tableau 1 de la CEI 61340-5-1 et expliquées dans les paragraphes additionnels («Tableau 1 – ...») de ce guide.

Tout au long de l'article 5, on parle de résistance de point à point plutôt que de résistivité superficielle et volumique, comme dans les normes et rapports précédents. Ce changement a été apporté afin de prendre en compte les matériaux non homogènes, de plus en plus fréquents dans ce type d'applications, ainsi que pour faciliter les mesures. Les temps de décharge ont en outre été spécifiés quand des valeurs importantes de résistance à la terre EPA sont $>10^{10} \Omega$ (10 000 M Ω). On utilise la résistance comme paramètre principal en raison de l'aspect pratique de la mesure: une mesure de résistance peu coûteuse peut être utilisée, qui se corrèle avec efficacité au temps de décharge pour ces faibles valeurs de résistance.

5.1 Configuration

5.1.1 Généralités

La gamme de configurations est telle qu'une EPA est susceptible d'avoir n'importe quelle taille, du simple banc d'essai au site industriel entier de plusieurs milliers de mètres carrés. Quand il s'agit d'un nouveau site ou d'une rénovation importante de site, il est recommandé de regrouper la majeure partie du site dans une seule grande EPA, car à ce stade, très peu de ressources supplémentaires seront impliquées. On note que pour des sites existants, il est possible qu'un remaniement important ne soit pas pratique ou économiquement viable. Dans ce cas, il est également permis de créer une petite EPA, ou plusieurs EPA séparées, susceptibles d'exclure le sol. Dans ce cas, il convient de noter que si, dans les procédés de fabrication ou autres, le produit traverse nécessairement plus d'une EPA, un emballage ainsi que des précautions supplémentaires sont éventuellement nécessaires quand le produit est transféré d'une EPA à l'autre.

Une résistance nominale de 1 M Ω est fréquemment utilisée au niveau des bracelets de terre EPA et pour relier les surfaces de travail à la masse. Quand un opérateur touche un conducteur sous tension, pour les alimentations normales du secteur (y compris l'alimentation triphasée), cette résistance limitera le courant traversant la personne à moins de 0,5 mA. Cette valeur est considérée comme sûre par la CEI 60479 et la CEI 61010-1 (voir 5.3.2 de ce guide d'utilisation). Dans les cas où, en condition de fonctionnement normal, il existe une possibilité d'entrer en contact avec ces conducteurs sous tension, il convient également d'envisager l'intégration de dispositifs de limitation ou de coupure de courant supplémentaires qui sont parfois imposés par la législation. Quand la zone comporte des tensions exposées en plus de l'alimentation normale du secteur, il est alors nécessaire de prendre les précautions supplémentaires décrites dans la CEI 61340-5-1 et dans le présent guide d'utilisation.

Il est nécessaire de définir les frontières de l'EPA, qui varieront en fonction des différents types d'EPA et qui porteront typiquement des marquages colorés (mais non générateurs d'électricité statique) au niveau du sol.

5.1.3 EPA à haute tension

Dans certaines EPA, il n'est pas exclu que des potentiels élevés apparaissent en plus de l'alimentation nominale de secteur de 230 V; par exemple, très haute tension (THT) pour les tubes et dans le cas d'essais en haute tension de certification de sécurité. Quand ces conditions sont susceptibles d'apparaître, il sera nécessaire de prendre des précautions supplémentaires pour protéger à la fois le produit et le personnel. Ces précautions sont définies dans d'autres paragraphes de la CEI 61340-5-1 et de ce guide, mais il est nécessaire de fournir des notices d'avertissement conformément aux prescriptions légales nationales.

described in 5.3, and working practices, such as telling users to wear wrist straps are described in 5.5. As long sections of text are difficult to read, the numeric specifications for all parts are described in tabular form in table 1 of IEC 61340-5-1 and explained in additional paragraphs ("Table 1 – ...") of this guide.

Throughout clause 5, point-to-point resistance has been discussed, rather than the surface and volume resistivity which was found in previous standards and reports. This change has been made to cater for non-homogenous materials, which are becoming increasingly common in these applications, as well as ease of measurement. Charge decay times have been specified in addition where surface-to-ground resistance values have been called up $>10^{10} \Omega$ (10 000 M Ω). The reason for the use of resistance as the major parameter is the practicality of measurement, as inexpensive resistance measurement can be used and will successfully correlate to charge decay at these low resistance values.

5.1 Configuration

5.1.1 General

The range of configurations is such that an EPA may be of any size from a single bench up to a full industrial site of several thousand square metres. In cases where a new site or major renovation of a site is involved, it is recommended that most of the site is made into a large single EPA, as at this stage very few extra resources will be involved. It is appreciated that for existing sites, extensive rework may not be practical or economically viable. In these cases, a small EPA, or several separate EPA which may not include the floor, is also permitted. In this case it should be remembered that if in the manufacturing or other processes the product needs to go through more than one EPA, additional packaging and precautions may be needed when the product is transferred between EPA.

A nominal 1 M Ω resistor is commonly used in wrist straps and to ground work surfaces. In the event of an operator touching an energized conductor, for the normal mains electricity supplies (including three-phase) this resistor will limit the current flowing through the person to less than 0,5 mA. This is considered to be a safe value by IEC 60479 and IEC 61010-1 (see 5.3.2 of this user guide). In cases where, under normal operations, there is a possibility of touching such live conductors, additional current limiting or cut-off devices should also be considered and in some areas may be demanded by legislation. Where exposed voltages in excess of normal mains are present in the area, then the additional precautions described elsewhere in IEC 61340-5-1 and this user guide need to be implemented.

The boundaries of the EPA need defining and will vary between different types of EPA, but will typically have coloured (but not electrostatic generative) markings on the floor.

5.1.3 High-voltage EPA

In some EPA, high exposed potentials, in excess of nominal 230 V mains, may be present; for instance extra high tension (EHT) to drive display tubes and for high-voltage safety certification testing. Where these may be present, additional safeguards will need to be taken to protect both the product and the personnel. These safeguards are defined elsewhere in IEC 61340-5-1 and this guide, but warning notices that comply with national legal requirements are needed.

5.2 Prescriptions relatives aux éléments de protection spécifiques contre les ESD

5.2.1 Généralités

Il convient de faire subir aux éléments des essais pour la plus faible et la plus grande valeur d'humidité relative prévue ou définie et normalement à $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Avant l'essai, il convient d'atteindre une stabilité en plaçant l'élément à ce niveau d'humidité relative pendant un temps suffisant. Pour plusieurs matériaux minces, une durée de 16 h est adaptée. Dans de nombreux cas, on pratiquera un essai de qualification plutôt qu'un essai sur l'ensemble du matériel. Il sera également peu pratique dans la plupart des essais et audits sur site d'amener la zone à cette valeur et il convient d'enregistrer la valeur normale d'h.r. au moment de l'essai.

Un guide concernant les essais sur les matériaux est fourni en [2].

Comme l'indique l'article 1, l'humidité relative aura peu d'influence sur les matériaux de faible résistance. Sur certains matériaux de résistance plus élevée, la résistance est susceptible de présenter une diminution de deux ordres de grandeur (facteur de 100) ou plus mais étant donné que ses caractéristiques n'en seront pas affectées dans le tableau 1, il n'est pas nécessaire de reproduire les essais pour un taux d'humidité relative élevé.

Il est permis d'utiliser toute autre méthode équivalente aux méthodes d'essai évoquées dans l'annexe A; néanmoins, en cas de conflit, la méthode citée en annexe sera considérée comme la méthode de référence.

Ce paragraphe définit les éléments plutôt que la construction.

5.2.2 Surfaces de travail et éléments de stockage

Il est nécessaire de pouvoir connecter toutes les surfaces de travail à la masse avec une résistance et que ces surfaces présentent une résistance de point à point correspondant à la définition du tableau 1 de la CEI 61340-5-1. Dans certains cas, cette résistance entre la surface et la masse ne prend pas nécessairement la forme d'une résistance discrète, mais peut être inhérente au matériau directement connecté à la masse. Cela s'applique si la surface de travail est un sol car il n'existe pas de différence majeure entre un banc d'essai et un sol utilisé comme surface de travail au niveau des prescriptions de matériau. La mise à la terre EPA des instruments ou des surfaces, en enchaînant ou en plaçant les éléments en série ne doit pas être utilisée car une rupture de connexion augmentera nécessairement le risque d'éléments flottants et de dégradation ESD.

5.2.3 Revêtements de sols

Lorsque le sol est utilisé pour connecter le personnel à la masse, grâce à des chaussures adaptées, alors le sol est nécessairement conforme aux mêmes aspects qu'un bracelet de terre EPA, comme l'indique le tableau 1 de la CEI 61340-5-1. Dans certaines circonstances la charge générée en marchant peut être inférieure à celle générée en position assise et des valeurs supérieures de résistance à la terre EPA peuvent être prises en considération mais devraient être traitées avec précaution. En aucun cas elles ne devraient être supérieures à $1 \times 10^9\ \Omega$. Il est permis d'utiliser une EPA sans revêtement de sol, à condition d'utiliser un emballage adapté pour déplacer les ESDs entre les EPA, bien que l'utilisation d'un revêtement de sol adapté soit fortement recommandé.

Quand de nouveaux bâtiments sont construits, ou que des rénovations importantes sont réalisées et qu'une EPA est nécessaire, l'installation d'un revêtement de sol conforme est une opération comparativement facile et rentable. Dans un bâtiment existant, il est possible qu'il soit plus rentable d'utiliser des tapis de sol. Cependant, à moins qu'ils ne soient jointifs, il n'est pas possible de réaliser une seule grande EPA et une protection supplémentaire est nécessaire pour transporter le produit entre des EPA séparées.

5.2 Requirements for specific ESD protective items

5.2.1 General

Items should be tested at the lower and higher expected or defined relative humidity value and normally at $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Prior to testing, the item should have been at this relative humidity sufficiently for stability to have been reached. For many thin materials, 16 h is a suitable time. In many cases this will be a qualification testing rather than a test of all equipment. It will also be impractical in most *in situ* testing and auditing to reduce the area to this value, and the normal value of r.h. at the time of testing should be recorded.

A guide to material testing can be found in [2].

As has been stated in clause 1, relative humidity will have little effect on materials in the lower range of resistance. On some materials with a higher resistance, the resistance may decrease by up to two orders (a factor of 100) or more but, as this will not affect its characteristics in table 1, there is no need to repeat tests at a high relative humidity.

Any equivalent alternative method to the test methods called up in annex A may be used, although in a case of conflict the method called up in the annex will be considered as the reference method.

This subclause defines items rather than construction.

5.2.2 Working surfaces and storage racks

All working surfaces need to be capable of being grounded through resistance and to have a point-to-point resistance as defined in IEC 61340-5-1, table 1. In some cases this surface-to-ground resistance need not be a discrete resistor, but can be through the material which is directly grounded. This may well apply in practice if the working surface is a floor, as there is no essential difference between a bench and a floor used as a working surface in the material requirements. EPA grounding of instruments or surfaces by chaining, or by placing items in series should not be used, since in the event of a broken connection the risk of floating items and ESD damage will be unnecessarily increased.

5.2.3 Floors

Where the floor is used as the means of grounding personnel through suitable footwear, then the floor should also conform to the same aspects as a wrist strap as shown in table 1 of IEC 61340-5-1. In some circumstances, the charge generated while walking may be less than when sitting and higher values of the resistance to ground can be considered but should be treated with caution. Under no circumstances should these ever be in excess of $1 \times 10^9\ \Omega$. EPA which do not include the floor may be used, provided adequate packaging is used when moving ESDS between EPA, although the use of a suitable floor is strongly recommended.

Where new buildings are built, or major renovations are carried out and EPA are required, then it is usually a comparatively easy and cost-effective job to fit compliant flooring. In an existing building, it may be more cost-efficient to use floor mats. However, unless these adjoin each other, then a large single EPA cannot be made and additional protection is needed to carry the product between separate EPA.

Bien que le tableau 1 autorise une résistance de point à point et une résistance entre la surface et la masse d'une valeur maximale de $10^9 \Omega$ (1 000 M Ω), une valeur maximale recommandée pour les sols d'installations nouvelles correspondant à $10^8 \Omega$ (100 M Ω) au moment de l'installation est largement préférable afin de prendre en compte une dégradation en cours d'utilisation. Pour les EPA dans lesquelles le système de connexion à la masse de l'opérateur se situe principalement au niveau du sol, par l'intermédiaire d'articles chaussants conducteurs, il est préférable que la valeur maximale recommandée corresponde à $10^7 \Omega$ (10 M Ω) pour permettre d'atteindre facilement la limite globale de $3,5 \times 10^7 \Omega$ (35 M Ω) (voir 5.2.8).

5.2.4 Sièges

Il est important d'utiliser des sièges astatiques, connectés à la masse, car bien qu'il convienne de ne jamais utiliser les sièges comme principal moyen de connexion à la masse, en certaines occasions, en cas d'erreur humaine, de panne de matériel ou de défaut de conception, ils peuvent constituer un important chemin de résistance pour connexion à la masse.

Bien que cette pratique ne soit pas recommandée, dans certaines EPA, il est permis d'utiliser les sièges comme surfaces de travail ou de stockage improvisées. Si l'on utilise des sièges non conformes, l'ESDS est susceptible d'être endommagé de ce fait.

Pour la connexion à la masse, si l'on utilise des chaussures conductrices plutôt que des bracelets de terre EPA, de nombreux opérateurs, une fois assis, ne présenteront plus de contact avec la masse au niveau des chaussures à certains moments. Les charges et le potentiel peuvent s'accumuler quand il n'y a pas de connexion à la masse. Dans ce cas, il est possible de fournir cette connexion grâce aux vêtements (voir 5.2.5), à condition qu'ils soient en contact avec le siège.

Il convient de souligner que l'utilisation de bracelets de terre EPA est recommandée quand les opérateurs sont assis, les sièges constituant alors un moyen de décharge secondaire. Si un coordinateur ESD décide que les sièges constituent le seul moyen principal de connexion à la masse, la résistance à la masse doit alors être conforme aux mêmes prescriptions que celles concernant les systèmes de bracelets de terre EPA, ou le revêtement de sol et les chaussures (c'est-à-dire de 750 k Ω à 35 M Ω) (voir 5.2.8).

Il convient d'apposer des étiquettes adaptées sur les sièges conformément à la CEI 61340-5-1 (voir article 4) pour faciliter l'identification.

On admet que les parties de ces sièges qui ne sont pas susceptibles d'entrer en contact avec le corps ou avec l'ESDS, par exemple le dessous du siège, soient réalisées avec des matériaux non conformes.

5.2.5 Vêtements

Les vêtements susceptibles de générer de l'électricité statique peuvent constituer l'une des causes de dégradation par les ESD. Il est important que ces vêtements chargés électriquement ne rentrent pas en contact avec l'ESDS. Les vêtements couvrants doivent être mis à la terre EPA soit par contact direct avec la peau du porteur soit par d'autres moyens tels que la connexion à un bracelet. Tous les vêtements de protection ESD doivent suivre ce principe même ceux constitués de deux parties ou plus. Il est important que les manches du vêtement protecteur ESD couvrent l'extrémité des manches des vêtements intérieurs. Lorsque les ESDS sont situés en partie basse par rapport aux vêtements, alors les vêtements normaux (par exemple pantalons sous une blouse de laboratoire) ne devront pas venir en contact ou à proximité des ESDS.

Sur les marquages, il est permis d'utiliser des mots ou le logo de la main (voir la figure 5 de la CEI 61340-5-1), pour indiquer que les vêtements sont conformes à la spécification (voir article 4). Si les caractéristiques des vêtements sont susceptibles de se dégrader dans le temps ou avec les lavages, une vérification adéquate devrait être nécessaire.

Although table 1 allows a maximum point-to-point resistance and surface-to-ground resistance of $10^9 \Omega$ (1 000 M Ω), a recommended maximum value for floors in new installations of $10^8 \Omega$ (100 M Ω) at the time of installation is strongly preferred to allow for degradation during use. For EPA where the floor with the use of conductive footwear is the primary operator grounding system, then the recommended maximum preferred is $10^7 \Omega$ (10 M Ω) to allow the $3,5 \times 10^7 \Omega$ (35 M Ω) overall limit to be readily met (see 5.2.8).

5.2.4 Seating

It is important that low charging and grounded seating is used, as although seating should never be used as a primary means of grounding there are occasions where, through human error, equipment breakdown or bad design it can provide an important resistive path to ground.

Although not recommended, in some EPA seats may be used as impromptu working surfaces or storage surfaces. If nonconforming seating is used then ESDS may be damaged in this way.

Where grounded, if footwear is used rather than wrist straps, when seated, many operators will spend periods when footwear is not in contact with the ground. Charges and potential can build up where there is no path to ground. In this case, a path may be provided through the garments (see 5.2.5), provided they are in contact with the seating.

It should be emphasized that, where operators are seated, a wrist strap approach should be used and seating should form a secondary means of discharge. In the event that an ESD co-ordinator should decide that there is no suitable alternative to using seating as the primary grounding approach, resistance to ground should comply with the same requirements as wrist strap systems, or for flooring and footwear (i.e. 750 k Ω to 35 M Ω) (see 5.2.8).

Seats in compliance with IEC 61340-5-1 should carry suitable labels (see clause 4) to help with identification.

It is permissible for those parts of seats which are unlikely to come into contact with the body or with ESDS, for example the underside of the seat, to be made of non-compliant materials.

5.2.5 Garments

Garments on which high levels of static electricity can be generated are one of the causes of ESD damage. It is important that such charged garments do not come into contact with ESDS. The covering garments need to be grounded, either through direct contact with the wearer's skin, or by alternative means such as being electrically connected to a wrist strap. All ESD protective clothing needs to follow this principle, including that consisting of two or more separate garments. It is important that the ESD protective garment sleeves cover the end of the inner garment sleeves. Where ESDS are located at low heights relative to ESD clothing, then normal clothing (for example, trousers below a lab coat) should not be able to touch or come close to the ESDS.

The markings to indicate that garments conform to the specification may be in words, or the hand logo (see IEC 61340-5-1, figure 5) may also be used (see clause 4). If the characteristics of the garments are liable to deteriorate with time or laundering, then adequate checking should be used.

5.2.6 Gants et doigtsiers

Les gants et doigtsiers en matériau conducteur électrostatique ou dissipateur électrostatique sont essentiels lorsque des outils à main sont utilisés. Les gants et doigtsiers en matériau astatique sont autorisés seulement lorsque l'on n'utilise pas d'outils à main. Lorsque les gants et doigtsiers sont retirés à l'intérieur de l'EPA, il convient d'éviter de les placer à proximité d'un ESDS.

5.2.7 Bracelet de terre EPA

Le terme de «bracelet de terre EPA» décrit la combinaison du bracelet, qu'il convient d'adapter au poignet en établissant un bon contact avec la peau, et du cordon qui relie l'opérateur à un point de connexion à la terre (voir 5.3.3). Etant donné qu'il existe plusieurs systèmes de connexion, il est primordial que les composants sélectionnés soient compatibles.

Dans la plupart des applications, les bracelets de terre EPA ont toujours représenté la principale précaution pour les ESDS. Le bracelet est normalement porté plusieurs heures d'affilée; il est donc nécessaire qu'il soit confortable tout en établissant un bon contact avec la peau. Certaines personnes sont susceptibles d'avoir une peau très sèche, et il leur faudra porter le bracelet quelques minutes avant qu'un contact suffisant s'établisse. Il est donc recommandé de vérifier le bracelet de terre EPA à chaque utilisation. Des moniteurs en ligne permanents peuvent être utilisés de manière à localiser immédiatement d'éventuelles ruptures. Lorsque des «combinaisons spatiales» sont utilisées dans certaines salles blanches à niveau élevé, typiquement inférieures à la classe 100, il est possible de porter le bracelet sur le vêtement, mais ce n'est pas autorisé dans toutes les autres applications.

Si l'opérateur tente de quitter l'EPA ou de dépasser la longueur du cordon en marchant, il convient alors par mesure de sécurité que le cordon de masse se détache pour une force comprise entre 5 N et 25 N, de préférence côté bracelet.

Il convient que la surface externe visible du bracelet ne présente pas une conduction (métallique) élevée, en partie pour des raisons de sécurité.

Il convient de noter que la limite supérieure de résistance de 35 M Ω par rapport à la masse s'applique à l'ensemble du système porté (y compris la résistance au niveau de la peau de l'opérateur) et que les limites individuelles de résistance du bracelet (100 k Ω maximum) et du cordon (entre 750 k Ω et 5 M Ω) s'appliquent également.

Il peut être nécessaire d'appliquer une crème ou une lotion pour les rares membres du personnel possédant une peau exceptionnellement sèche, afin de réduire la résistance du système et respecter la limite supérieure de 35 M Ω , et une proportion plus grande de personnes sont susceptibles d'attendre un moment après avoir enfilé leur bracelet afin d'atteindre les valeurs requises. Une étude expérimentale a été réalisée (voir figure 101) et la valeur de 35 M Ω a été choisie. Dans les EPA destinées à la manipulation d'ESDS ultra-sensibles (sensibilité HBM inférieure à 100 V) il est permis de choisir une limite maximale moins élevée (10 M Ω dans certaines installations).

Les cordons présentant une résistance minimale nécessaire dépendante de la longueur ne sont pas autorisés. Ces conceptions ne sont pas utilisées couramment à l'heure actuelle, mais au début des années 80, les cordons composés d'un matériau à revêtement de carbone fournissant la résistance étaient utilisés dans de nombreuses installations. Ces types de cordons de masse ne présentent pas de bonnes qualités d'usure, mais ils peuvent surtout comporter un risque pour la sécurité si le cordon entre en contact avec un fort potentiel à proximité de l'extrémité reliée à la personne.

Le type de résistance doit être tel qu'en cas de défaillance de la résistance, le mode de défaillance soit le circuit ouvert. Ce mode s'applique à la plupart des résistances films modernes.

5.2.6 Gloves and finger cots

Gloves and finger cots made from electrostatic conductive or electrostatic dissipative material are essential if hand tools are used. Gloves and finger cots made from low charging material are permitted only in circumstances when hand tools are not used. Where gloves and finger cots are removed in the EPA, they should not be placed in close proximity to ESDS.

5.2.7 Wrist strap

The term "wrist strap" describes the combination of the wrist band, which should fit around the wrist making good skin contact, and the wrist cord which bonds the wearer to an earth bonding point (see 5.3.3). As several connection systems are available, it is essential that the selected components are compatible.

In most applications wrist straps have traditionally been the major precaution taken for ESDS. The wrist band will normally be worn for several hours at a time so it needs to be comfortable while making good contact with the skin. Some people may have very dry skin, and will need to have worn the band for a few minutes before sufficient contact has been made. Thus it is a good idea to check the wrist strap every time it is applied. Constant on-line monitors can be used so that any breaks will be immediately found. Where "space suits" are worn in certain high-level clean rooms, typically better than class 100, it is possible for the wrist band to be worn outside the garment, but in all other applications this is not allowed.

In the event of the operator attempting to leave the EPA or walk beyond the confines of the wrist cord length, then, as a safety feature, the ground cord should release with a force of between 5 N and 25 N, preferably at the wrist band end.

The outer visible surface of the wrist band should not be highly conductive (metallic), partially from a safety aspect.

It should be noted that the upper resistance limit of 35 M Ω to ground is for the total system as worn (including wearer skin resistance), and that individual resistance limits of the band (not more than 100 k Ω) and the cord (between 750 k Ω and 5 M Ω) also apply.

A small number of personnel with exceptionally dry skin may need to apply some cream or lotion to decrease the system resistance to meet the 35 M Ω upper limit, and a higher proportion may need to wait a short while after putting their band on to achieve the required values. Experimental work has been carried out (see figure 101), resulting in the selection of the 35 M Ω value. In EPAs which are intended to handle ultrasensitive ESDS (less than 100 V HBM sensitivity), then a lower maximum limit should be chosen (10 M Ω being used in some facilities).

Cords that depend on their length to provide the minimum necessary resistance are not allowed. These designs are not currently in common use, but in the early 1980s cords using a carbon coated material to provide the resistance were used in many facilities. These types of ground cord do not have good wearing qualities, but more importantly can be a safety risk should the cord come into contact with a high potential close to the end linked to the wearer.

The resistor style should be such that in the event of a failure of the resistor, the failure mode is to open circuit. The mode will apply to most styles of modern film resistors.

5.2.8 Chaussures

Quand un sol ESD fait partie de l'EPA, et se conforme aux prescriptions de 5.2.3, il est permis d'utiliser des chaussures conductrices à la place des bracelets de terre EPA. Quand le personnel est mobile, dans les zones de stockage, pour l'exploitation de machines importantes, etc., il est possible que leur raccordement à de longs cordons ne soit pas pratique ou présente un danger. Quand le personnel est assis, les chaussures ne constituent pas un chemin conducteur sûr vers la masse et il convient donc d'utiliser de préférence la solution du bracelet de terre EPA.

Quand les chaussures ESD sont utilisées comme moyen principal de raccordement à la masse, il convient qu'elles répondent aux caractéristiques définies dans le tableau 1 de la CEI 61340-5-1, et considérant que la plupart des personnes ne se campent pas sur leurs jambes, il est important que les raccordements à la masse soient réalisés dans la zone des chevilles et orteils des deux pieds. Quand des lanières pour orteils et talons sont utilisées comme chaussures ESD, une fois qu'elles ont été portées en dehors de l'EPA, particulièrement sur des tapis, elles sont susceptibles d'accumuler des peluches et de devenir inefficaces; il est donc nécessaire de les vérifier ou de les remplacer à chaque entrée dans l'EPA.

Quand des chaussures ESD sont utilisées, il convient de noter qu'elles ne peuvent pas à elles seules assurer une protection et qu'il est nécessaire de les utiliser en association avec un revêtement de sol ESD adapté (voir 5.2.3).

Comme pour les bracelets de masse, il est nécessaire de faire subir aux chaussures des essais régulièrement, et il convient de les effectuer quand le matériel est porté, car dans certains cas, il peut exister une très forte résistance de la peau par rapport à la chaussure. Il convient de situer la résistance des chaussures entre 100 k Ω et 15 M Ω , et dans la plupart des cas, on préfère une fourchette comprise entre 1 M Ω et 10 M Ω pour permettre à l'opérateur de se situer dans une fourchette de 750 k Ω à 35 M Ω quand il travaille dans une EPA équipée d'un revêtement de sol adapté. Une étude expérimentale a été effectuée (voir figure 101) et la valeur de 35 M Ω a été choisie. Dans les EPA destinées à la manipulation d'ESDS ultra-sensibles (sensibilité HBM inférieure à 100 V), il est permis de choisir une limite maximale moins élevée (10 M Ω dans certaines installations).

5.2.9 Ioniseurs (voir [3])

Il convient de considérer les ioniseurs comme un moyen de neutralisation des charges, dans le cas où l'utilisation de connexions à la masse est insuffisante. L'automatisation représente actuellement un facteur primordial dans de nombreuses zones d'assemblage, d'essai et de réparation, et la connexion à la masse de certains matériels ou pièces de matériel n'est pas pratique. Dans ces zones, l'utilisation d'un matériel d'ionisation adapté est très fortement recommandée.

Il convient que les ioniseurs utilisés pour neutraliser les charges électrostatiques sur des matériaux non conducteurs délivrent des flux constants et égaux d'ions positifs et d'ions négatifs.

Un blindage adéquat est nécessaire lorsque des ioniseurs sont utilisés à l'intérieur de zones sensibles aux champs électriques.

Il est possible d'effectuer l'ionisation de différentes manières adaptées au lieu de travail. Elle est susceptible de se faire sous forme d'ioniseurs (de table) soufflants localisés, d'ioniseurs d'air sous pression, d'ioniseurs ponctuels, d'ioniseurs pour distributeurs de ruban, d'ioniseurs d'atmosphère pour salle de travail. Précédemment, l'ionisation n'était pas considérée comme un moyen principal de contrôle statique pour les raisons suivantes:

5.2.8 Footwear

In cases where an ESD floor is part of the EPA, and conforms to the requirements of 5.2.3, conductive footwear may be used instead of wrist straps. Where personnel are mobile, in storing areas, operating large machinery, etc., it may be impractical or dangerous to have long cords attached to them. Where personnel are seated, footwear does not form a secure conductive path to ground so the wrist strap approach should be used as the preferred option.

Where ESD footwear is used as the primary means of providing a path to ground, it should have the characteristics defined in IEC 61340-5-1, table 1, and as most people do not stand solidly on both feet, it is important that paths to ground are made in the heel and toe area of both feet. Where toe and heel straps are used as ESD footwear, once these are worn outside the EPA, particularly on carpets, they are likely to accumulate fluff and become ineffective; this requires that they be checked or replaced on every visit to the EPA.

When ESD footwear is used, it should be noted that ESD footwear alone cannot achieve protection, but needs to be used in conjunction with a suitable ESD floor (see 5.2.3).

As with wrist straps, footwear needs testing on a regular basis, and this should be done when worn, as in some cases there can be a very high resistance from the skin to the footwear. The resistance of the shoe should be between 100 k Ω and 15 M Ω , and in most cases between 1 M Ω and 10 M Ω is preferred to allow the operator when working in an EPA with a suitable floor to be in the 750 k Ω to 35 M Ω range. Experimental work has been carried out (see figure 101), resulting in the selection of the 35 M Ω value. In EPA which are intended to handle ultra sensitive ESDS (less than 100 V HBM sensitivity), then a lower maximum limit should be chosen (10 M Ω being used in some facilities).

5.2.9 Ionizers (see [3])

Ionizers should be considered as a method for charge neutralization in cases where grounding cannot be achieved. In many modern assembly, test or repair areas, automation is now a major factor, and the grounding of some equipment or parts of equipment is impractical. In these areas, the use of suitable ionization equipment is very strongly recommended.

Ionizers used to neutralize electrostatic charges on non-conductive items should supply essentially equal amounts of both negative and positive ions.

Adequate shielding is necessary where ionizers are used in areas sensitive to electric fields.

Ionization may be applied in a number of ways appropriate to the requirements of the work situation. These may include localized (bench) ionized air blowers, compressed air ionizers, spot ionizers, tape dispenser ionizers and total room ionizers. Previously, ionization was not considered as a primary means of static control for the following reasons.

- a) L'assemblage/la réparation manuelle constituait le principal mode de travail, et l'ionisation est à la fois plus coûteuse et moins fiable que les bracelets de terre EPA/ les chaussures conductrices.
- b) Les premiers ioniseurs n'étaient pas toujours fiables ni efficaces, et leur dysfonctionnement pouvait générer de forts champs électrostatiques.
- c) Les ioniseurs étaient pour la plupart incompatibles avec les prescriptions relatives aux salles blanches du fait des turbulences de l'air provoquées par les ventilateurs et/ou la contamination particulaire par les aiguilles.

Au cours des dernières années, plusieurs choses ont changé. Un plus grand nombre d'opérations au niveau de la fabrication et des essais électroniques sont réalisées par des machines et non plus manuellement. En outre, les ioniseurs sont devenus moins coûteux et plus fiables; aujourd'hui, ils font ainsi partie intégrante du matériel utilisé pour le traitement automatisé.

- *Ionisation de l'air*

L'ionisation de l'air peut neutraliser les charges statiques au niveau des objets isolants ou isolés en produisant des charges séparées dans les molécules de gaz de l'air ambiant. Quand il existe une charge statique au niveau de certains objets de l'environnement de travail, celle-ci sera neutralisée par attraction de charges de polarité opposée dans l'air ionisé. Etant donné que ce système utilise exclusivement l'air déjà présent dans l'environnement de travail, il est permis d'utiliser l'ionisation de l'air dans les salles blanches où les pulvérisations chimiques et certains matériaux dissipateurs ne sont pas utilisables, bien que de tels ioniseurs doivent être approuvés par le coordinateur salles blanches du site avant utilisation. Noter que les systèmes d'ionisation ne doivent pas être utilisés comme moyen principal de maîtrise des charges sur les conducteurs ou les personnes.

5.2.9.1 Types d'ioniseur d'air

- *Ioniseurs nucléaires*

Les ioniseurs nucléaires utilisent généralement le polonium 210 comme élément radioactif pour produire l'ionisation d'air. La matière nucléaire est enrobée de façon à empêcher son dégagement de l'ioniseur, tout en permettant l'émission de particules alpha pour ioniser l'air ambiant. Les ioniseurs nucléaires ne génèrent aucun champ électrique. Ils doivent être utilisés à proximité de la surface chargée, ou assurer par une circulation d'air la dispersion des ions de l'air à l'intérieur de la zone de travail. Certains produits chimiques présents dans l'atmosphère sont susceptibles d'affecter l'intégrité de l'ioniseur. La législation de chaque pays contrôle l'utilisation de ce type de matériel d'ionisation.

- *Ioniseurs à courant alternatif*

Les systèmes à courant alternatif (c.a.) utilisent des émetteurs commutés rapidement entre des hautes tensions positives et négatives, généralement à la fréquence du secteur (50/60 Hz). La recombinaison ionique est élevée car les deux polarités sont générées en succession rapide à chaque point d'émission. Le champ électrostatique généré par l'émetteur change également de direction rapidement. Dans certaines situations, il est possible qu'il ne soit pas souhaitable de placer des composants sensibles à proximité des points d'émission. Pour ces applications, une circulation d'air sera nécessaire pour éloigner les ions des pointes d'émission. Des systèmes à courant alternatif sont souvent installés à la sortie d'un système de distribution d'air.

- *Ioniseurs à courant continu permanent*

Les systèmes à courant continu (c.c.) constant comprennent des émetteurs d'ions négatifs et positifs séparés connectés par un couple de câbles à haute tension à leurs alimentations haute tension respectives. L'espacement entre les émetteurs varie en fonction de la conception et un courant continu est constamment appliqué au niveau des pointes d'émission.

- a) Assembly/repair was the main means of operation, and ionization is both more expensive and less reliable than wrist straps/conductive footwear.
- b) Early ionizers were not always reliable or efficient, and if they malfunctioned could cause severe electrostatic fields.
- c) Most ionizers were incompatible with clean-room requirements due to air turbulence induced by fans and/or particle contamination from the needles.

In the last few years several things have changed. More operations in electronic manufacture and test are carried out by machine instead of by hand. Additionally, ionizers have become less expensive and more reliable, so they are now an integral part of the equipment used in automated handling equipment.

- *Air ionization*

Air ionization can neutralize the static charge on insulated and isolated objects by producing separate charges in the molecules of the gases of the surrounding air. When a static charge is present on objects in the work environment, it will be neutralized by attracting opposite polarity charges from the ionized air. Since it uses only the air already present in the work environment, air ionization may be employed in clean rooms where chemical sprays and some electrostatic dissipative materials are not usable, although any such ionizers should be approved by the location clean room co-ordinator before use. Note that ionization systems should not be used as a primary means of charge control on conductors or people.

5.2.9.1 Types of air ionizers

- *Nuclear ionizers*

Nuclear ionizers commonly use polonium 210 as the radioactive element for producing air ionization. The nuclear material is packaged in a way that prevents its release from the ionizer, but still allows alpha particle emission to ionize the surrounding air. Nuclear ionizers do not produce an electric field. They must be used in close proximity to the charged surface, or depend on airflow to disperse air ions into the work area. Some chemicals in the atmosphere may affect the ionizer integrity. Legislation in each country controls the use of this type of ionization equipment.

- *AC ionizers*

AC systems utilize emitters that are switched rapidly between positive and negative high voltage, usually at the power line frequency (50/60 Hz). Ion recombination is high as both polarities are produced in rapid succession at each emitter point. The electrostatic field from the emitter also changes direction rapidly. In some situations, it may not be desirable to place sensitive components close to the emitter points. For these applications, moving ions away from the emitter points will require airflow. AC systems are often mounted at the output of an air delivery system.

- *Steady d.c. ionizers*

Steady d.c. systems consist of separate negative and positive ion emitters connected by a pair of high-voltage cables to their respective high-voltage power supplies. The spacing between emitters varies depending on the design, and d.c. power is constantly applied to the emitter points.

L'espacement entre les émetteurs à polarités opposées est encore plus important dans le système à c.c. que dans le système à c.a. La recombinaison ionique se produit à une vitesse plus faible et les systèmes à c.c. constant fonctionnent avec une circulation d'air plus faible que les systèmes à c.a. Le champ électrostatique de l'ioniseur est utilisé pour déplacer les ions en l'absence de circulation d'air importante. Il faut prendre des précautions afin que les émetteurs ne soient pas trop éloignés les uns des autres, ce qui entraînerait la création de points chauds ioniques. Les points chauds ioniques contiennent un surplus d'ions de l'une des deux polarités et tout objet introduit dans ces zones est susceptible d'être chargé par ce déséquilibre ionique.

- *Ioniseurs à courant continu pulsé*

Les systèmes à courant continu pulsé génèrent des ions de deux polarités au niveau d'une seule unité d'émission utilisant une seule pointe d'émission ou une paire de pointes très proches. La répartition de la puissance est susceptible de s'effectuer par l'intermédiaire d'un câble à haute tension à partir d'une alimentation centrale à haute tension, ou par un câble basse tension à partir d'un contrôleur central pour les alimentations à haute tension éloignées. Si l'on pratique une alternance relativement lente entre les polarités (généralement à une fréquence de récurrence de 10 Hz ou moins), la vitesse de recombinaison diminue. La génération des deux polarités au même endroit supprime les points chauds ioniques et les champs électrostatiques continuent de déplacer les ions dans les applications à faible circulation d'air. En variant la fréquence de récurrence, il est possible de fournir des ions dans la zone de travail, même lorsque la circulation d'air est nulle.

5.2.9.2 Applications

- *Ionisation de salles*

Les dispositifs d'ionisation de salles sont utilisés lorsque des problèmes d'électricité statique surviennent dans une vaste zone de production et qu'il est difficile de localiser le problème sur une station de travail spécifique. Parmi les dispositifs d'ionisation de salles, on distingue des systèmes à grille en courant alternatif, des couples espacés d'émetteurs à c.c. constant, des systèmes à barre à c.c. constant ou pulsé et des émetteurs à c.c. pulsé individuellement. Les ioniseurs nucléaires ne sont pas couramment utilisés dans les systèmes d'ionisation de salles en raison de la quantité de matière radioactive nécessaire.

Indépendamment du type d'ioniseur de salles choisi, il faut résoudre un certain nombre de problèmes d'environnement et de matériel lorsque l'ionisation concerne des zones étendues. Il faut prendre en considération la hauteur de plafond et la circulation d'air dans la zone. Tout objet volumineux situé dans la zone modifiera à la fois la circulation d'air et le fonctionnement des ioniseurs.

Il est nécessaire de considérer les méthodes de répartition de puissance au niveau des ioniseurs ainsi que d'autres prescriptions relatives à l'installation. Après l'installation, ces importants systèmes nécessiteront une maintenance périodique afin de garantir les performances souhaitées. Contrairement aux autres applications d'ioniseurs, l'ionisation de salles implique souvent un système fabriqué plutôt qu'un produit du commerce.

- *Ionisation de hottes à flux laminaire*

Les hottes à flux laminaire sont couramment utilisées dans l'industrie de l'électronique et dans de nombreuses autres applications. Elles sont utilisées pour créer une station de travail à contamination contrôlée au sein d'une plus grande zone de production incontrôlée. A l'intérieur de la zone de ces hottes à flux laminaire, une charge statique peut provoquer à la fois des problèmes d'ESD et de contamination particulaire. Des grilles à courant alternatif, des barres à c.c. constant et à c.c. pulsé ainsi que des barres nucléaires sont utilisées pour créer une ionisation au niveau des hottes à flux laminaire. Le niveau, la vitesse et la direction de la circulation d'air disponible dans ces bancs d'essai sont susceptibles d'influencer le choix du type d'ioniseur. Tout objet volumineux dans la zone du banc d'essai influencera à la fois la

Emitters of opposite polarities are spaced further apart in the d.c. system than in the a.c. system. Ion recombination occurs at a lower rate and steady d.c. systems operate at a lower airflow than a.c. systems. The electrostatic field of the ionizer is used to move ions in the absence of high airflow. Care must be taken that the emitters are not spaced so far apart that ion hot spots are created. Ion hot spots contain an over-supply of ions of either polarity and any objects brought into these areas may be charged by this ion imbalance.

- *Pulsed d.c. ionizers*

Pulsed d.c. systems generate both polarities of ions at a single emitter unit using a single or closely spaced pair of emitter points. Power distribution may be by high-voltage cable from a central high-voltage power supply, or by low-voltage cable from a central controller to remotely located high-voltage power supplies. Alternating relatively slowly between polarities (usually at a pulse rate of 10 Hz or less), the recombination rate is lowered. Generating both polarities at a single location eliminates ion hot spots and electrostatic fields will still move ions in low airflow applications. By varying the pulse rate, ions can be delivered to the work area, even in zero airflow situations.

5.2.9.2 Applications

- *Room ionization*

Room ionization devices are used when static problems occur over a wide production area and it is difficult to localize the problem to a particular work station. Room ionization devices include a.c. powered grid systems, pairs of steady d.c. emitters spaced apart, steady d.c. bar systems, pulsed d.c. bar systems and individually pulsed d.c. emitters. Nuclear ionizers are not commonly used in room systems because of the quantity of radioactive material that would be required.

Regardless of the type of room ionizer chosen, a number of environmental and equipment issues must be addressed when large areas are to be ionized. Consideration must be given to the ceiling height and airflow in the area. Any large objects in the area will change both the airflow and the operation of the ionizers.

Methods of power distribution to the ionizers as well as other installation requirements need to be considered. After installation, these large systems will require periodic maintenance to assure the desired performance. In contrast to other ionizer applications, room ionization often involves an engineered system rather than an off-the-shelf product.

- *Laminar flow bench ionization*

Laminar airflow benches are in common use in the electronics industry and in many other applications. They are used to create a contamination controlled work station within a larger uncontrolled production area. Within the area of these laminar airflow benches, static charge can cause both ESD and particle contamination problems. AC grids, steady d.c. and pulsed d.c. bars and nuclear bars are used to provide ionization in laminar airflow benches. The level, velocity and direction of the airflow available in these benches may affect the type of ionizer chosen. Any large objects in the bench area will affect both the airflow and the

circulation d'air et le fonctionnement de l'ioniseur. Il est éventuellement nécessaire de considérer la répartition des alimentations s'il faut utiliser un grand nombre d'ioniseurs électriques. Comme pour tous les ioniseurs, une maintenance périodique sera nécessaire pour fournir des performances optimales.

- *Ionisation de la surface de travail*

Le type d'ioniseur utilisé pour assurer un contrôle de l'électricité statique sur une surface de travail quelconque dépend dans une large mesure de la zone dans laquelle se situe la surface de travail et de la circulation d'air disponible. Dans les zones à contamination contrôlée ou dans d'autres zones présentant des circulations d'air importantes, les produits décrits pour l'ionisation de salles et l'ionisation de hottes à flux laminaire sont susceptibles d'être utilisables. Dans les zones où le contrôle de la contamination n'est pas un problème ou si la circulation d'air ambiant est réduite, il est possible d'utiliser d'autres types d'ioniseurs. On les désigne couramment par le terme d'ioniseurs de table soufflants ou d'ioniseurs de station de travail aériens et leur conception inclut des ventilateurs. Les types d'ionisation nucléaire ou l'un des types électriques décrits précédemment peuvent être utilisés.

- *Ionisation d'un point d'utilisation*

Il est quelquefois nécessaire d'assurer un contrôle de l'électricité statique dans une zone ou un point défini et réduit. Il s'agit souvent d'assurer un contrôle de l'électricité statique au sein d'un équipement de production, de mini-environnements ou de faciliter l'élimination de particules depuis une partie d'un produit. Les ioniseurs utilisés à cette fin prennent généralement la forme de pistolets à jet d'air ou d'azote comprimé; la vitesse et la direction de la circulation d'air ainsi que la distance constituent alors des paramètres importants pour leur sélection et leur implantation. Les effets du refroidissement sont susceptibles d'être influencés par l'utilisation d'une ionisation par pointe et il convient d'en tenir compte dans les cas d'application. Les types d'ionisation nucléaire ou l'un des types électriques décrits précédemment peuvent être utilisés. Il est important d'opter pour une méthode d'ionisation et de propreté du gaz adaptée à la zone de travail.

- *Etablissement de la spécification de performances*

La sélection d'un ioniseur d'air pour une application spécifique implique souvent un choix entre un certain nombre de dispositifs différents. Les décharges électrostatiques occasionnent une grande variété de problèmes. La spécification de performances doit définir les facteurs tels que la nature du problème d'électricité statique, la sensibilité du produit à la charge statique, l'environnement et les caractéristiques de fonctionnement du matériel d'ionisation.

Après que l'ioniseur a été sélectionné, il convient de l'évaluer dans la zone réelle d'utilisation.

La liste suivante comprend des points importants pour le processus de sélection:

- neutralisation des charges;
- temps de décharge;
- équilibre ionique;
- sensibilité du produit;
- solution au problème d'électricité statique;
- considérations liées à l'environnement;
- circulation d'air;
- dimensions physiques.

operation of the ionizer. Power distribution may need to be considered if large numbers of electrical ionizers are to be used. As with all ionizers, periodic maintenance will be needed to provide optimum performance.

- *Work surface ionization*

The type of ionizer used to provide static control on any work surface depends to a large extent on the area in which the work surface is located and the amount of airflow available. In contamination controlled areas and other areas with significant amounts of airflow, the products described under room ionization or laminar flow bench ionization may be usable. In areas where contamination control is not an issue or there is little ambient airflow, other types of ionizers may be used. These are commonly known as bench-top blowers or overhead work station ionizers and include fans in their design. Nuclear or any of the previously described types of electrical ionization technology may be used.

- *Point-of-use ionization*

There is sometimes a need to provide static control in a small defined area or location. This is often needed to provide static control within production equipment, in mini-environments, or to facilitate particle removal from part of a product. Ionizers used for this purpose are usually in the form of blow-off guns that work with a supply of compressed air or nitrogen, with airflow speed and direction, and distance being important parameters in their selection and siting. Cooling effects may be influenced by the use of point ionization and its effect should be considered for application purposes. Nuclear, or any of the previously described types of electrical ionization technology, may be used. It is important to choose a method of ionization and cleanliness of gas supply appropriate to the work area.

- *Establishing performance specification*

Selecting an air ionizer for a specific application often involves deciding between a number of different devices. A wide variety of problems occur from static discharge. The performance specification needs to establish factors such as the nature of the static problem, the sensitivity of the product to static charge, the environment and the operating characteristics of the ionization equipment.

After the ionizer has been selected, it should then be evaluated in the actual area of use.

The following list contains important points for the selection process:

- charge neutralization;
- discharge time;
- ion balance;
- product sensitivity;
- solution to static problem;
- environmental considerations;
- airflow;
- physical dimensions.

Considérations relatives à l'installation:

- conformité avec les règles de sécurité;
- répartition des alimentations;
- contrôle des alimentations;
- gaz comprimé;
- capacité d'extension;
- compatibilité avec la salle blanche.

Fonctionnement:

- prescriptions de maintenance;
- fiabilité;
- entretien du matériel;
- ozone, interférences électromagnétiques (EMI) et émission de particules (conformité avec la législation locale).

Coût:

- coût du matériel;
- coût de l'installation;
- coût de fonctionnement et de maintenance.

La spécification d'un ioniseur d'air utilisé pour la protection contre les ESD à l'intérieur d'une zone d'assemblage est susceptible d'être différente de celle d'un ioniseur réduisant la contamination de particules sur les surfaces de plaquettes dans une salle blanche de classe 10. Les prescriptions relatives au contrôle des charges électrostatiques au niveau d'une opération de fabrication de film plastique diffèrent de celles qui s'appliquent à une zone d'assemblage d'unités de disque. La première étape consiste à comprendre le problème de charge statique.

- *Sensibilité du produit et temps de décharge*

Une spécification de performances dépend de la sensibilité du produit aux effets de charges statiques et au niveau auquel il est nécessaire de neutraliser la charge afin d'éliminer le problème d'électricité statique. Il est nécessaire de déterminer le seuil de dégradation en effectuant des essais, ou des calculs, ou grâce aux informations du fournisseur de composants. Il convient d'effectuer une mesure à l'aide d'un mesureur de champ électrostatique afin de déterminer les niveaux de potentiel statique présents. Si l'humidité relative n'est pas contrôlée, il convient d'effectuer ces mesures à un niveau normal, mais également au plus faible niveau prévu. Il est possible que les mesures atteignent 50 kV dans cet environnement incontrôlé et elles s'inscrivent fréquemment entre 5 kV et 20 kV.

Il convient de maintenir, sur un ESDS, les niveaux définitifs des pièces défailtantes à l'intérieur de l'EPA (excluant les dispositifs ultrasensibles < 100 V) au-dessous de 100 V, et le temps de décharge jusqu'à ce niveau dépendra de l'équilibrage et de la circulation d'air disponible. Il convient souvent d'atteindre un temps de décharge de 20 s.

- *Circulation d'air*

Les performances d'un ioniseur d'air dépendent souvent de la quantité d'air circulant à proximité du dispositif ou le traversant. Le volume d'efficacité d'un ioniseur est très influencé par des courants d'air même minimes. Certains ioniseurs ont besoin d'une circulation d'air pour fonctionner correctement: il peut s'agir de courant d'air naturels ou créés par un ventilateur. Dans certaines applications, on utilise des gaz secs comprimés comme l'air ou l'azote.

Installation considerations:

- conformity with safety codes;
- power distribution;
- power control;
- compressed gas;
- expansion capability;
- clean room compatibility.

Operation:

- maintenance requirements;
- reliability;
- equipment servicing;
- ozone, EMI and particle emission (compliance with local legislation).

Cost:

- equipment cost;
- installation cost;
- operation and maintenance cost.

An air ionizer specification that is used to protect against ESD in an assembly area may be different from an ionizer which reduces particle contamination on wafer surfaces in a class 10 clean room. The requirements for static charge control in a plastic film manufacturing operation differ from those in a disk drive assembly area. The first step is to understand the static charge problem.

- *Product sensitivity and charge decay time*

A performance specification depends on the sensitivity of the product to the effects of static charge and the rate at which the charge needs to be neutralized to eliminate the static problem. The damage threshold needs to be determined, either by testing, by calculation, or by component supplier information. A static audit with an electrostatic field meter should be carried out to determine the levels of static potential present. If relative humidity is not controlled, then this should be taken both at a normal level, and also at the lowest expected level. Measurements in this uncontrolled environment may be as high as 50 kV and 5 kV to 20 kV will be common.

The final levels of breakdown parts on an ESDS within an EPA (excluding ultra-sensitive devices < 100 V) should be less than 100 V, and discharge time to this level will depend on offset balance and available airflow. The neutralization time should be chosen according to the application, with a time of less than 20 s being suitable for many applications.

- *Airflow*

The performance of an air ionizer often depends on the amount of air that flows by or through the device. The effective space for an ionizer is very much influenced even by small air draughts. Some ionizers require an airflow in order to operate correctly; this might be in the form of natural air-currents or fan-induced. In some applications, dry-compressed gases, such as air or nitrogen, are used.

- *Installation physique*

Il convient d'effectuer l'installation d'ioniseurs conformément aux règles et à la législation au niveau électrique, mécanique, nucléaire (le cas échéant) et au niveau de la sécurité. Les zones à contamination contrôlée nécessitent fréquemment des techniques et des matériaux d'installation spécialisés. Au niveau des méthodes d'installation, il convient d'envisager de futurs changements ou extension de la zone de travail en plus des besoins actuels.

Certains pays ou états sont susceptibles d'imposer une législation supplémentaire concernant l'utilisation d'ioniseurs électriques. Certaines installations nécessitent de répertorier l'organisation de sécurité du produit. Dans ce cas, il convient de répertorier l'ioniseur ou le système dans son ensemble.

- *Surveillance et asservissement*

Diverses techniques de régulation et d'auto-équilibrage sont disponibles pour assurer les performances de l'ioniseur. Lorsqu'on applique la surveillance et l'asservissement, il est nécessaire de s'assurer qu'on utilise un nombre suffisant de capteurs et qu'ils sont positionnés au bon endroit. La plupart des capteurs d'ions ont un rayon d'action limité à moins de 1,5 m. L'asservissement peut être amélioré si l'on fournit un capteur pour chaque dispositif d'ionisation. Un contrôle efficace peut réduire la maintenance nécessaire.

5.2.10 Outils, machines, distributeurs et matériel d'essai

Il convient de ne pas utiliser d'outils à poignée isolée. S'il faut utiliser des outils très conducteurs (métal) pour un processus essentiel, alors la partie fortement conductrice est susceptible de porter une charge résiduelle. Avant d'utiliser l'outil, il convient d'éliminer la charge résiduelle grâce à une résistance inférieure à $10^{12} \Omega$ reliée à la masse. Elle sera souvent intégrée à la poignée et pour les outils de petite taille, la charge sera éliminée par l'intermédiaire de l'opérateur ou de la surface de travail.

Pour les outils à main ou les machines, quand les outils ou l'ESDS sont susceptibles d'acquérir une charge et d'entrer ensuite en contact avec un élément connecté à la masse, il convient de déterminer la résistance à la masse et la résistance de point à point au niveau de ce point de contact initial de façon que des décharges rapides ne puissent pas avoir lieu ($\geq 10^7 \Omega$ à la masse).

Le terme «outils» recouvre une vaste gamme d'articles, des petits outils à main aux grandes machines, et la création d'une norme simplifiée couvrant tous les types représente une tâche difficile, sinon impossible. Dans la plupart des cas, au niveau de la CEI 61340-5-1, la résistance de point à point et la résistance par rapport à la masse ont été utilisées pour définir les performances de matériaux. Des mesures de temps de décharge sont nécessaires quand des valeurs de très hautes résistances sont répertoriées. Pour les outils, d'autres paramètres tels que la capacité, intentionnelle ou parasite, et l'inductance peuvent également jouer un rôle très important dans l'apparition de dommages électrostatiques. Il convient de prendre en considération les lignes directrices suivantes.

- a) Au point de contact, s'il est possible que l'ESDS présente un potentiel différent du point de contact de l'outil, il convient d'utiliser un moyen tel que l'ionisation pour garantir que la différence de potentiel entre l'outil et l'ESDS n'est pas importante au moment et au niveau du point de contact.
- b) Dans le cas où l'ionisation est inefficace ou impossible, il convient de minimiser le transfert de charges entre l'ESDS et l'outil au niveau du point de contact. On obtient normalement ce résultat en plaçant une forte résistance au niveau du contact de point à point et du point à la masse; on considère généralement qu'une valeur supérieure à $10^7 \Omega$ garantit la sécurité.

- *Physical installation*

The installation of ionizers should comply with applicable electrical, mechanical, nuclear (where applicable), and safety codes and legislation. Contamination controlled areas often require specialized installation techniques and materials. Installation methods should consider possible future changes or expansion in the work area, as well as present needs.

Individual countries or states may impose additional legislation on the use of electrical ionizers. Some facilities require a product safety organization listing. Where this is the case, then the entire ionizer or system should be listed.

- *Monitoring and feedback control*

Various feedback and auto-balance techniques are available to ensure ionizer performance. Where monitoring and feedback control is used it is necessary to ensure that sufficient sensors are used, and that these are positioned in the correct places. Most ion sensors have a range limited to less than 1,5 m. Providing a sensor for each ionizing device can improve feedback control. Effective control can reduce the amount of necessary maintenance.

5.2.10 Tools, machinery, dispensers and test equipment

Tools with insulated handles should not be used. If highly conductive tools (metal) are to be used for an essential process, then the highly conductive part may contain residual charge. Before the tool is used, the residual charge should be removed through a resistance of less than $10^{12} \Omega$ to ground. This will often be integral in the handle, and for small tools the charge will be removed through the operator or the working surface.

With hand tools or with machinery, where tools or ESDS may acquire a charge and then come into contact with a grounded item, the resistance to ground and point-to-point resistance at this point of initial contact should be such that rapid discharges cannot take place ($\geq 10^7 \Omega$ to ground).

The term "tools" covers a wide range from small hand tools to large machinery, and the creation of a simple standard to cover all types is a difficult, if not impossible task. In most of IEC 61340-5-1, point-to-point resistance and resistance-to-ground have been used to define material performance. Charge decay measurements are required where very high resistive values are listed. With tools, other parameters such as capacitance, either intentional or stray, and inductance can also be very significant in causing electrostatic damage. The following guidelines should be taken into consideration.

- a) At the point of contact, if it is possible for the ESDS to be at a different potential to the tool contact point, then a means such as ionization should be used to ensure that the tool and the ESDS do not have a significant potential difference at the time and point of contact.
- b) If ionization is ineffective or not possible, then the charge transfer between the ESDS and the tool at the point of contact should be minimized. This will normally be achieved by having a high resistance on point-to-point and point-to-ground contact, above $10^7 \Omega$ is normally considered safe. This can be achieved using volume conductive material or

On peut l'obtenir en utilisant un matériau conducteur en volume ou des composants discrets, mais il est nécessaire de considérer qu'une plaque métallique de 100 mm × 100 mm peut avoir une capacité à la masse ou autre de plusieurs centaines de picofarads. Si un petit ESDS se charge ou se décharge sur cet élément sans résistance ou autre impédance, l'ESDS est susceptible de subir des dommages importants. L'inductance peut engendrer des problèmes similaires.

Les principales techniques d'assemblage et de réparation électroniques sont récemment passées d'un mode manuel à un mode automatique. Fixer un bracelet de terre EPA sur une machine en espérant qu'il établira un contact constitue une méthode d'une fiabilité pour le moins douteuse et peu scientifique, pour ne pas dire dangereuse. Certaines machines automatiques génèrent des charges qui peuvent dégrader les ESDS. Il est important que la conception de ces outils s'adapte aux tâches, et il est nécessaire de prendre des précautions de conception afin d'inclure certaines zones, comme par exemple des courroies mobiles dissipatives pouvant être mises à la masse. Dans certaines machines, il est impossible d'utiliser exclusivement des matériaux astatiques, et certaines machines seront entièrement ou partiellement isolées de la masse. Dans ce cas, il sera nécessaire d'utiliser des ioniseurs.

Il convient de relier solidement à la masse la plupart des fers à souder (c'est-à-dire $<5 \Omega$), et de connecter les ESDS à la masse avant qu'ils n'entrent en contact avec les pointes. Cette connexion à la masse est nécessaire car la grande majorité des fers à souder présente une forme de régulation de température, soit en branchant ou débranchant les fers au niveau des limites, soit en utilisant l'effet de haute fréquence. Ces mécanismes de régulation peuvent produire des champs électriques et donc nécessiter un chemin de faible impédance à la masse pour empêcher l'accumulation de potentiels élevés pouvant endommager les ESDS.

- *Matériel d'essai et de fabrication*

Il convient d'effectuer une sélection correcte du matériel d'essai et de fabrication générateur de charges ou de champs électrostatiques ou de prendre d'autres précautions, telles que l'ionisation pour réduire le potentiel de dégradation des ESDS. Si cela se révèle impossible, la zone immédiate où se situe le champ ou la charge est susceptible d'être déclassée (avec des marquages visibles) et les ESDS écartés de cette zone.

Parmi les exemples de matériel d'essai et de traitement connus pour générer des charges ou champs électrostatiques, on distingue

- le latex, le silicone et des matériaux similaires utilisés dans les procédés sous vide;
- les transporteurs pneumatiques;
- les équipements d'étamage à la vague et bains de soudure;
- les bandes transporteuses et systèmes de transfert;
- les écrans vidéo.

5.2.11 Chariots et tables roulantes

L'utilisation de chaînettes conductrices plutôt que de roues conductrices est une pratique courante dans certaines zones. Quand des chaînettes sont utilisées, il faut s'assurer qu'il existe une pression ou un poids suffisant, pour éviter qu'un mauvais contact s'établisse avec le sol. Certaines chaînettes sont souvent accrochées à la surface plutôt que de traîner sur le sol.

Il convient de relier à la masse deux roues au moins sur les chariots ou les tables roulantes. Il est possible qu'une seule roue soit en partie recouverte d'une matière étrangère, qu'elle ne soit pas en contact avec une partie conductrice du sol ou sur un sol inégal, ou bien encore avec une table roulante de mauvaise qualité, qu'elle ne soit en contact avec aucune partie du sol.

Il convient d'effectuer des mesures de résistance à la masse pour assurer des performances correctes.

discrete components, but it needs to be appreciated that a metal plate of 100 mm × 100 mm can have a capacitance to ground or elsewhere of several hundreds of picofarads. If a small ESDS charges from, or discharges to, this item without resistance or other impedance, there may be severe damage to the ESDS. Inductance can give similar problems.

Recently the major electronic assembly and repair techniques have moved from manual to automatic machinery. To place a wrist strap around a machine and hope it makes contact is, at best, unreliable and unscientific, and, at worst, dangerous. Some automatic machinery generates charges which can damage ESDS. It is important that the design of these tools be suitable for the tasks, and care needs to be taken in their design to include areas such as electrostatic dissipative moving belts which can be grounded. In some machines it is impossible to have low charging materials used throughout, and some machines will be wholly or partially isolated from ground. In these cases ionizers will need to be used.

Most soldering irons should be hard grounded (i.e. $<5 \Omega$) and ESDS should be grounded before coming into contact with the tips. This hard ground is needed because the vast majority of soldering irons have some form of temperature control, either by switching the iron on or off at limits, or by using high-frequency effect. These control mechanisms can produce electric fields, and thus require a low impedance path to ground to prevent high potentials from being accumulated which can damage ESDS.

- *Test and process equipment*

Test and process equipment which generate electrostatic charges or fields should be suitably screened or have other precautions taken, such as ionization to reduce the potential of damage to ESDS. In the event of this proving impossible, then the immediate area where the field or charge is present may be declassified (with visible markings) and ESDS kept away from this area.

Common examples of test and process equipment known to generate electrostatic charges or fields include

- latex, silicone and similar materials used in vacuum-assisted processes;
- pneumatic conveyors;
- flow-soldering equipment and solder pots;
- conveyor belts and transit systems;
- video screens.

5.2.11 Trolleys and carts

A practice in some areas has been the use of conductive chains rather than conductive wheels. When chains are used, sufficient pressure or weight should be ensured to avoid poor contact being made with the floor. Some chains are often hooked to the surface rather than being allowed to trail on the floor.

A minimum of two wheels on trolleys or carts should provide a path to ground. A single wheel may have part of its surface covered by foreign matter, or may not be in contact with a conducting part of the floor, or it may rest on an uneven floor or, in the case of a poor quality cart, it may fail to be in contact with any part of the floor.

Resistance to ground measurements should be made to assure proper performance.

5.3 Construction d'une EPA

5.3.1 Généralités

Les éléments utilisés dans une EPA ont été définis en 5.2 et le présent paragraphe indique la manière de les assembler pour constituer une EPA. Les figures 11 et 12 de la CEI 61340-5-1 fournissent des exemples et schémas typiques d'une EPA.

5.3.2 Installation de terre ESD

Toutes les formes d'EPA nécessitent une installation de terre ESD et un système commun de point de connexion à la masse. Il s'agira souvent de l'installation de protection de terre. Dans les cas où il n'existe pas d'installation de terre ESD, ou quand l'installation de terre ESD est susceptible de présenter des pics de haute tension, comme dans certains sites de l'industrie lourde, des solutions de rechange sont éventuellement nécessaires. Dans la plupart des cas, il s'agira d'un chemin direct à la terre. Typiquement, plusieurs points d'accès seront nécessaires et il faudra répartir l'installation sur l'ensemble de l'EPA, pour établir des connexions avec toutes les surfaces de travail, le sol et les points de connexion à la terre pour les bracelets de terre EPA. A l'intérieur d'une même EPA, une seule installation de terre EPA est autorisée.

La création d'une EPA conforme à la CEI 61340-5-1 ne garantit pas un environnement de travail sûr et il est nécessaire de suivre l'ensemble des législations et des lignes directrices existantes. La CEI 61340-5-1 a été rédigée de manière à éviter les risques supplémentaires pour le personnel travaillant dans une EPA. Ainsi les résistances minimales et les niveaux de tension de travail maximaux sont spécifiés pour assurer qu'un courant nominal maximal de 0,5 mA, avec une valeur maximale absolue de 0,67 mA, est autorisé dans des conditions normales ou de défaut simple. Ce niveau est bien inférieur aux 10 mA utilisés dans de nombreuses zones et aux 3,5 mA utilisés dans la CEI 61010-1. Il a été choisi pour éviter les chocs ou les dommages ainsi que les morts par électrocution. Il prend en compte le fait qu'on trouve de nombreuses EPA dans l'industrie légère où les contrôles de santé sont souvent négligés. Lorsque des membres du personnel souffrant de problèmes cardiaques ou possédant un stimulateur cardiaque travaillent dans une EPA, il est possible que des précautions supplémentaires soient nécessaires. Lorsqu'on utilise des chemins parallèles à la masse, les utilisateurs ainsi que le coordinateur ESD sont chargés d'assurer qu'ils ne sont pas source de problèmes.

5.3.3 Point de connexion à la terre EPA (EBP)

Un point de connexion à la terre est nécessaire pour chaque opérateur ou visiteur d'une EPA afin qu'il puisse connecter le bracelet de terre EPA (voir 5.2.7) à la masse. Il sera généralement relié directement dans l'installation de terre EPA (voir 5.3.2), mais dans certaines EPA, il est susceptible d'être connecté via le point de connexion de masse de la surface de travail. Quand cette technique est utilisée, la limite maximale de résistance entre la peau et la masse, de 35 M Ω , s'applique toujours. Elle est susceptible d'être utilisée seulement quand la résistance entre la surface et la masse, sur la surface de travail, s'approche de la limite inférieure autorisée.

Le système de branchement du point de connexion de terre EPA ne doit pas être compatible avec un autre système utilisé à d'autres fins que la mise à la masse de l'EPA.

L'utilisation de connecteurs à pince et de douilles miniatures spécialisées est recommandée afin d'éviter tout branchement non intentionnel du système EBP aux circuits sous tension, ce qui serait susceptible d'occasionner des dommages ou des problèmes de sécurité.

L'utilisation de pinces-crocodile est fortement déconseillée car celles-ci peuvent être facilement déconnectées ou connectées à un emplacement inapproprié.

5.3 Construction of an EPA

5.3.1 General

Subclause 5.2 defined the items used in an EPA and this subclause shows how they can be put together to make an EPA. A typical example and typical schematic of an EPA is given in figures 11 and 12 of IEC 61340-5-1.

5.3.2 EPA ground facility

All forms of EPA need an earth facility and common point grounding system. In many EPA this will be the mains protective earth facility. In cases where there is no mains earth, or where mains earth may have large voltage spikes, as in some heavy industrial plants, then alternatives may be needed. In most cases this will be a direct path to earth.

Typically, several access points will be required, and the facility will need to be distributed throughout the EPA for connections to all working surfaces, the floor and the earth bonding points for wrist straps. Within any single EPA, only one EPA ground facility is permitted.

An EPA established in conformity with IEC 61340-5-1 does not guarantee that it is a safe working environment, and all existing legislation and guidelines need to be followed. IEC 61340-5-1 has been written so that no additional risk to personnel is caused by it being an EPA. To this extent, minimum resistances and maximum working voltage levels are specified to ensure that a nominal maximum current of 0,5 mA with an absolute maximum of 0,67 mA, is allowed under normal or single-fault conditions. This is well below the 10 mA used in many areas and the 3,5 mA used in IEC 61010-1. It was chosen to prevent shocks or damage as well as deaths. It takes into account that many EPA are found in light industry, where fitness and health checks are frequently not carried out. When personnel who suffer from heart conditions, or use pacemakers work in an EPA, additional precautions may be needed. Where parallel paths to ground are used, it is the responsibility of the users and the ESD co-ordinator to ensure that these do not cause problems.

5.3.3 EPA ground bonding point (EBP)

An EBP is required to allow anyone working in or visiting an EPA to connect the wrist strap (see 5.2.7) to ground. This will generally be bonded directly into the EPA ground facility (see 5.3.2), but may in some EPA be connected through the work surface grounding point. When this technique is used, the maximum limit of skin to ground resistance of 35 M Ω still applies. This may only be used where the surface-to-ground resistance of the work surface is towards the lower end of the permitted range.

The EPA ground bonding system connection must not be compatible with other connecting systems used for purposes other than grounding in the EPA.

The use of mating snap connectors and specialized miniature sockets is recommended to prevent the EBP system being inadvertently connected to live circuits which may cause damage or safety problems.

The use of crocodile or alligator clips is strongly discouraged, as these can easily become disconnected or can be connected to an incorrect location.

5.3.4 Cordons de terre EPA

L'utilisation de connecteurs est recommandée. L'utilisation de pinces-crocodile est fortement déconseillée.

Il est permis d'utiliser, dans certains cas, le même style de cordon à la fois comme cordon de terre EPA pour bracelet de terre EPA et comme cordon de terre EPA. Si l'on utilise cette approche, quand le cordon est utilisé comme bracelet, la résistance discrète doit être située à l'extrémité du bracelet, tandis que lorsqu'il est utilisé comme cordon de terre EPA, la résistance doit être située à proximité du point de mise à la masse.

5.3.5 Champs électrostatiques

Les ESDS ne doivent pas être exposés à des champs électrostatiques supérieurs à 10 kV/m. Dans la plupart des cas cela est difficile à mesurer et une alternative toutefois également difficile à mesurer, consiste à limiter le potentiel électrostatique à 100 V.

Dans certains cas, il est nécessaire d'utiliser à l'intérieur de l'EPA un matériel capable de générer des champs ou des potentiels électriques dépassant la limite de 10 000 V/m. Dans cette éventualité, il convient de déclasser la zone où le champ non conforme est susceptible d'apparaître et de ne pas la considérer comme une partie de l'EPA. Il est nécessaire de marquer cette zone déclassée, et de maintenir les ESDS à l'écart de cette zone. Voir également DD.2.4.

5.3.6 Certification de conformité

Une fois qu'une EPA a été construite ou reconfigurée, il convient qu'elle soit inspectée par le coordinateur ESD. Lorsque le coordinateur ESD a constaté que l'EPA était conforme aux prescriptions de l'article 5, il convient d'attribuer un certificat similaire à celui présenté en figure 13 de la CEI 61340-5-1.

Si une tierce partie est impliquée, il convient que l'auditeur ou l'inspecteur soit approuvé par l'organisme d'accréditation national ou par l'IECQ avant d'être autorisé à attribuer un certificat de conformité.

5.4 Activités de terrain

L'activité de terrain couvre une très large gamme d'activités, telles que le travail à l'extérieur effectué dans des conditions météorologiques extrêmes, comme la réparation de feux de signalisation par temps de gelée, les activités de maintenance de photocopieurs dans un bureau et d'installation de production temporaire. Si l'on tente de couvrir ces domaines, il est forcément possible d'objecter qu'il n'existe pas de niveau universel. Il convient de considérer en priorité des critères permettant toujours de prendre des précautions adéquates offrant une protection adaptée contre les ESD pour les éléments traités sans pour autant poser trop d'obstacles aux opérations.

Les signalisations ont une importance particulière dans un environnement de terrain car les personnes qui ne sont pas habituées aux dommages provoqués par les ESD ou aux précautions à prendre peuvent se trouver dans une zone générale; il se peut aussi qu'il soit nécessaire d'attirer seulement l'attention sur le risque de dégradation qu'ils possèdent. Quand il est possible de délimiter l'EPA, il convient de laisser une distance de 1 m entre la limite et les ESDS non protégés. Dans certaines applications, les conditions physiques ne le permettent pas, et il faut alors que l'utilisateur fasse du mieux possible en la circonstance. De nombreuses sociétés fournissent une gamme d'équipements de terrain comprenant un tapis qui peut être utilisé comme surface de travail et/ou revêtement de sol, ainsi qu'un bracelet de terre EPA, et une connexion à un point de liaison à la terre EPA(EBP).

5.3.4 EPA ground cords

The use of mating snap connectors and permanent ground terminals is recommended. The use of crocodile or alligator clips is strongly discouraged.

The same style of cord may, in certain instances, be used as both a wrist strap ground cord and a ground cord. If this approach is used, then when in use as a wrist cord, the discrete resistance must be at the wrist end, whereas when in use as an EPA ground cord, the discrete resistance must be near the groundable point.

5.3.5 Electrostatic fields

ESDS should not be exposed to electrostatic fields in excess of 10 kV/m. This can be difficult to measure in many cases, and an alternative, but still difficult to measure, is to limit the electrostatic potential to 100 V.

In some cases, equipment capable of generating electric fields or electrical potentials above the 10 000 V/m limit must be used inside an EPA. Should this happen, then the area where the non-compliant field may be present should be declassified and not be considered part of the EPA. This declassified area needs to be marked, and ESDS kept out of the area. See also DD.2.4.

5.3.6 Certification of conformance

When an EPA has been set up or reconfigured, it should be inspected by the ESD co-ordinator. When the ESD co-ordinator is satisfied that the EPA meets the requirements of clause 5, a certificate similar to that shown in figure 13 of IEC 61340-5-1 should be awarded.

If a third party is involved, the auditor or inspector needs to have been approved by the national accreditation body, or by IECQ before being authorized to award a certificate of conformance.

5.4 Field work

Field work covers a very wide area, from outside work in extreme weather conditions such as repairing traffic lights in a freezing climate, to servicing office copy machines, to a temporary production facility. In attempting to cover these areas, there is bound to be some criticism that there is no universal level. The overriding criteria should always be to take adequate precautions which will provide adequate ESD protection for the items being worked on without unduly hampering the operations.

Signs are of particular importance in a field environment, as people unfamiliar with ESD damage or precautions are liable to be in the general area, and need to be made aware simply of the potential they have to cause damage. Where it is practical to mark off the EPA, it should extend a distance of 1 m from unprotected ESDS. In some applications, physical conditions will prevent this, and in these cases the user must do the best that is possible in the circumstances. Many companies supply a range of field kits which contain a mat which can be used as a bench and/or floor, a wrist strap, and a connection to an EPA ground bonding point (EBP).

Les vêtements peuvent être très importants dans l'activité de terrain, car il est possible que la zone constitue un environnement incontrôlé, qui peut être très sec. Il convient d'envisager la fourniture d'un vêtement couvrant conforme aux prescriptions de 5.2.5.

Les exemples indiqués aux figures 14 et 15 de la CEI 61340-5-1 illustrent de nombreuses pratiques correctes qu'il convient d'appliquer. S'il n'existe aucun EBP marqué visible sur le système exploité, il convient de prendre des précautions pour trouver un point de branchement adapté. Si des pinces-crocodile sont nécessaires, il convient de s'assurer qu'elles ne provoquent aucun court-circuit électrique.

5.5 Pratiques de travail dans l'EPA

Il convient de mettre en oeuvre des moyens adaptés pour relier à la masse le personnel et le matériel. Pour les personnes, on privilégie nettement l'utilisation du bracelet de terre EPA comme moyen principal (voir 5.2.7). Quand ce n'est pas possible, il convient de le remplacer par un revêtement de sol et des chaussures adaptées. Quand un siège est fourni, il convient de ne pas utiliser les chaussures comme méthode principale. Il convient de ne pas utiliser les vêtements et sièges conducteurs comme moyen principal de connexion à la masse.

Pour le matériel, il convient d'effectuer la connexion à la masse en utilisant, si possible, des cordons de terre. Dans les zones où ce système n'est pas adapté ou quand il n'est pas possible de connecter à la masse le matériel risquant d'être en contact avec des ESDS ou à proximité, il convient d'utiliser l'ionisation.

Il convient d'interdire la consommation de nourriture, de boissons, de tabac ainsi que le changement de vêtements dans une EPA.

Il convient de maintenir les surfaces de travail et les revêtements de sol propres et rangés.

Les pratiques décrites en 5.5 ne sont pas considérées comme exhaustives. Il convient de suivre d'autres pratiques, particulièrement en matière de santé et de sécurité, ainsi que des normes de fabrication citées au niveau des normes, procédures et législations correspondantes. L'utilisation répandue des EPA dans tous les domaines de l'industrie élargit beaucoup ces pratiques et l'orientation vers des processus spécifiques, que ne peut raisonnablement pas prendre en compte la CEI 61340-5-1.

Il convient de ne pas utiliser les sièges comme moyen principal de connexion à la masse de l'opérateur, en partie du fait que la mise à la masse du siège n'est pas fiable dans de nombreux cas. Il est possible que des impuretés isolantes soient présentes au niveau du sol et les opérateurs ne sont pas nécessairement en contact électrique permanent avec le siège. On note aussi que certaines EPA ne possèdent aucun siège, mais quand c'est le cas, il convient de se conformer à 5.2.4.

Il est nécessaire que les vêtements définis en 5.2.5 soient mis à disposition et portés par les opérateurs et les visiteurs d'une EPA. Il est nécessaire de concevoir ces vêtements de telle façon que tous les vêtements susceptibles d'être portés au-dessous ne dépassent pas du vêtement protecteur ESD s'il existe une possibilité de contact avec un ESDS. Le personnel portant des cheveux longs doit maintenir ceux-ci enveloppés pour éviter le contact ou la proximité immédiate d'ESDS.

Quand des ESDS sont détectés défectueux, il convient de prendre des précautions jusqu'au moment de la mise au rebut. Dans le cas de sous-ensembles pouvant être réparés, il s'agit d'empêcher tout autre endommagement. Au niveau du composant ESDS, si une analyse de défaillance peut être éventuellement requise, il est important de pouvoir identifier le mécanisme original de défaillance, sans qu'il soit masqué par un endommagement ultérieur par ESD dû à une mauvaise manipulation après la détection de la défaillance.

Garments can be very important in field work, as the area may be an uncontrolled environment which can be very dry. Supply of an outer garment meeting the requirements of 5.2.5 should be considered.

The examples shown in figures 14 and 15 of IEC 61340-5-1 show many of the good practices that should be used. Where there is no obvious marked EBP on the system being worked on, then care should be taken in finding a suitable bonding point. If crocodile or alligator clips are required, then care should be taken to ensure they do not cause any electrical shorts.

5.5 EPA working practices

Suitable means of grounding people and equipment should be carried out. For people there is a strong preference to use the wrist strap as the primary means (see 5.2.7). In cases where this is not possible, then the floor and suitable footwear should be used as an alternative. Where seating is provided, footwear should not be used as a primary method. Garments and conductive seating should not be used as the primary means of grounding.

For equipment, grounding by means of earth straps should be used where possible. In areas where this is not appropriate, or where equipment which may be in contact with or in close proximity to ESDS cannot be grounded, ionization should be used.

The consumption of food and drink, smoking or garment changing should not be allowed inside an EPA.

Working surfaces and floors should be kept clean and tidy.

The practices in 5.5 are not intended to be comprehensive. Other practices, particularly those regarding health and safety, and workmanship standards which are cited in relevant standards, procedures and legislation should be followed. The widespread use of EPA throughout all aspects of industry makes these practices far wider and specific process orientated than can sensibly be included in IEC 61340-5-1.

Seating should not be used as the primary means of operator grounding. This is, in part, because the grounding of the chair cannot be relied on in many cases. Insulative dirt on the floor is a possibility, and operators will not necessarily be in permanent electrical contact with the seat. It is also noted that in some EPA there will be no seating, but where this is provided it should conform to 5.2.4.

Garments as defined in 5.2.5 need to be available and worn by operators, and visitors, in an EPA. The design of such garments needs to be such that all undergarments which may be worn do not protrude beyond the ESD protective garment if there is any possibility of contact with an ESDS. When personnel have long hair it should be contained to avoid contact or close proximity with ESDS,

Where ESDS are found to be faulty, precautions should be taken until the final point of disposal. In the case of subassemblies which can be repaired, this is to prevent further damage. At ESDS component level, if there is any possibility of failure analysis being required, then it is important that the original failure mechanism can be identified and is not masked by subsequent ESD damage caused by mishandling after failure detection.

Les produits ainsi que les pratiques de nettoyage et de polissage peuvent avoir un effet considérable sur les caractéristiques de l'EPA, et il est primordial que tous les produits et tous les matériaux utilisés soient adaptés. Par exemple, de nombreux produits d'entretien forment une couche isolante susceptible également de générer des charges électrostatiques.

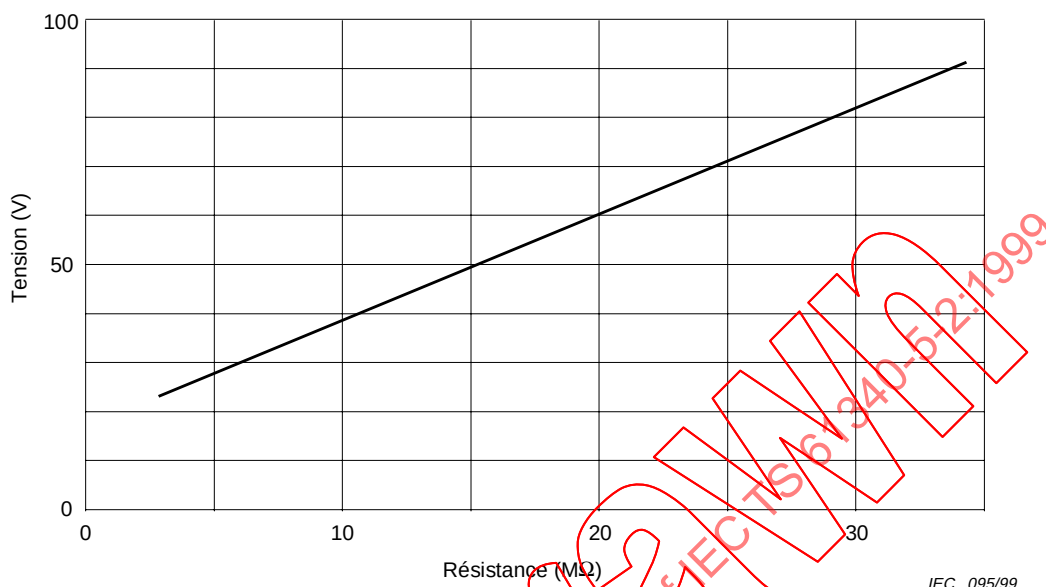


Figure 101 – Tension corporelle maximale générée par rapport à la résistance

6 Emballage de protection

L'emballage remplit plusieurs fonctions, par exemple la protection contre les chocs, l'humidité, les dommages mécaniques, etc., et il est important que toutes ces fonctions appropriées soient remplies comme il est prescrit. Ces prescriptions apparaissent au sein de normes et de pratiques extérieures à la CEI 61340-5-1. Il est important que les matériaux utilisés ne génèrent aucune charge électrostatique qui pourrait endommager un ESDS et qu'ils fournissent un blindage adéquat contre les champs extérieurs, particulièrement au niveau de l'emballage destiné au transport ou au stockage en dehors d'une EPA.

Il existe trois niveaux d'emballage pour les ESDS. Trois matériaux ou éléments physiques peuvent être utilisés ou bien un emballage combinant plus d'un niveau dans un seul élément. Les niveaux sont les suivants:

- emballage de contact:** emballage (ou partie d'emballage) entrant effectivement ou éventuellement en contact avec des ESDS;
- emballage de proximité:** emballage (ou partie d'emballage) très proche des ESDS, mais n'étant pas susceptible d'entrer en contact avec ces dispositifs;
- emballage secondaire:** emballage maintenu à l'écart des ESDS et qui n'est pas autorisé à l'intérieur d'une EPA.

L'utilisation de tubes de circuits intégrés, comme emballages de contact, placés des boîtes de transport doublées d'une feuille d'aluminium, comme emballage de proximité, constitue un exemple d'emballage séparé.

L'emballage combiné est illustré, par exemple, par l'utilisation d'un sac multicouche de blindage contre les décharges électrostatiques, où la couche interne est en contact avec le dispositif (contact), et les autres couches du sac de protection forment la couche de proximité.

L'emballage d'ESDS adapté à l'utilisation en dehors d'une EPA s'adapte également à une utilisation à l'intérieur de l'EPA.

Cleaning and polishing substances and practices can have a considerable effect on the characteristics of the EPA, and it is essential that all substances and materials used are suitable. For example, many polishes will form an insulative layer that may also be electrostatic generative.

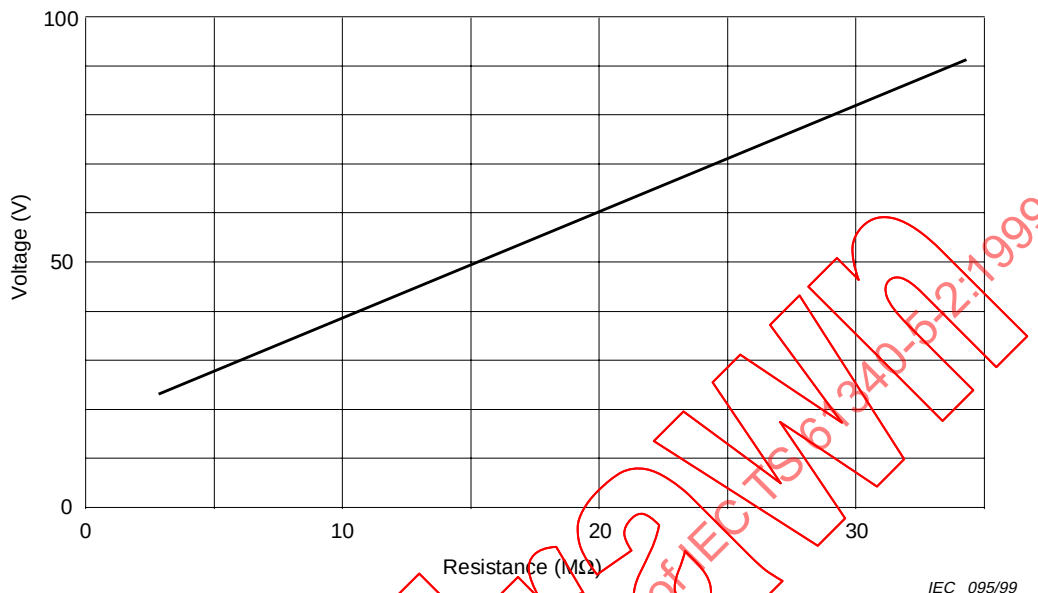


Figure 101 – Maximum body voltage generated against resistance

6 Protective packaging

Packaging performs many functions, for example to protect against shock, moisture, mechanical damage, etc., and it is important that all these relevant functions are met as required. Requirements are found in standards and practices outside IEC 61340-5-1. It is important that materials used do not generate any electrostatic charge that could damage an ESDS, and that they adequately shield against external fields, particularly in packaging for transportation or storage outside an EPA.

There are three levels of packaging relative to ESDS. These may be three separate physical materials, or items and packaging which combine more than one level in a single item. The levels are:

- intimate packaging:** packaging (or that part of the packaging) which does or could physically come into contact with ESDS;
- proximity packaging:** packaging (or that part of the packaging) which comes into close proximity with, but which is unlikely to make contact with ESDS;
- secondary packaging:** packaging which is kept well away from ESDS and which is not allowed inside an EPA.

The use of IC tubes as intimate packaging, with aluminium foil-lined transportation boxes used as proximity packaging, is an example of separate packaging.

An example of combined packaging is the use of a multi-layer electrostatic discharge shielding bag, where the inner layer makes contact with the device (intimate), and the other layers included in the shielding bag form the proximity layer.

ESDS packaging suitable for use outside an EPA is also suitable for use within the EPA.

Des sacs de blindage contre l'électricité statique sont disponibles en types multicouche stratifiés. La couche interne est astatique, à dissipation électrostatique et elle est stratifiée avec un film légèrement métallisé, généralement du polyester, afin de présenter une bonne résistance contre la perforation. La couche métallisée est en général suffisamment fine pour être transparente mais suffisamment conductrice pour offrir un blindage adapté. Il est possible que le sac soit stratifié de façon à présenter une couche de métal incluse ou une couche de métal extérieure protégée par un mince revêtement dissipateur. Il existe des sacs à deux couches possédant une couche extérieure métallisée. Quand on utilise ces sacs à deux couches, il convient de ne pas placer d'ESDS sur la surface extérieure (conductrice).

Les commentaires de l'article 5 et du tableau 1 de la CEI 61340-5-1 relatifs à la résistance de point à point et à l'utilisation supplémentaire obligatoire du temps de décharge au-dessus de $10^9 \Omega$ s'appliquent également à cet article.

Dans des normes précédentes, la définition des matériaux de blindage électrostatique indiquait une résistivité de surface inférieure à $1 \times 10^4 \Omega/\text{carré}$. Une modification a été apportée pour deux raisons.

- a) Le changement concernant l'utilisation de la résistance point à point.
- b) Le passage à une spécification de produit ou d'élément concernant le sac fini, plutôt qu'une spécification de matériau. Elle concerne non seulement la matière première, mais également tous les changements apportés pendant le traitement ainsi que l'efficacité de blindage des joints ou coutures.

Un guide complet des matériaux utilisés et des prescriptions relatives aux sacs figure en [4].

Il est possible que les qualités astatiques et de conduction de certains matériaux ne soient pas permanentes, et la durée de vie de certains emballages, particulièrement les sacs et tubes pour CI subissant des traitements chimiques par immersion, se mesurera en mois plutôt qu'en années. Il est recommandé au fournisseur de contracter une assurance le cas échéant.

Pour être efficaces, certains traitements actuels permettant d'obtenir des propriétés de dissipation et astatiques ont besoin d'humidité. Ils seront moins efficaces dans des environnements très secs (typiquement inférieurs à 20 % d'h.r.). Lorsqu'on utilise des sacs de ce type, il est éventuellement nécessaire d'ouvrir le sac à l'air (humide) pendant un certain temps (plusieurs minutes ou plusieurs heures) avant qu'il ne devienne efficace.

Il est nécessaire que l'emballage remplisse d'autres fonctions que le simple contrôle des ESD. Des fonctions telles que la résistance mécanique et la protection de l'environnement sont importantes, bien que les spécifications relatives à ces propriétés soient variées et dépassent le cadre de la CEI 61340-5-1. On a utilisé dans certains procédés des produits chimiques susceptibles de provoquer des dommages tels que la corrosion, la craquelure, la décoloration de certains plastiques, etc. Heureusement, la plupart ne sont plus utilisés couramment à l'heure actuelle mais il incombe au fabricant, au fournisseur de l'emballage et à l'utilisateur d'assurer qu'aucun dommage n'est susceptible d'apparaître. La plupart des produits ont été conçus et testés pour l'emballage des ESDS et il est possible que certains utilisateurs considèrent inutile de pratiquer d'autres essais complets. Quand on utilise un emballage de protection contre les ESD, pour des ESDS ou des non-ESDS, il est possible qu'une vérification supplémentaire, par une analyse pratique ou théorique des produits chimiques en présence, soit recommandée pour éviter les dégradations. Cette analyse est particulièrement importante quand une longue période de stockage est envisagée.

Il faut interdire l'utilisation de tous les générateurs de charges électrostatiques tels que les films plastiques non traités, les mousses, fibres synthétiques, rubans adhésifs, etc., dans la fabrication d'emballages de contact ou de proximité et les maintenir à l'écart de l'EPA.

Static shielding bags are available in laminated multi-layer types. The inner layer is low charging and electrostatic dissipative and is laminated to a lightly metallized film, usually polyester, to provide good puncture resistance. The metallized layer is usually sufficiently thin to provide transparency but conductive enough to provide adequate shielding. The bag may be laminated in such a way as to provide a buried metal layer or an outer metal layer protected by a thin electrostatic dissipative coating. Some two-layer bags having a metallized outer layer are available. Where such two-layer bags are used, ESDS should not be placed on the outer (conductive) surface.

The comments in clause 5 and in table 1 of IEC 61340-5-1 concerning point-to-point resistance and the mandatory additional use of charge decay above $10^9 \Omega$ also apply to this clause.

In earlier standards, the definition of electrostatic shielding materials called for a surface resistivity of less than $1 \times 10^4 \Omega/\text{sq}$. This has been changed for two reasons.

- a) The change to the use of point-to-point resistance.
- b) The change to a product or item specification of the finished bag rather than a material specification. This includes not only the raw material but any changes it receives in processing, and the shielding effectivity of any seams or joins.

A comprehensive guide to the materials used and requirements of bags can be found in [4].

The low charging or conducting qualities of certain materials may not be permanent, and some packaging, particularly bag or IC tube styles dipped in chemical treatments, will have a shelf life measured in months rather than years. It is recommended that assurance is sought from the supplier where relevant.

Some present treatments for electrostatic dissipation and low-charging properties need moisture in order to be effective. These will be less effective in very dry environments (typically under 20 % r.h.). When bags of this type are used, the bag may need to be opened to the (damp) air for a time (often minutes or hours) before becoming effective.

Packaging needs to perform other functions than just ESD control. Functions such as mechanical strength and environment protection are important, although the specifications for these properties are varied and outside the scope of IEC 61340-5-1. Certain chemicals have been used which can cause damage such as corrosion, crazing, discolouration to certain plastics, etc., in some processes. Fortunately, most of these are now no longer in common use, but it is the joint responsibility of both the manufacturer and the supplier of the packaging and the user to ensure that no damage is likely. Most products have been designed and tested for the packaging of ESDS and some users may consider that additional comprehensive testing is unnecessary. Where ESD protective packaging is used, either for ESDS or non-ESDS, additional checking, either practical or by a theoretical analysis of the chemicals present, may be advised to ensure that no damage can be caused. This analysis is of particular importance when a long storage period is intended.

All generators of electrostatic charges, such as untreated plastic films, foams, synthetic fibres, adhesive tapes, etc., must be prohibited for use as intimate or proximity packaging material and should be kept away from the EPA.

Il convient d'emballer tous les matériaux d'emballage, composants, matériels ou outils ne présentant pas de caractéristique astatique, ou de dissipation ou de conduction électrostatique, y compris les dispositifs non ESDS dans un matériau astatique, ou conducteur ou dissipateur, avant de les introduire dans une EPA. Cela s'applique à toutes les pièces d'assemblage à l'intérieur d'une EPA, et comprend des pièces passives non ESDS (inducteurs, par exemple), des "éléments métalliques" et des cartes imprimées non équipées.

Certaines normes utilisent des classes distinctes pour emballer des ESDS de sensibilités différentes, ce qui permet d'utiliser un emballage peu coûteux pour les ESDS moins sensibles. La CEI 61340-5-1 traite tous les ESDS de la même façon du point de vue de l'emballage, car il a été établi que les économies réalisées au niveau des coûts d'emballage étaient largement contrebalancées par les coûts administratifs, la gestion de plusieurs types de stocks et le risque de confondre les niveaux d'emballage.

Il est possible que l'emballage soit endommagé en cours d'utilisation, particulièrement les sacs de protection susceptibles d'être percés ou de présenter des craquelures au niveau de la fine couche métallique. Si l'on envisage de réutiliser l'emballage, il convient de lui faire subir de nouveaux essais avant tout usage ultérieur.

- *ESDS sous tension*

Il convient d'emballer ces dispositifs ou ensembles susceptibles de renfermer des batteries, des condensateurs chargés ou d'autres sources d'énergie selon l'une des façons suivantes:

- matériau d'emballage de contact possédant des surfaces astatiques et dissipatives ainsi qu'une résistance de point à point supérieure à $10^9 \Omega$ (1 000 M Ω);
- conteneur de protection électrostatique spécifiquement conçu pour éviter le contact avec des sorties individuelles sous tension ou des pistes de circuit.

7 Achat, réception, stockage et manipulation

7.1 Généralités

Des dommages peuvent survenir à tout moment au cours de la durée de vie d'un ESDS, et une fois endommagé, la réparation sera pour le moins difficile, souvent même impossible, et il faudra mettre la pièce au rebut. Si un endommagement partiel a lieu, ce peut être plus grave encore, produisant l'effet de défaut de fonctionnement non apparent, le dommage apparaissant plus tard, ou par intermittence. Le diagnostic peut être à la fois difficile et coûteux, un mauvais diagnostic portant fréquemment atteinte à la réputation de toutes les parties concernées. Il est donc très important de manipuler et étiqueter correctement les dispositifs à tous les stades de la vie du produit. Cela concerne évidemment les assembleurs, les responsables des essais, etc., mais également le personnel qui n'est normalement pas censé toucher le produit, tel que les acheteurs ou le personnel de nettoyage.

7.2 Achat

Lorsque l'on commande un ESDS, il convient de mentionner sa nature d'ESDS. Cela doit être mentionné sur la commande, de façon que tant le fabricant que le responsable du contrôle interne des produits sachent qu'il convient d'emballer correctement le produit réceptionné.

Il est tout aussi important, dans le cas d'une commande de dispositifs non ESDS mais destinés à être utilisés à l'intérieur d'une EPA, que le service des achats fasse en sorte qu'ils soient emballés dans des matériaux astatiques selon la description de l'article 6.

Any packaging materials, components, materials, equipment or tools which are not low charging, or electrostatic dissipative or electrostatic conductive, including non-ESDS, should be packed in low charging or electrostatic conductive or electrostatic dissipative material before being taken into an EPA. This applies to all component parts to be assembled in an EPA, and includes non-ESDS passive parts (for example inductors), and also "metalwork", and blank (unpopulated) printed boards.

Some standards use separate classes for packing ESDS with different sensitivities. This allows low-cost packing to be used for less sensitive ESDS. IEC 61340-5-1 treats all ESDS in the same way for packaging purposes, as it has been established that any savings in packing costs are more than taken up in administration costs, costs of holding more types of stock, plus the risk of mixing up grades of packing.

Packaging may become damaged in use, particularly shielding bags, which may puncture or have the thin metallic layer crack. If re-use of packaging is intended, then it should be retested before any subsequent use.

- *Powered ESDS*

These devices or assemblies, which may contain batteries, charged capacitors or other energy sources, should be packed in one of the following ways:

- intimate packaging material with surfaces which are low charging and electrostatic dissipative and have a point-to-point resistance of greater than $10^9 \Omega$ (1 000 M Ω);
- electrostatic protective container specifically designed to avoid contact with individual powered leads or circuit tracks.

7 Purchase, receipt, storage and handling

7.1 General

Damage can occur at any time during the life of an ESDS, and once damaged, repair will be at best difficult, but often impossible and the part must be thrown away. If partial damage takes place this can be even worse, producing the "walking wounded syndrome" where damage shows up in later life, or as intermittent failures. These can be both difficult and expensive to diagnose, with faulty diagnosis frequently leading to loss of reputation for all concerned. It is therefore very important that devices are handled and labelled correctly at all stages of product life. This has an obvious involvement for assemblers, testers, etc., but also affects personnel who should not normally touch the product, such as purchasers and cleaners.

7.2 Purchase

When ESDS are ordered, they should be ordered as ESDS. This should be displayed on the order so that both the manufacturer and any goods-inward inspector is aware and knows that such a product should be correctly packed.

It is equally important that when non-ESDS are ordered but are to be used inside an EPA, the purchasing department arranges for these to be packaged in low charging wrappings as described in clause 6.

7.3 Réception et stockage

Il est nécessaire que la réception initiale s'effectue en dehors d'une EPA. A ce stade, il convient de savoir, d'après les bons de commandes (voir 7.2), mais également d'après l'emballage et éventuellement la facture, qu'il s'agit d'ESDS. Si l'on découvre à ce stade que les ESDS ne sont pas correctement emballés, il convient alors de les renvoyer. Le JIT (juste à temps) tenant un rôle plus important dans la plupart des entreprises, il est très important de régler cet aspect au moment de la passation de contrat ou au plus tard au moment de la commande. Si l'on découvre qu'un dispositif non ESDS destiné à être utilisé dans une EPA est emballé dans un matériau générateur de charges électrostatiques (voir article 6), il est possible de le renvoyer au fournisseur ou de le reconditionner dans un emballage adapté.

7.4 Déballage, contrôle et stockage à l'intérieur d'une EPA

Il convient d'éliminer le ruban adhésif et les étiquettes des zones d'emballage et de déballage au sein d'une EPA, car ils sont susceptibles de provoquer des potentiels très élevés quand on les applique ou qu'on les décolle.

Il convient d'enlever les étiquetages en les coupant.

Il convient de laisser, dans la mesure du possible, les ESDS dans leur emballage protecteur d'origine. Si l'on envisage un stockage à long terme, éventuellement pour des pièces de rechange à long terme, il est éventuellement nécessaire d'estimer la durée de vie utile de cet emballage. Si le stockage est prévu en dehors d'une EPA, il est nécessaire d'effectuer un reconditionnement adapté à des conditions incontrôlées.

Dans le cas d'ensembles préfabriqués, il est permis de conserver des emballages partiels. Des précautions sont nécessaires et il convient de ne pas couper les tubes de CI statiques, cette action générant un potentiel. Il convient d'éviter tout glissement inutile à l'intérieur des tubes, en utilisant éventuellement une pince adaptée.

Lorsque l'ESDS n'est pas activement exploité, il convient de le stocker dans des conteneurs ou des sacs conformes à la CEI 61340-5-1.

Des accidents sont susceptibles de survenir dans les établissements les mieux organisés, et en cas de chute d'un ESDS, il est possible que des dommages éventuellement non visibles soient apparus, il convient donc de considérer l'ESDS défectueux tant qu'il n'a pas passé avec succès un nouveau test.

Même lorsqu'ils sont manipulés conformément à la CEI 61340-5-1, les ESDS présentent un certain facteur de risque, et il convient d'éviter de les manipuler inutilement.

8 Formation

8.1 Formation ESD structurée et pertinente

L'endommagement par les ESD est très réel, mais dans la mesure où il se produit à des niveaux inférieurs aux niveaux de décharge humainement détectables, le facteur de sensibilisation à ces problèmes est vital. La formation est l'un des meilleurs moyens de parvenir à cette prise de conscience et il convient de l'intégrer en priorité à chaque procédure de traitement structurée.

Même les EPA les plus élaborées et les plus coûteuses, même la mise en place de blindages et de procédures documentaires n'offriront aucune efficacité si le personnel n'est pas correctement formé à leur usage. La formation peut aller des simples règles de base concernant les choses à faire et à éviter aux cours de haut niveau. Il est nécessaire de l'adapter au niveau de compétence, d'études des personnes impliquées, ainsi qu'à leurs besoins et rôles professionnels.

7.3 Receipt and storage

Initial receiving needs to be outside an EPA. At this point, it should be known, both from the purchase orders (see 7.2) and also from the packing, and possibly the invoice, that the goods are ESDS. If, at this point, it is found that ESDS are not properly packaged, then they should be returned. With JIT (just in time) performing a larger role in most companies, it is very important that this should be sorted out at the time of contract placement or at the latest at the time of ordering. If any non-ESDS to be used inside an EPA are found to be packaged in electrostatic generating packaging (see clause 6), then this may either be returned to the supplier or repackaged in suitable wrapping.

7.4 Unpacking, inspection and storage within an EPA

The packing or unpacking area inside an EPA should never have any electrostatic generative adhesive tapes or labels, as these can cause very high potentials when applied or stripped off.

Labels should be removed by cutting.

ESDS should, as far as possible, be left in their original protective packages. Where long-term storage is envisaged, possibly for long-term spares, then this packaging may need to be evaluated for useful life. If storage is to be outside an EPA, then repackaging for uncontrolled conditions is needed.

Where kitting takes place, then partial packages may remain. Care needs to be taken and low-charging IC tubes should not be cut, this action generating potential. Unnecessary sliding inside tubes should be prevented, possibly by the use of a suitable peg.

When not being actively worked on, ESDS should be stored in containers or bags which comply with IEC 61340-5-1.

Accidents may happen even in the best organized establishments, and should an ESDS be dropped, damage which may not be visible may have occurred. For this reason, the ESDS should be considered faulty unless it is successfully retested.

Even when handled in accordance with IEC 61340-5-1, ESDS have a certain risk factor and should not be handled unnecessarily.

8 Training

8.1 Relevant structured training ESD

ESD damage is very real, but as much of the damage takes place below the levels where the human senses can detect discharge, the awareness factor is vital. Training is one of the best means of achieving this awareness and should be included as an essential part of any structured handling procedure.

Even the most elaborate and expensive EPA, shielding protection, and/or document procedures will not work if people are not properly trained in their correct use. Training can range from the simple basic rules of DOs and DON'Ts up to full degree-level courses. It needs to be related to both the skill level, and academic ability of the personnel involved, and also to their needs and job roles.

Les disciplines techniques d'ingénierie nécessiteront une approche plus théorique que les disciplines de fabrication, alors que celle adoptée au niveau du management sera nécessairement orientée vers des généralités, liées par exemple à la fiabilité, aux risques et aux coûts.

Un cours général recouvrant tous les domaines du contrôle ESD n'est pas toujours applicable car beaucoup de domaines possèdent des besoins spécifiques, mais de nombreuses moyennes ou grandes entreprises adoptent cette approche typique:

- niveau 1:
 - Pour tous ceux qui pénètrent dans l'EPA et qui ne sont pas susceptibles d'être supervisés complètement à tout moment. Il peut s'agir de visiteurs, de clients, de personnel temporaire et de sous-traitants.
 - Il comprendra une liste très simple (typiquement quatre phrases) de choses à faire et à éviter; il convient d'y faire figurer le port de bracelets de terre EPA ou chaussures conductrices, ainsi qu'une instruction visant à empêcher l'introduction de matériaux générateurs de charges électrostatiques dans une EPA. Il sera habituellement remis au personnel soit dans la zone de réception, soit à l'entrée de l'EPA et l'on s'assurera que l'on en a pris note de la même manière que pour les règles d'évacuation en cas d'incendie.
- niveau 2:
 - Cours destiné à tous les employés permanents susceptibles d'avoir l'occasion de pénétrer dans une EPA ou de contrôler, même au niveau administratif, un ESDS.
 - Il convient de l'intégrer dans un cours d'insertion, mais il est possible que des versions modifiées soient nécessaires pour un recyclage périodique. Il convient d'y intégrer à la fois la théorie et la pratique, et d'apprendre à reconnaître et utiliser des éléments tels que les bracelets de terre EPA et les testeurs, les emballages adaptés et les symboles.
 - Aucun format n'est privilégié: il est possible de faire une présentation au tableau, à l'aide de vidéos et/ou de cassettes audio, de vidéos interactives et de documents distribués. La durée de cette présentation variera considérablement en fonction du niveau de connaissances requis, du type de formation et du temps d'apprentissage individuel, la durée typique étant comprise entre 1 h et 2 h. L'utilisation d'un test formel de connaissances est laissée à l'appréciation du coordinateur ESD, mais dans tous les cas, il convient que le coordinateur ESD exige un certaine forme de réaction en retour.
- niveau 3:
 - Formation spécialisée pour le personnel travaillant au niveau de l'assemblage, des achats, de la réparation et la maintenance sur le terrain.
 - Cette formation doit être adoptée après le niveau 2. Il convient de l'élaborer selon les exigences et il est susceptible d'adopter des formats similaires au niveau 2.

8.2 Formation du personnel

Il convient d'élargir la formation au-delà du cercle des employés manipulant effectivement les ESDS, des concepteurs, des superviseurs et managers associés. Il convient d'intégrer le personnel jouant un rôle au niveau des achats et de la planification.

8.4 Eléments à prendre en considération lors de la formation

Il est primordial que le personnel soit conscient des problèmes de décharge électrostatique dès son arrivée dans l'entreprise. Une fois que de mauvaises habitudes sont prises, il peut être très difficile de les modifier.

Technical engineering disciplines will require a more theoretical approach than some manufacturing disciplines, whereas management levels require generalities, such as those relating to reliability, risk management and costs.

A general course covering all areas of ESD control is not always applicable, as many areas have special needs, but in many medium to large companies, a typical approach is:

- level 1:
 - For all who enter the EPA who may not be fully supervised at all times. This may include visitors, customers, temporary employees and contractors.
 - This will consist of a very simple (typically four sentences) list of DOs and DONTs and should include the wearing of wrist straps or conductive footwear and instruction not to take electrostatic generative materials into an EPA. Usually it will be handed to personnel either in the reception area or in the entrance to an EPA and a check that it has been noted made in a similar manner as for fire evacuation rules.
- level 2:
 - A course for all permanent employees who may have cause to enter an EPA or have control, even at paper level, of any ESDS.
 - This should form part of an induction course, but modified versions may also be necessary for periodic retraining. It should consist of both theory and practice and include recognition and use of items such as wrist straps and testers, suitable packaging and signs.
 - There is no preferred format and this may include a talk using a blackboard or flipcharts, video and/or audio cassettes, interactive video and paper handouts. The time taken for this will vary considerably depending on the level of knowledge required, the type of training and individual learning times, with typical times of 1 h to 2 h. The use of a formal test is left to the ESD co-ordinator, but in all cases some feedback should be required by the ESD co-ordinator.
- level 3:
 - Specialist training for personnel in areas such as assembly, purchasing, repair and field service.
 - This training should be taken after level 2. It should be developed as required and may include similar formats to level 2.

8.2 Personnel training

Training should extend beyond the employees who actually handle ESDS, designers, associated supervisors and managers. It should include personnel in purchasing and planning roles.

8.4 Items for consideration in training

It is essential that personnel should be aware of the problems of electrostatic discharge from the period they start employment. Once bad habits start it can be very difficult to change them.

8.5 Renouvellement de la formation

Il est nécessaire que la formation intègre tous les aspects cités dans la CEI 61340-5-1, mais il est possible d'en inclure d'autres.

Dans de nombreuses entreprises, certains services, habituellement le nettoyage et la sécurité, sont effectués par des prestataires et non par des employés en interne. Normalement, ce personnel travaillera à l'intérieur d'une EPA en grande partie sans être supervisé et il convient de donner un niveau de formation supérieur au niveau apparemment nécessaire. On peut citer parmi les exemples typiques, le fait de ne pas utiliser de sacs poubelles normaux dans une EPA, de produits d'entretien normaux sur les sols et les plans de travail. Dans certains cas, ces zones présentent un niveau de rotation du personnel supérieur à la normale du fait de la rotation du personnel de l'entreprise prestataire ou même du niveau de rotation élevé dans l'industrie du nettoyage et il convient d'en tenir compte pour la formation. La formation est susceptible d'être assurée par l'entreprise principale ou par le prestataire, mais dans les deux cas, il incombe au coordinateur ESD de l'EPA de s'assurer qu'une formation adaptée a été donnée.

8.6 Registre du personnel formé

et

8.7 Formation dispensée par le coordinateur ESD

Il convient que la forme et le niveau de renouvellement soient compatibles avec l'EPA individuelle et les procédés. Il incombe au coordinateur de s'assurer que le niveau, la qualité et le style sont adaptés, de fixer des intervalles de temps pour les cours de renouvellement et de s'assurer qu'ils sont mis à exécution.

8.8 Qualification du formateur

NOTE – Il n'y a pas de section correspondante dans la CEI 61340-5-1.

Il est nécessaire que la formation soit effectuée par une personne qualifiée. Il incombe au coordinateur ESD de s'assurer de son application et de donner son autorisation au formateur. Le formateur est susceptible d'être le coordinateur ESD, un autre employé certifié par le coordinateur ESD ou un consultant extérieur.

9 Responsabilités qualité

Le présent article comprend les aspects qualité. Ils ne sont pas réservés exclusivement au QA, QE ou au service de contrôle mais sont destinés à être utilisés par l'ensemble du personnel.

La CEI 61340-5-1 est destinée à être utilisée en coordination avec d'autres processus de qualité tels que le TQM ou SPC. Elle peut également être associée au système ISO 9000 [5], mais présentera également des avantages pour les entreprises et installations ayant opté pour d'autres processus qualité.

9.1 Responsabilités

Dans l'environnement de travail, les individus sont la source de production de décharges électrostatiques la plus importante. De ce fait, tout le personnel a comme première responsabilité de prendre et de maintenir les précautions décrites dans la CEI 61340-5-1. Cette responsabilité s'étend au-delà de la prescription visant uniquement à observer les précautions fixées à titre individuel. Il convient de signaler (au coordinateur ESD) tout aspect de la manipulation électrostatique considéré comme non satisfaisant ainsi que les suggestions d'amélioration.

8.5 Retraining

Training needs to include all of the aspects mentioned in IEC 61340-5-1, but others may be included.

In many companies some services, typically cleaning and security, are carried out by contractors rather than by direct employees. This personnel will be working inside an EPA in a mainly unsupervised mode and a higher level of training than may appear to be necessary should be given. Typical examples are not using normal dustbin liners inside an EPA, not using normal polish on the floors and benches. In some cases these areas have a higher than normal staff turnover, either due to contractor's rotating staff, or even due to a high rate of staff turnover in the cleaning industry, and routine training should cater for this. Training may either be carried out by the main company or by the contractor, but in either case it is the responsibility of the ESD co-ordinator of the EPA to be satisfied that adequate training has been carried out.

8.6 Register of trained personnel

and

8.7 Training provided by the ESD co-ordinator

The form and level of retraining should be compatible with the individual EPA and the processes. It is the responsibility of the ESD co-ordinator to be satisfied that the level, quality and style are adequate, to set the intervals for refresher training, and to ensure that retraining within the specified interval is carried out.

8.8 Training officer qualification

NOTE – There is no corresponding subclause in IEC 61340-5-1.

Training needs to be carried out by a qualified person. It is the responsibility of the ESD co-ordinator to ensure this takes place and to authorize the trainer. The trainer may be the ESD co-ordinator, another employee certified by the ESD co-ordinator or an outside consultant.

9 Quality responsibilities

This clause contains the quality aspects. These are not for the exclusive use of any QA, QE or inspection department, but are intended to be used by all personnel.

IEC 61340-5-1 is designed to be used in conjunction with other quality processes such as TQM and SPC. It can also be used in conjunction with an ISO 9000 system [5], but will also be of benefit to companies and facilities who have chosen other quality processes.

9.1 Responsibilities

In the working environment, people are the greatest single source of electrostatic generation and all personnel have a prime responsibility to implement and maintain the precautions in IEC 61340-5-1. This responsibility goes beyond the requirement for personnel merely to observe individually the precautions set down. Any aspects of electrostatic handling that are considered unsatisfactory should be reported (to the ESD co-ordinator), together with suggestions for improvements.

Lorsque les précautions ne sont pas appliquées correctement, il convient d'en informer le coordinateur ESD. Par exemple, si un cordon de terre EPA est déconnecté, il ne suffit pas de le reconnecter (car il est possible qu'un produit ait été endommagé ou potentiellement endommagé et une identification pourrait être nécessaire), il faut également le signaler.

9.2 Coordinateur ESD

Le coordinateur ESD est la personne responsable de tous les aspects des ESD dans l'installation. Il est possible qu'il s'agisse d'un véritable expert des ESD, mais il convient qu'il ait au minimum une connaissance pratique de la CEI 61340-5-1 et du présent guide d'utilisation.

Dans de nombreuses petites et moyennes entreprises, ou sur des sites de petite taille, il se peut que le coordinateur ESD n'ait pas un rôle à plein temps. Il convient de lui fournir le temps et le niveau de formation nécessaires pour remplir correctement son rôle. Quand le coordinateur ESD n'est pas en mesure de remplir ce rôle à lui seul, il est possible de désigner des suppléants si nécessaire. Il s'agit éventuellement d'autres employés, de consultants ou de prestataires.

Le titre et le statut technique ou d'encadrement du coordinateur ESD, ainsi que la structure du mode de rapport dépendent de la responsabilité des entreprises individuelles. Il est nécessaire que le coordinateur ESD bénéficie d'un soutien total de la direction, tant au niveau des ressources que de l'autorité, afin d'assurer l'application des disciplines.

9.3 Acquisition des éléments de protection ESD

La sélection des éléments et des matériaux de protection ESD corrects est importante. Le présent guide ainsi que d'autres documents peuvent fournir des lignes directrices pour la sélection du matériau adapté à chaque tâche. Il est recommandé que toutes les entreprises s'assurent de la sélection et de l'achat de matériel correct. Le processus de sélection sera déterminé par la politique et les ressources de chaque entreprise individuelle, de chaque coordinateur ESD et installation. Les principaux processus de sélection sont la qualification interne, la qualification par une tierce partie et la confiance dans les fournisseurs. Il est possible de combiner les trois et il convient d'utiliser des techniques de gestion des risques pour déterminer le processus le plus efficace en fonction des circonstances individuelles. Il convient de prendre en compte des facteurs cachés tels que la réputation de l'entreprise.

Il convient d'inclure les prescriptions d'essai ESD dans les bons de commande le cas échéant.

Il convient de ne pas considérer le procédé de qualification comme un événement ponctuel à la suite duquel on présume qu'il est possible d'acquérir ou d'utiliser les types d'éléments qualifiés pendant une durée indéfinie. La qualité du fournisseur est susceptible de changer et peut aussi bien s'améliorer que se dégrader. Les matériaux et procédés du fournisseur peuvent changer. Il est peu probable que la plupart des matériels actuellement produits soient identiques à ceux qualifiés à l'origine. Pour en tenir compte, il convient d'effectuer une requalification périodique. Il est possible de répéter l'essai de qualification d'origine, de se fonder sur les résultats de contrôles d'entrée réguliers ou d'utiliser d'autres moyens.

Après l'agrément, il est important de conserver un registre correct du matériel agréé.

9.4 Contrôle des précautions électrostatiques

Il est nécessaire de vérifier continuellement les précautions. Trois approches différentes sont indiquées ici et bien qu'une seule approche puisse être utilisée, de nombreuses installations utilisent une combinaison de ces approches.

Where failures in implementing the precautions are found, the ESD co-ordinator should be informed. For instance, if a ground cord becomes disconnected, then the action should not be just to reconnect it (damage or potential damage may have occurred and could need identification) but also to report the observation.

9.2 ESD co-ordinator

The ESD co-ordinator is the person responsible for all aspects of ESD in the facility. He/she may be an expert in ESD in his/her own right, but as a minimum should have a working knowledge of IEC 61340-5-1 and this user guide.

In many small and medium-size companies, or at small locations, the ESD co-ordinator may not be a full-time role. Sufficient time and training should be allocated for the role to be adequately performed. Where the ESD co-ordinator is unable to perform the role entirely by him/herself, then deputies may be appointed as required. These may be other employees or may be consultants or contractors.

The technical or managerial title and grade of the ESD co-ordinator, and the reporting structure is the responsibility of individual companies. Total management back-up needs to be provided for the ESD co-ordinator both in resources and in authority to ensure that discipline is enforced.

9.3 Procurement of ESD protective items

The selection of the correct ESD protection items and materials is important. Guidance can be found in selecting the right material for each task in this guide and other documents. All companies should ensure that the correct items are selected and purchased. The selection process will be decided by the policy and resources of each individual company, ESD co-ordinator and facility. The main selection processes are in-house qualification, third-party qualification and confidence in suppliers. A mixture of all three routes may be taken, and risk management techniques should be used in deciding the most effective for individual circumstances. Hidden factors such as company reputation should be considered.

ESD test specification requirements should be included in purchase orders where appropriate.

The qualification process should not be seen as a one-time event after which it may be assumed that the qualified item types may be purchased or used for an indefinite period. Supplier quality may change and can both improve or deteriorate. The supplier's materials and processes can change. It is unlikely that most items currently produced are identical to those items originally qualified. To cater for this, periodic requalification should take place. This may be a repeat of the original qualification test, it may be based on results of regular incoming inspection tests, or rely on other means.

After approval it is important that good records are kept of the approved items.

9.4 Checking of electrostatic precautions

Precautions need to be checked on an ongoing basis. Three alternative approaches are given here and while a single approach can be used, in many facilities checking using a combination of approaches is used.

Des appareils de contrôle permanents pour des éléments tels que les bracelets de terre EPA, les surfaces de travail et les sols sont disponibles et il convient d'envisager leur utilisation. Ils détectent les éléments défectueux immédiatement et peuvent empêcher la fabrication de produits potentiellement défectueux. Leur utilisation réduira également les ressources nécessaires pour la vérification périodique.

Les méthodes d'échantillonnage statistique prennent en compte plusieurs plans. Des tables d'échantillonnage (niveau de qualité acceptable (NQA)) existent dans des projets de normes ISO et dans plusieurs normes nationales, et des tables de pourcentage de défauts dans un lot acceptable sont également disponibles.

Le SPC est un outil de qualité (voir [6], [7], [8] et [9]); il possède beaucoup d'autres applications en dehors du contrôle des ESD et peut être efficace pour l'amélioration de la qualité et de la fiabilité ainsi que pour la réduction des coûts. Beaucoup d'installations, au niveau de la production de semi-conducteurs et de la fabrication en volume utilisent déjà le SPC en partie ou complètement, et des variables peuvent être utilisées pour détecter l'efficacité des précautions ESD. Le moindre taux de défaillances soudain ou progressif ou le moindre changement de paramètres nécessite une enquête.

Un grand nombre d'entreprises n'ont pas les moyens de vérifier l'ensemble du matériel grâce au contrôle continu ou au SPC; il est possible aussi que ces méthodes ne soient pas adaptées à certaines applications. Si le contrôle continu et le SPC ne sont pas utilisés, il est nécessaire de suivre les contrôles décrits de 9.5 à 9.8. Ces contrôles sont destinés à être effectués par des opérateurs individuels et/ou des superviseurs plutôt que par des auditeurs (le coordinateur ESD est susceptible de tenir l'un ou l'autre de ces rôles en fonction de l'entreprise et de la structure de l'installation).

De nombreux utilisateurs trouveront qu'un mesureur de champ est un instrument utile qui peut être utilisé pour contrôler la présence de potentiels indésirables mais également susceptible de localiser facilement les matériaux générateurs de charges électrostatiques ayant pénétré dans l'EPA. Il convient de frotter tout matériau suspect et de le contrôler afin de voir si des potentiels s'accumulent et comment s'effectue la décharge.

Lorsqu'une nouvelle EPA est mise en place ou qu'une EPA existante est réimplantée, elle doit être complètement contrôlée par le coordinateur ESD et un certificat conforme à celui décrit en 5.3.6 doit être émis.

9.6 Contrôles quotidiens

9.6.1 Contrôle visuel

Il convient normalement, parmi les contrôles visuels quotidiens, de vérifier qu'aucun câble de liaison à la terre n'a été déconnecté. La déconnexion de câbles apparaît parfois peu probable mais cet incident survient effectivement lorsque des plans de travail légers sont déplacés de quelques dizaines de millimètres.

Il convient de contrôler visuellement la présence de matériel correct dans l'EPA. Cela s'applique particulièrement aux éléments tels que les vêtements ou les chariots dans les installations où l'on utilise dans d'autres zones des éléments d'apparence similaire non compatibles avec l'EPA. Quand on utilise des chariots, il convient d'intégrer également dans ce contrôle visuel le contrôle (et l'élimination si nécessaire) de corps étrangers (tels que le ruban adhésif et la colle) fixés aux roues ou aux roulettes. Il convient de contrôler les ioniseurs pour s'assurer de leur emplacement et de leur orientation correctes.

Il convient d'effectuer un contrôle de l'état général de l'EPA, y compris des éléments tels que les tasses en polystyrène, le ruban adhésif et les matériaux d'emballage générateurs de charges électrostatiques, susceptibles d'avoir été introduits (et d'assurer leur élimination).

Constant monitors for items such as wrist straps, work surfaces and floors are available and their use should be considered. These detect defective items immediately and can prevent potentially defective product manufacture. Their use will also reduce the resources needed for periodic checking.

Statistical sampling methods take several forms. Acceptable quality level (AQL) sampling tables exist in draft ISO standards and in several national standards, lot tolerant percent defective (LTPD) tables are also available.

SPC is a quality tool, see [6], [7], [8] and [9], with many other uses outside ESD control, and can be effective both in quality and reliability improvements and cost reductions. Many facilities, both in semiconductor production and volume manufacturing, already use SPC in part or whole, and variables can be used to detect the effectiveness of ESD precautions. Any sudden or gradual failure rates or parameter shifts require an investigation.

Many firms do not have the means to check all items by constant monitoring or SPC. In addition, constant monitoring, or SPC, may be inappropriate in some applications. Where constant monitoring or SPC are not used, the checks described in 9.5 to 9.8 will need to be followed. These checks are meant to be carried out by individual operators and/or supervisors rather than auditors (the ESD co-ordinator may perform either role depending on the company and facility structure).

Many users will find that a field meter is a useful instrument, which can be used both to check for unwanted potentials, and can also readily find electrostatic generative materials which have entered the EPA. Any suspect material should be rubbed and checked to find if any potential builds up and how it decays.

When a new EPA is established, or an existing EPA is reconfigured, it should be thoroughly checked by the ESD co-ordinator and a certificate such as shown in 5.3.6 issued.

9.6 Daily checks

9.6.1 Visual daily check

The visual daily checks should normally include a check to see that no earth wires have become disconnected. Wires becoming disconnected may appear to be an unlikely occurrence but when lightweight benches are moved a few tens of millimetres, these events do happen.

A visual check should be made that the correct equipment is in the EPA. This applies particularly to items such as garments and trolleys in facilities where similar-looking, non-EPA compatible items are used in other areas. Where trolleys are used, the visual check should also include the checking (and removal if necessary) of foreign bodies (such as tape and gum) attached to wheels or castors. Ionizers should be checked to ensure they are in the correct location and in the correct orientation.

A check should be made on the general state of the EPA, including items such as polystyrene cups, electrostatic generating adhesive tape and electrostatic generating packing material that may have been brought in (and their removal ensured).

Il s'agit là de problèmes typiques dans un grand nombre d'EPA; la liste n'est pas exhaustive, car chaque EPA possède ses propres problèmes potentiels uniques.

La responsabilité du contrôle visuel variera en fonction des entreprises et des installations: elle peut être assumée par des opérateurs, des superviseurs ou par le coordinateur ESD. Il ne convient pas, dans la plupart des installations, d'y consacrer trop de temps ou de ressources, mais il est nécessaire d'allouer les ressources adaptées permettant ces contrôles.

9.6.2 Bracelets de terre EPA

et

9.6.3 Chaussures non permanentes

Les systèmes de bracelets de terre EPA et de chaussures sont les principaux outils de protection présentant le risque d'usure et de défaillance le plus élevé.

Pour minimiser les risques de dommages ESD aux ESDS dus à des bracelets ou à des systèmes de chaussures défectueux, il est recommandé que ceux-ci soient contrôlés fonctionnellement sur une base journalière. Le contrôle fonctionnel doit être réalisé au démarrage de l'équipe avant la manipulation de tout produit.

Raison: certaines personnes à la peau sèche peuvent avoir besoin de temps pour développer un film d'humidité entre leur peau et le bracelet qui leur permettra d'obtenir des conditions satisfaisantes sur les testeurs de bracelets / chaussures. Ces personnes ne doivent pas entrer dans l'EPA tant que des conditions satisfaisantes ne sont pas obtenues.

Le type de registre sera déterminé par la politique individuelle de l'entreprise et par le coordinateur ESD; il est susceptible de prendre de nombreuses formes, celle d'une simple fiche à cocher ou d'une saisie informatisée.

9.7 Contrôles mensuels

La période mensuelle est basée sur une gestion normale avec évaluation des risques et dans certaines zones sensibles, il est possible qu'il soit nécessaire d'augmenter la fréquence.

Quand il faut réaliser des contrôles électriques avec des hautes tensions (> 100 V), il sera nécessaire d'écarter les ESDS de la zone locale entourant le point de contrôle car les mesures pourraient occasionner des dommages.

Il convient normalement d'effectuer ces contrôles dans l'environnement de travail habituel de l'EPA sauf si le réglage de la température, de l'humidité ou d'autres paramètres se justifie pour des raisons particulières.

9.8 Contrôles semestriels

9.8.1 Généralités

Il convient de contrôler les zones concernées de toute évidence par la génération de potentiel électrostatique. De telles zones incluent la proximité immédiate d'éléments tels que les VDU, les machines électriques et le secteur ainsi que tout autre câblage à haute tension. En outre, il convient d'effectuer des contrôles aléatoires dans toute la zone.

9.8.2 Champs électrostatiques

Il est possible que des signalisations aient été enlevées, rendues illisibles ou simplement retournées ou que des signalisations incorrectes aient été ajoutées.

The above are typical problems in many EPA and are not comprehensive, as every EPA will have its own unique set of potential problems.

Responsibility for the visual check will vary between companies and facilities and can be carried out by operators, supervisors or by the ESD co-ordinator. In most facilities it should not consume a large amount of time or other resources, but relevant resources to allow these checks need to be allocated.

9.6.2 Wrist straps

and

9.6.3 Non-permanent footwear

The major protection tools with the highest risk of wear or failure are the wrist strap or footwear systems.

To minimize the risk of ESD damage to ESDS due to damaged wrist strap or footwear systems, it is recommended that they be functionally checked on a daily basis. The functional check should be made at the beginning of the shift before any product is handled.

Reason: some people, with dry skin, may require time to develop a moisture layer between their skin and the wrist strap which will allow them to obtain a "pass" condition on wrist strap/footwear testers. These individuals should not enter the EPA until a "pass" condition is achieved.

The style of record will be decided by the individual company policy and by the ESD co-ordinator; it may take many forms, from a simple tick sheet to a computer data entry.

9.7 Monthly checks

The monthly period is based on normal risk assessment management and in some sensitive areas the frequency may need to be increased.

Where electrical checks are to be carried out using high voltages (>100 V), the local area surrounding the checkpoint will need to be cleared of ESDS or the measurement could inflict damage.

These checks should normally be carried out in the usual working environment of the EPA unless there are particular reasons to adjust the temperature, humidity or other parameters.

9.8 Six-monthly checks

9.8.1 General

Obvious areas for electrostatic potential generation should be checked. Such areas include close proximity to items such as VDUs, electrical machinery and mains and any other high-voltage wiring. In addition, random checks throughout the area should be made.

9.8.2 Electrostatic fields

Signs may have been removed, defaced or merely turned around or incorrect signs added.

9.8.3 Signalisation et étiquettes

Le contrôle semestriel devrait être adéquat pour la plupart des vêtements. Il est possible que certains voient leurs propriétés de dissipation et astatique renforcées par l'adjonction de produits chimiques au cours du lavage. En cas d'utilisation de ce type de vêtements, il convient d'effectuer des contrôles plus fréquents.

10 Instructions pour les audits périodiques

Le présent article est rédigé de manière qu'il soit possible d'utiliser les informations qu'il contient pour les audits internes ou externes. Ces audits peuvent être seulement des audits ESD ou s'intégrer dans des audits plus généraux. Le paragraphe 10.1 de CEI 61340-5-1 appelle à des audits périodiques, et des intervalles de 12 mois au maximum sont recommandés entre ces audits. De plus, il convient d'effectuer des audits aléatoires de façon que les précautions ne soient pas renforcées périodiquement dans la perspective des audits. Quand les audits nécessitent de réaliser des mesures, il convient de les effectuer dans un environnement opérationnel normal, dont les conditions sont relevées.

Les entrées suivent l'ordre général de la CEI 61340-5-1 et du présent guide d'utilisation et couvrent la protection contre les ESD dans son ensemble, pas seulement l'EPA. Généralement, un audit ne passera pas en revue toutes les zones au complet et c'est à l'auditeur lui-même de décider ce que recouvre chaque audit. Une entière coopération est nécessaire de la part de l'encadrement et de l'ensemble du personnel dans le cadre des audits.

Lors d'un grand nombre d'audits, l'auditeur signalera certains défauts, ce qui nécessitera l'application d'actions correctives. Dans de nombreux cas, l'EPA ne sera pas fermée, mais il est possible que la production continue pendant la mise en application des actions. Dans certains cas extrêmes, des défauts majeurs seront mis en évidence, ce qui pourrait signifier une annulation de l'agrément ou de la certification. Dans le cas d'audits internes, il convient de fermer la zone jusqu'à ce que les corrections aient été apportées. Il convient d'illustrer ce cas par des procédures formelles, ainsi que par la procédure de rectification.

En général, il faut soumettre, faire approuver et mettre en oeuvre un plan de correction. Il convient ensuite d'effectuer un autre audit pour contrôler la mise en application correcte de toutes les actions correctives.

Quand une tierce partie est impliquée, l'auditeur n'est pas habilité à recommander l'action corrective, mais seulement à signaler les non-conformités. Beaucoup seront du type ISO 9000 [5]. Beaucoup d'audits et d'auditeurs de la première ou deuxième partie recommanderont l'action corrective à prendre. Dans ce cas, il est possible que des colonnes supplémentaires soient nécessaires dans les tableaux 3 et 4 de la CEI 61340-5-1.

La compétence de l'auditeur est susceptible d'être variable. Il convient que les auditeurs tierce partie ainsi que la plupart des auditeurs de seconde partie aient reçu une formation d'audit. Le niveau de compétence technique dans le domaine des ESD varie. Il convient que l'auditeur ait au moins une bonne connaissance de la CEI 61340-5-1 et du présent guide d'utilisation.

Dans certains cas, le certificat de conformité (voir 5.3.6 et figure 13 de la CEI 61340-5-1.) sera attribué après l'audit. Quand le coordinateur ESD s'en charge suivant la structure ou la reconfiguration de l'audit, le coordinateur ESD est autorisé à délivrer ce certificat. Quand il s'agit d'un audit avec tierce partie, il convient que la personne et/ou l'organisme délivrant le certificat obtienne l'agrément de l'organisme d'accréditation national.

9.8.3 Signs and labels

The six-monthly check should be adequate for most garments. Some may have their dissipative and low charging properties reinforced by the addition of chemicals during laundering. Where such garments are used, then more frequent checks should be made.

10 Periodic audit instructions

This clause is written so that the information it contains may be used for internal or external audits. These audits can be solely ESD audits or may be part of more general audits. Subclause 10.1 of IEC 61340-5-1 calls for periodic audits, and intervals of not more than 12 months between these audits are recommended. Additionally, random audits should be held so that precautions are not tightened up periodically when audits are expected. When the audit calls for measurements to be made, these should be carried out in the normal operating environment, with the conditions recorded.

Entries follow the general sequence of IEC 61340-5-1 and this user guide, and cover complete ESD protection rather than just the EPA. In general, an audit will not make a complete inspection of all areas and it is up to the individual auditor which clause each audit covers. Management and all personnel need to provide full co-operation in assisting audits.

In many audits, the auditor will report some defects. These will require correction plan(s) to be made. In many cases this will not cause the EPA to be closed down, but production may be allowed to continue while the plans are implemented. In some extreme cases, major faults will be detected which could mean that approval or certification will be cancelled. In the case of internal audits, the area should be closed until the corrections have been made. Formal procedures should show how this may happen, and the procedure for rectification.

In general a correction plan has to be submitted, approved and implemented. This should be followed by a further audit to check that proper implementation of all corrective actions has been carried out.

Where third-party audits are involved, the auditor is not permitted to recommend the corrective action but merely report the nonconformances. Many of these will follow the style of ISO 9000 [5]. Many first- and second-party audits and auditors will recommend the corrective action that should be taken. Where this is to be done, additional columns may be needed in tables 3 and 4 of IEC 61340-5-1.

The expertise of the auditor may vary. Third-party and most second-party auditors should have had training in auditing. The level of technical expertise in ESD areas will vary. As a minimum, the auditor should be familiar with IEC 61340-5-1 and this user guide.

In some cases the certificate of conformance (see IEC 61340-5-1, 5.3.6 and figure 13), will be awarded following the passing of the audit. Where this is done by the ESD co-ordinator following the set-up or reconfiguration of the audit, the ESD co-ordinator is entitled to issue such a certificate. Where third-party auditing is involved, the person and/or body that issues the certificate should be approved by the national accreditation body.

10.1 Tableau 1 de la CEI 61340-5-1 – Prescriptions relatives aux éléments de protection contre les ESD

On s'est interrogé longuement sur les caractéristiques importantes pour la protection électrostatique. La résistance de surface, la résistance à la masse et le temps de décharge (sur une gamme de tensions donnée) ont tous été considérés comme des facteurs importants. De toute évidence, le temps de décharge représente la prescription ultime. Le paramètre le plus important consiste à empêcher l'accumulation de charges, ou, si elle existe, à effectuer une décharge contrôlée.

Les prescriptions se sont principalement orientées vers la spécification de la résistance à la masse et de la résistance de point à point, ou celle de la résistance entre surfaces. On a privilégié cette approche orientée vers la résistance plutôt que l'approche orientée vers le temps de décharge, car, dans le cas des matériaux homogènes, quand la résistance est inférieure à 10 000 M Ω environ, il existe une bonne corrélation entre la résistance et le temps de décharge et le matériel requis pour mesurer la résistance est moins coûteux et souvent plus facilement disponible que le matériel de mesure des temps de décharge. Cette approche prend en compte la précision, la répétabilité et le coût des mesures de temps de décharge, au niveau du matériau de base comme élément de l'EPA, comparés aux méthodes de mesure de la résistance.

Lorsque des résistances plus élevées sont impliquées ($>10^{10}$ Ω), la mesure du temps de décharge est obligatoire, en plus de la mesure de la résistance. En effet, la mesure de la résistance est plus difficile, moins précise et moins significative et elle est susceptible d'impliquer l'utilisation de tensions plus élevées, incompatibles avec l'utilisation de l'EPA. Dans cette gamme de valeurs, la résistance peut aussi être très dépendante des conditions environnementales.

Beaucoup de matériaux utilisés ne sont pas homogènes, ce qui occasionne d'autres complications. Dans le cas d'un grand nombre de surfaces de travail et de certains revêtements de sol présentant une couche supérieure en matériau dissipatif et une couche inférieure en matériau beaucoup plus conducteur, il n'existe pas de réel problème. La seule complication technique est que la résistance entre la surface et la masse sera inférieure de moitié à la résistance de surface de point à point. Quand le mélange de matériaux est plus aléatoire, il est important non seulement de remplir les caractéristiques de résistance, mais aussi d'éviter l'accumulation de charges et leur emprisonnement au niveau des parties isolantes. Parmi ces éléments figurent certains matériaux de sol intégrant des matériaux réellement isolants et une grille du type carbone et la plupart des matières tissées utilisées pour les vêtements qui présentent des fils de métal ou de carbone sur une trame. Il convient de faire subir un essai de temps de décharge à tous les éléments intégrant des matériaux avec ce type de structure.

On présume également que le matériau utilisé pour la protection contre les ESD présente une résistance constante. Cette hypothèse n'est pas valable avec beaucoup de matériaux à haute résistance, dont la résistance varie de façon substantielle, particulièrement avec la tension et l'humidité. Par exemple, au-delà de certains changements d'humidité relative, la valeur de la résistance peut varier de deux ordres de grandeur ou plus. Des matériaux sont également utilisés alors que des changements interviennent pour d'autres variables et la résistance, en particulier, pourrait dépendre en partie de la tension. Pour cette raison, les caractéristiques de temps de décharge ont été définies à partir de certaines tensions, de 1 000 V à 100 V. Il existe la possibilité d'effectuer la mesure à des potentiels plus bas, mais à 10 % de la valeur initiale, certaines méthodes d'essai fonctionnant mais sans fournir 1 000 V. Toutefois, il convient de réaliser que le même matériau est susceptible de présenter des temps de décharge différents (plus longs) quand la tension diminue. Il n'existe actuellement aucune méthode CEI approuvée pour le temps de décharge, mais deux méthodes sont présentées dans l'annexe B et il convient d'appliquer la plus adaptée au matériau.

Lorsqu'on traite la résistance, elle est mesurée à 100 V selon certaines méthodes. Il est possible d'assouplir cette valeur et d'utiliser des tensions plus basses (souvent 10 V) pour des résistances plus faibles, typiquement inférieures à 2×10^8 Ω quand un degré de précision

10.1 Table 1 of IEC 61340-5-1 – ESD protective item requirements

There has been considerable discussion over which are the important characteristics in ESD protection. Surface resistance, resistance to ground and charge decay (over what voltage range) have all been considered as important issues. Clearly, charge decay is the ultimate requirement. To prevent charge building up or, if it has been built up, to discharge it in a controlled manner, is the most important parameter.

The main approach taken in the requirements has been to specify ground resistance and point-to-point or surface-to-surface resistance. This resistance approach has been taken rather than a charge decay approach. This is because for homogeneous materials where the resistance is less than about 10 000 M Ω , there is a very good correlation between resistance and charge decay, and the equipment required to measure resistance is less expensive and often more readily available than the equipment to measure charge decay. This takes into account the accuracy and repeatability and cost of measuring charge decay either in basic material or as part of an EPA, compared with resistance measurement methods.

When higher resistances are involved ($>10^{10} \Omega$), charge decay in addition to resistance measurement is mandatory. This is because the measurement of resistance is more difficult and less accurate and meaningful, and may involve the use of higher voltages which are incompatible with EPA usage. Also, in this range, the resistance can be very dependent on environmental conditions.

Many materials used are non-homogeneous and this causes further complications. In the case of many working surfaces and some floors where there is an upper layer of dissipative material with a lower layer of material which is far more conductive, then there is no real problem. The only technical complication is that the surface-to-ground resistance will be half that of the point-to-point surface resistance. Where the mix of materials is more random, then as well as the resistance characteristics being met, it is important that charge cannot build up and be trapped in the insulative parts. Such items include some floor materials which have effectively insulative material with a carbon type pattern and most woven material used for garments which have metal or carbon stripes on a grid. Any items which include materials with this style of construction should also have a charge decay test.

The other assumption is that material used in ESD protection has a constant resistance. This is not a valid assumption, with many high resistance materials having a resistance that varies substantially particularly with voltage and humidity. For instance over relative humidity changes, the resistance value can vary by up to two orders or more. Materials are also in use in which changes for other variables take place and, in particular, resistance could be in part dependent upon voltage. For this reason, the decay characteristics have been defined from certain voltages, 1 000 V to 100 V. It is also possible to measure at lower potentials, but to 10 % of initial value, with some test methods working but not providing i.e. 1 000 V, but it should be realised that the same material may give different (longer) decay times when the voltage drops. There is presently no IEC approved method of charge decay, but two methods are presented in annex B and the one more suitable for the material should be used.

Where resistance is called up, it is measured at 100 V according to some methods. This may be relaxed and lower voltages used (often 10 V) for lower resistances, typically below $2 \times 10^8 \Omega$ where high accuracy is not required. This allows the use of less expensive meters and also

élevé n'est pas nécessaire. Il est ainsi possible d'utiliser des mesureurs moins coûteux et d'éviter éventuellement les problèmes de santé pour des éléments tels que les testeurs de bracelets de terre EPA ou les appareils de contrôle continu. Dans une EPA opérationnelle, il convient de n'effectuer aucune mesure au-dessus de 100 V.

Pour les EPA installées, on exige à la fois la résistance à la masse et la résistance de point à point. Cela se comprend facilement pour la résistance entre la surface et la masse car en son absence, la décharge ne serait pas possible mais, au contraire, les charges s'accumuleraient. La résistance de point à point est également primordiale, car les surfaces étendues présentant une forte conductivité sont susceptibles d'avoir une capacité parasite importante à la masse ou un autre potentiel et si un petit ESDS chargé entrerait en contact avec elle, cette capacité parasite permettrait effectivement un taux de décharge très élevé sur l'ESDS, et pourrait provoquer éventuellement des dommages.

Les outils recouvrent un très large domaine, et d'autres facteurs, tels que la capacité parasite, peuvent poser des problèmes. Voir 5.2.10 du présent guide d'utilisation.

10.2 Tableau 2 de la CEI 61340-5-1 – Caractéristiques d'emballage

- *Emballage de contact*

Il convient de ne pas employer de matériaux générateurs de charges électrostatiques pour l'emballage de contact, car ils pourraient provoquer une dégradation des ESDS. Il convient également qu'ils ne soient pas complètement conducteurs (moins de 100 Ω) du point de vue de la résistance de point à point, car si un ESDS entrerait en contact avec un matériau très conducteur de charge différente ou non chargé, un taux élevé de décharge en résulterait, ce qui serait susceptible de provoquer des dommages.

- *Emballage de proximité*

Il convient que le matériau d'emballage de proximité utilisé dans une EPA ne génère pas de charges électrostatiques pour les mêmes raisons que l'emballage de contact. L'emballage de proximité n'entrant pas en contact direct avec l'ESDS, il est permis d'utiliser une gamme de matériaux, très conducteurs par exemple (et blindant contre les décharges électrostatiques) éventuellement purement métalliques, en remplacement de matériaux destinés à l'emballage de contact.

Il est nécessaire que le matériau d'emballage de proximité utilisé en dehors d'une EPA soit blindé contre des décharges électrostatiques afin d'éviter les champs parasites induits par des étincelles, des conditions atmosphériques ou toute autre méthode de génération sur l'ESDS.

- *Dispositif non ESDS*

Il convient de ne pas emballer les dispositifs non ESDS destinés à une EPA avec un matériau générateur de charges électrostatiques; il convient d'utiliser un emballage similaire aux ESDS ou d'autres types d'emballage tels que les tissus non pelucheux. Il s'agit ainsi d'éviter la présence de matériaux générateurs dans une EPA, susceptibles d'entrer en contact ou de se trouver à proximité d'un ESDS. Il convient d'utiliser de préférence cet emballage astatique lors de l'expédition par le fournisseur, mais si ce n'est pas le cas, il convient de reconditionner les éléments dans la zone de réception des marchandises avant de les introduire dans une EPA.

10.3 Tableau 3 de la CEI 61340-5-1 – Exemple de rapport d'audit (résumé)

Il est possible de reproduire ces tableaux et de les utiliser sous cette forme, ou bien d'en adapter les idées et le contenu en fonction d'un formulaire d'audit d'entreprise, d'installation ou d'une tierce partie.

may prevent a health problem from items such as wrist strap testers or continuous monitors. In a working EPA no measurements should be taken above 100 V.

For installed EPA, both resistance to ground and point-to-point resistance is demanded. Surface-to-ground resistance is easy to understand as without it any charge would not be able to decay but would build up. Point-to-point resistance is also essential, as any large surfaces with high conductivity may have a significant stray capacitance to ground or other potential and should a charged small ESDS be brought into contact with it, this stray capacitance would effectively allow a very high rate of discharge to the ESDS which may cause damage.

Tools cover a very wide area, and other factors such as stray capacitance can cause problems. See 5.2.10 of this user guide.

10.2 Table 2 of IEC 61340-5-1 – Packaging characteristics

- *Intimate packaging*

Intimate packaging material should not be electrostatic generative as this could cause damage to ESDS. It should also not be totally conductive (less than 100 Ω) from point-to-point resistance. The reason for this is that, if charged ESDS is brought into contact with differently charged or uncharged highly conductive material, then a high rate of discharge would take place and this may cause damage.

- *Proximity packaging*

Proximity packaging material for use inside an EPA should not be electrostatic generative for the same reasons as intimate packaging. As proximity packaging will not be in direct contact with the ESDS, a range of materials such as highly conductive (and electrostatic discharge shielding) which may be pure metal may be used as alternatives to the materials intended for intimate packaging.

Proximity packaging material for use outside an EPA needs to be electrostatic discharge shielding to prevent any stray fields induced by sparks, atmospheric conditions or any other generation methods getting onto the ESDS.

- *Non-ESDS*

Non-ESDS which are to be used inside an EPA should not be packed in electrostatic generating material, and packaging as for ESDS or alternatives such as lint-free tissue should be used. This is to prevent static generating material being present within an EPA which could come into contact with, or close proximity to, ESDS. This low charging packaging should preferably be used when the items are shipped from the supplier, but should this not happen, they should be repackaged in the goods receiving area before they enter an EPA.

10.3 Table 3 of IEC 61340-5-1 – Example of audit report (summary)

These tables may be reproduced and used in this form, or the ideas and content in them may be transferred to a company, facility or third-party audit form.

L'ordre suit celui de la CEI 61340-5-1 et du présent guide d'utilisation. Dans certaines installations, il est possible que tous les aspects ne soient pas applicables. Par exemple, le travail de conception ne sera pas réalisé dans de nombreuses installations d'assemblage en sous-traitance. Dans ce cas, il convient d'apposer la marque N/A, ou si le formulaire est établi ou remanié en fonction d'une entreprise ou d'une installation, il convient d'omettre les éléments inutiles. On laisse de la place au bas du formulaire pour faire figurer les éléments supplémentaires pour une EPA ou une installation particulière.

10.4 Tableau 4 de la CEI 61340-5-1 – Liste du matériel d'une EPA

C'est la liste de l'ensemble du matériel compatible avec l'EPA. Il est possible de reproduire ce tableau et de l'utiliser sous cette forme, ou bien d'en adapter les idées et le contenu en fonction d'un formulaire d'audit d'entreprise, d'installation ou d'une tierce partie. Il convient de déterminer des périodes de contrôle en fonction des données du fabricant (article 9 de la CEI 61340-5-1) ou en utilisant des techniques de SPC (voir [6], [7], [8] et [9]).

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TS 61340-5-2:1999

The sequence follows the order of IEC 61340-5-1 and this user guide. In certain facilities or EPA, not all aspects may be relevant. For instance, in many subcontract assembly facilities design work will not be carried out. Should this be the case these should be marked N/A, or when the form is issued or regenerated into a company or facility form, the unnecessary items omitted. Space is left at the bottom for additional items peculiar to a particular EPA or facility.

10.4 Table 4 of IEC 61340-5-1 – EPA equipment list

This is the list of all EPA compatible equipment. This table may be reproduced and used in this form, or the ideas and content in it may be transferred to a company, facility or third-party audit form. Check periods should be derived from manufacturer's data (clause 9 of IEC 61340-5-1) or by the use of SPC techniques (see [6], [7], [8] and [9]).

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TS 61340-5-2:1999

Withd2m

Annexe A (normative)

Méthodes d'essai

Il n'était pas prévu d'inclure des méthodes d'essai dans la CEI 61340-5-1, mais de renvoyer à d'autres normes (principalement à la série CEI 61340). Malheureusement beaucoup d'entre elles n'ont pas encore été publiées; des méthodes d'essai figurent donc des articles A.1 à A.7 et B.1 et B.2.

Des essais sont nécessaires pour les matériaux et les éléments pour la qualification, l'agrément initial et les essais périodiques du matériel utilisé. Il serait pratique de disposer d'un seul essai (pour chaque caractéristique) couvrant tous ces domaines, mais les coûts, le temps et l'application pratique qu'impliquent certains de ces essais au niveau de précision adapté à la qualification ne peuvent se justifier pour un essai d'audit dans une EPA opérationnelle. On indique donc des essais de remplacement plus simples ou des essais utilisant un matériel plus facilement disponible pour des zones moins exigeantes.

Tableau A.1 de la CEI 61340-5-1 – Méthodes d'essai – Résistance des outils à la masse ou à un point pouvant être relié à la masse

La partie correspondante a été laissée vague dans la CEI 61340-5-1 (A1/A4) car les variations de type d'outils rendent inadéquante l'utilisation d'une méthode universelle. Il convient si possible d'utiliser la méthode de la CEI 61340-4-1 ou une méthode selon la figure A.9 de la CEI 61340-5-1. Pour les petits outils à main, un résultat satisfaisant peut souvent être obtenu en testant l'outil en situation d'utilisation, l'opérateur portant un bracelet de terre EPA.

A.1 Méthode de mesure de la résistance pour les essais de sol, surface de travail ou éléments de stockage

A.2 Méthode de mesure de résistance pour les essais de sièges

A.3 Méthode de mesure de résistance pour les essais sur des vêtements

Les trois méthodes indiquées sont facilement applicables avec des mesureurs. La tension indiquée est de 10 V pour une valeur maximale de $10^5 \Omega$ et de 100 V pour des résistances plus élevées. Aucune tension supérieure à 100 V ne doit être utilisée dans une EPA active, mais il est possible de l'utiliser si on le souhaite pour une qualification de matériaux en dehors d'une EPA. Dans le cas d'ESDS ultrasensibles dépassant le cadre de la CEI 61340-5-1 et du présent guide d'utilisation, des tensions inférieures à 100 V sont éventuellement nécessaires. Lorsqu'on applique des tensions plus faibles, pour des résistances élevées il est possible que la précision du résultat soit réduite, mais une valeur de résistance supérieure à la résistance réelle sera indiquée, ce qui ne provoque normalement aucun problème pour la plupart des matériaux. Il convient encore de rappeler que de nombreux matériaux, particulièrement ceux à haute résistance ne sont pas entièrement ohmiques, et que leur résistance varie avec la tension.

Il est possible d'utiliser la sonde d'essai de remplacement citée dans les notes de l'article A.3 pour les contrôles fonctionnels, mais pour la résolution de conflits entre utilisateurs et fournisseurs la sonde d'essai citée dans la CEI 61340-4-1 doit être utilisée.

Annex A **(normative)**

Test methods

It was not the intention to have test methods included in IEC 61340-5-1, but rather that these should be found in other standards (mainly in the IEC 61340 series). Unfortunately many of these have yet to be published, so test methods have been included as A.1 to A.7 and B.1 and B.2.

Tests are required for materials and items, for qualification, for initial acceptance and for periodic testing of on-line equipment. It would be convenient to have a single test (in each characteristic) to cover all of these areas, but the costs, time and practicalities of performing some of the tests to the level of accuracy for a qualification cannot be justified for an audit test within a working EPA. Accordingly, alternative simpler tests or tests using more readily available equipment are given for use in less demanding areas.

Table A.1 in IEC 61340-5-1 – Test methods – Tools resistance to ground or groundable point

This has been left ambiguous in IEC 61340-5-1 (A1/A4) as the variations in tool type makes a universal method inappropriate. Where possible, the method used in IEC 61340-4-1 should be used, or a method as shown in figure A.9 of IEC 61340-5-1. For small hand-held tools a satisfactory result can often be achieved with the tool tested as it would be in use, and the user wearing a wrist strap.

A.1 Resistance measurement method for the testing of floor, working surface or storage rack

A.2 Resistance measurement method for the testing of seating

A.3 Resistance measurement method for the testing of garments

All three methods are easy to apply using meters. The voltage called up is 10 V for up to $10^5 \Omega$ and 100 V for higher resistances. No voltage in excess of 100 V should be used in any active EPA, but may if desired be used in material qualification outside an EPA. In cases of ultrasensitive ESDS with supersets of IEC 61340-5-1 and the user guide used, voltages of less than 100 V may be necessary. Where lower voltages are applied, accuracy of results at high resistances may be reduced, but a resistance value higher than the actual resistance will be shown. This should not cause problems for most precaution materials. Again, it should be remembered that many materials, particularly those with high resistance, are not entirely ohmic but their resistance will vary with voltage.

The alternative probe called up in the notes to clause A.3 may be used for functional checks, but for the resolution of conflict between user and supplier the probe called up in IEC 61340-4-1 shall be used.

A.5 Bracelets de terre EPA, chaussures, gants, doigts et outils

Pour les mesures effectuées sur les bracelets de terre EPA et les chaussures, la tension de 8 V à 30 V est souvent utilisée. Il s'agit d'assurer la sécurité de l'opérateur, et pour les résistances citées, l'erreur due à l'utilisation de la tension moins élevée ne sera pas significative. Il est permis d'utiliser des tensions de 30 V à 100 V (avec une résistance ou un circuit de limitation de courant) si on le souhaite pour le contrôle de bracelets non branchés mais cela n'est pas recommandé pour le contrôle continu de bracelets de terre EPA.

Dans un grand nombre d'EPA, on utilise des bracelets de terre EPA à contrôle continu. Ils se divisent en deux catégories, le bracelet double et le bracelet simple. Le type de bracelet double utilise une bande divisée en deux et est utilisé avec un cordon à deux conducteurs.

Le type de bracelet double fonctionne habituellement selon la méthode du pont de résistance.

Le type de bracelet simple utilise une seule bande pour la liaison à la masse et le contrôle et un signal en courant alternatif est injecté à des fins de contrôle. Ce type a l'avantage d'utiliser le bracelet le plus simple (mono) mais il mesure l'impédance plutôt que la résistance et de ce fait, il est possible que certains de ces types d'appareils semblent délivrer un signal passant s'ils sont placés par-dessus la manche de chemise.

A.6 Méthode d'essai et matériel d'ionisation (voir [3])

Trois méthodes sont décrites dans le présent article. La procédure et le matériel décrits en A.6.1 et A.6.2 de la CEI 61340-5-1 sont des méthodes d'essai qui font autorité. Les procédures définies en A.6.3 et A.6.4 sont destinées à un contrôle fonctionnel *in situ*.

A.6.2 Méthode de mesure de la capacité d'une plaque conductrice isolée

Exemple – Les résultats suivants sont obtenus d'après le tableau ci-dessous.

V_0 V	Q nC	Capacité pF
100	1,75	17,5
100	1,71	17,1
100	1,73	17,3
100	1,74	17,4
100	1,73	17,3
100	1,76	17,6
100	1,75	17,5
100	1,70	17,0
100	1,75	17,5
100	1,73	17,3
Capacité moyenne 17,33 pF		
Ecart type 0,21 pF		

L'erreur maximale associée au matériel de mesure décrit ci-dessus peut être déterminée en considérant une plaque de 10 pF chargée à 80 V. On trouvera une valeur de 0,8 nC sur la plaque. La mesure de ce niveau de charge à l'aide d'un appareil de mesure présentant une définition de $\pm 0,02$ nC donne une erreur de 2,5 %. Combinée à l'erreur de 2 % de la source de tension, on obtient une erreur maximale de 4,5 %.

A.5 Wrist straps, footwear, gloves, finger cots and tools

For wrist straps and footwear measurements, the voltage of 8 V to 30 V is often used. This is to ensure operator safety, and at the resistances given, error due to the use of the smaller voltage will not be significant. Voltages of 30 V to 100 V may be used (with current-limiting resistor or circuit) if desired for off-line wrist strap checkers but are not recommended for constant monitor wrist straps.

In many EPAs constant monitor wrist straps are used. These fall into two categories, dual wrist band and single wrist band. The dual wrist strap type using a split band is used with a two core cord.

The dual wrist strap type normally works using the resistance bridge method.

The single wrist strap type uses a single strap for both grounding and monitor purposes and has an a.c. signal injected which is used for monitoring purposes. This type has the advantage of using the simpler single wrist strap, but measures impedance rather than resistance and as such, some of these types may appear to give a pass signal if placed over the shirt cuff.

A.6 Test method and equipment for ionization (see [3])

Three methods are described in this clause. Procedure and equipment described in IEC 61340-5-1, A.6.1 and A.6.2 are the definitive test methods. The procedures defined in A.6.3 and A.6.4 are intended as an *in situ* functional check.

A.6.2 Method of measuring the capacitance of an isolated conductive plate

Example – the following results are obtained as shown in the table below:

V_0 V	Q nC	Capacity pF
100	1,75	17,5
100	1,71	17,1
100	1,73	17,3
100	1,74	17,4
100	1,73	17,3
100	1,76	17,6
100	1,75	17,5
100	1,70	17,0
100	1,75	17,5
100	1,73	17,3
Average capacity 17,33 pF		
Standard deviation 0,21 pF		

The maximum error associated with the measuring equipment described above can be found by considering a 10 pF plate charged to 80 V. There will be 0,8 nC on the plate. Measuring this level of charge with a meter having a resolution of $\pm 0,02$ nC gives an error of 2,5 %. This combined with the 2 % error of the voltage source gives a worst case error of 4,5 %.

Une mauvaise isolation de la plaque a lieu quand l'erreur associée à la fuite de la charge sur la plaque devient comparable à l'erreur due au matériel de mesure. Si l'erreur de mesure globale est inférieure à 5 %, l'isolation de la plaque ne peut pas introduire une erreur supérieure à 0,5 %.

Présupposer qu'au pire, le temps entre la charge de la plaque à V et la mesure de la charge correspond à 10 s. Le calcul de l'isolation minimale de la plaque pour obtenir une erreur de 0,5 % est le suivant.

$$(V - V_t) / V < 0,005 \text{ pour } t = 10 \text{ s}$$

Présupposer une décharge exponentielle:

$$0,005 = 1 - e^{\left(\frac{-t}{RC}\right)}$$

où

$t = 10 \text{ s}$

$C = \text{capacité} = 20 \text{ pF}$

d'où une résistance minimale pour la plaque isolante $R = 10^{14} \Omega$.

Pour une plaque de 20 pF, cela correspond à une constante de temps de 2 000 s.

La présence d'objets métalliques à proximité de la plaque provoquera une erreur de mesure.

A.7 Méthode d'essai pour l'évaluation des performances de blindage électrostatique des matériaux – Sacs (voir [3])

A.7.2 Matériel

- *Calculs d'énergie*

Il existe plusieurs méthodes pour obtenir les mesures d'énergie requises par cette procédure d'essai. Il est possible d'obtenir un système qui calcule directement l'énergie. Quand un utilisateur désire établir un programme, les étapes suivantes sont susceptibles de lui être utiles.

- Décharger les données de l'oscilloscope à mémoire dans l'ordinateur.
- Diviser la mesure de tension de l'oscilloscope par x pour convertir la mesure en courant (I). x est le facteur de conversion pour la sonde de courant.
- Prendre le carré de la valeur de chaque point de courant.
- Calculer l'intégrale de I^2 par rapport à la forme d'onde t .
- Multiplier l'intégrale de la forme d'onde de I^2 par la résistance.

Exemple: la résistance égale 2 000 Ω , une résistance de 500 Ω et un simulateur ESD de 1 500 Ω en série. Pour calculer l'énergie transférée à l'intérieur du sac, la résistance utilisée est égale à 500 Ω .

$$\text{Energie} = R \times T \times \sum_{i=1}^n I_i^2$$

Poor plate isolation occurs when the error associated with the charge leakage off the plate becomes comparable to the error due to the measuring equipment. If the overall measuring error is less than 5 %, the plate isolation cannot introduce an error of more than 0,5 %.

Assume the worst-case time between charging the plate to V and measuring the charge is 10 s. Calculation of the minimum plate isolation to have an error of 0,5 % is:

$$(V - V_t) / V < 0,005 \text{ for } t = 10 \text{ s}$$

Assuming an exponential decay of charge:

$$0,005 = 1 - e^{\left(\frac{-t}{RC}\right)}$$

where

$t = 10 \text{ s}$

$C = \text{capacitance} = 20 \text{ pF}$

hence the minimum resistance for isolating plate is $R = 10^{14} \Omega$.

For a 20 pF plate this corresponds to a time constant of 2 000 s.

Metal objects near the plate will cause a measurement error.

A.7 Test method for evaluating the performance of electrostatic discharge shielding material – Bags (see [3])

A.7.2 Equipment

- *Energy calculations*

There are several methods of obtaining the energy measurements required by this test procedure. It is possible to obtain a system which directly calculates energy. Where a user wishes to establish a programme the following steps may be useful.

- Download the data from the storage scope into the computer.
- Divide the voltage reading from the scope by x to convert the reading to current (I). x is the conversion factor for the current probe.
- Take the square of the value of each of the current points.
- Calculate the integral of I^2 versus t waveform.
- Multiply the integral of I^2 waveform by the resistance.

Example: resistance is 2 000 Ω , 500 Ω resistor and 1 500 Ω ESD simulator in series. For calculating the energy transferred to the interior of the bag, the resistance used is 500 Ω .

$$\text{Energy} = R \times T \times \sum_{i=1}^n I_i^2$$

où

R est la valeur de la résistance du circuit;

T est le temps entre les échantillons;

I est le courant issu de la sonde;

n est le nombre d'échantillons.

A.7.4.7 Energie de la décharge

L'énergie de la décharge est obtenue à partir de l'équation $E = 1/2 CV^2$.

A.7.5.3 Exemple

Il convient que la mesure du courant de crête de 0,5 A, selon la description de A.7.4.5 de la CEI 61340-5-1, ne soit pas inférieure à 0,46 A du fait de la capacité de la sonde. Si la mesure dépasse cet intervalle, il convient de contrôler la capacité de la sonde capacitive.

where

R is the value of the circuit resistance;

T is the time between samples;

I is the current from probe;

n is the number of samples.

A.7.4.7 Energy discharge

The energy discharge is obtained from the equation $E = 1/2 CV^2$.

A.7.5.3 Example

The peak current reading, as measured in IEC 61340-5-1, A.7.4.5, of 0,5 A should not be less than 0,46 A due to the capacitance of the probe. If the reading is outside this range, the capacitance of the capacitance probe should be checked.

Annexe B (informative)

Méthodes d'essai relatives à la décroissance de la charge

B.1 Méthode de mesure de la décroissance de la charge

En pratique, il existe deux cas dans lesquels la décharge statique sur les matériaux s'applique:

- décharge de la charge générée en frottant les matériaux: auto-dissipation de la charge;
- décharge de la charge sur des conducteurs en contact avec des matériaux: dissipation de contact.

Deux méthodes sont décrites: la méthode A est principalement destinée à s'associer à l'auto-dissipation de charge et la méthode B est principalement destinée à l'élimination de charges à partir d'un conducteur en contact avec un matériau.

Annex B (informative)

Test methods for charge decay

B.1 Method of measurement of charge decay

There are two ways in which the decay of static charges on materials is relevant in practice:

- the decay of charge generated by rubbing materials: self-dissipation of charge,
- the decay of charge on conductors in contact with materials: contact dissipation.

There are two methods described: method A is intended primarily for use with the self-dissipation of charge and method B is intended primarily for the removal of charges from a conductor in contact with a material.

Annexe C (informative)

Considérations pour la conception destinées à minimiser les effets des ESD

Six domaines de conception pourraient être considérés. Il s'agit de: la conception du matériel et des matériaux de protection contre les ESD, de la conception des dispositifs à semi-conducteurs, celle des ensembles, de l'emballage, du système ainsi que de l'évaluation de la conception. Toutes ont été intégrées à l'exception du matériel et des matériaux de protection contre les ESD, qui ont été omis car il s'agit d'un domaine très spécialisé. D'autres normes existent en particulier dans les domaines impliquant des produits chimiques. Tenter de comprendre et d'autoriser ou de défendre l'utilisation d'un grand nombre de produits chimiques complexes, dans un domaine en constante évolution, dépasse le cadre de la CEI 61340-5-1 et de ce guide d'utilisation. Quand l'utilisation du contrôle des ESD n'en était qu'à ses débuts, certains produits chimiques utilisés par certains fabricants provoquaient des effets secondaires indésirables tels que la corrosion des connexions, mais ces phénomènes sont heureusement beaucoup plus rares aujourd'hui.

Les dommages occasionnés par les décharges électrostatiques peuvent être minimisés grâce à des pratiques et ensembles de conception diminuant la sensibilité des ESDS à ces dommages.

C.1 Identification

L'identification de l'ESDS, son étiquetage et son marquage ont pour but de permettre à l'utilisateur d'identifier, et donc de protéger, le produit. A cet effet, il convient d'utiliser un étiquetage visible, non ambigu et facilement reconnaissable. Pour les produits internationaux, le symbole de la main est indépendant de la langue et il convient de l'utiliser autant que possible, de préférence en jaune sur fond noir. Il convient de rappeler qu'au cours des opérations de réparation, certains éléments peuvent être enlevés et qu'il sera toujours nécessaire d'identifier les éléments individuels. Il convient d'adopter une approche pratique, par exemple sur un circuit à 40 broches et de pas égal à 0,6 in, on peut raisonnablement s'attendre à la présence du symbole, particulièrement si le dispositif est fréquemment enfiché, mais ce ne serait pas le cas pour une puce SMT de petite taille.

Dans certains cas, le marquage est susceptible de ne pas figurer sur l'ESDS lui-même. Parmi les exemples figurent:

- l'emballage (par exemple les tubes et les sacs de protection) quand le sac ou le tube n'est pas un ESDS mais est destiné à contenir un ESDS et qu'il est nécessaire de voir l'identification et l'avertissement avant le déballage;
- les symboles sur les vêtements ou la matériel pour identifier qu'ils sont adaptés à une utilisation dans une EPA et qu'ils sont conformes à la CEI 61340-5-1. De nouveaux symboles s'appliquent maintenant; ils sont indiqués sur les figures 4 et 5 de la CEI 61340-5-1.

C.3 Conception des dispositifs sensibles aux décharges électrostatiques (ESDS)

L'article relatif à la conception des semi-conducteurs et composants électroniques des ESDS est brève, car la CEI 61340-5-1 est principalement destinée aux utilisateurs de matériel électronique. Les principaux messages sont destinés aux concepteurs afin qu'ils réalisent des

Annex C (informative)

Design considerations to minimize the effects of ESD

There are six areas of design that could be considered. These are: design of ESD-protective equipment and materials, design of semiconductor devices, design of assemblies, packaging design, system design and design evaluation. All of these have been included, apart from ESD, protection equipment and materials, which have been omitted as this is a very specialist area. Other standards exist, particularly in areas involving chemicals. Attempting to understand and allow or ban the use of a high number of complex chemicals in an ever-changing area is beyond the scope of IEC 61340-5-1 and this user guide. In the early days of ESD control, some unsuitable chemicals were used by certain manufacturers which produced unwanted side-effects, such as lead corrosion, but fortunately such occurrences are much rarer today.

Damage caused by electrostatic discharge can be minimized by using design practices and assemblies to make them less susceptible to ESDS damage.

C.1 Identification

The purpose of ESDS identification, labelling and marking is to let the user identify, and so protect the product. To this effect, a visible, unambiguous and easily recognized label should be used. With international products, the hand symbol is language-independent and should be used wherever possible, and for preference in the yellow-on-black colours. It should be remembered that during repair operations some items can be removed and that individual items will still need to be identified. A practical approach should be taken on this, for instance on a 40 pin dual in line 0,6 in pitch IC, it is reasonable to expect the symbol, particularly if the device is frequently socketed, but it would be unreasonable to expect a direct marking on a small SMT chip.

There are occasions where the marking may not always be on the ESDS itself. Examples of this include:

- packaging (for example, protective tubes and bags) where the bag or tube is not an ESDS but is meant to contain ESDS and the identification and warning needs to be seen before unpacking;
- signs on garments or equipment to identify that they are suitable for use inside an EPA and are compliant with IEC 61340-5-1. New signs now cover this and are shown in IEC 61340-5-1, figures 4 and 5.

C.3 Design of electrostatic discharge sensitive devices (ESDS)

The clause on design of ESDS semiconductors and electronic components is brief, because IEC 61340-5-1 is intended primarily for users of electronics. The main messages are for designers to make their designs as robust as possible, while maintaining the necessary

conceptions aussi robustes que possible, tout en conservant les paramètres nécessaires et qu'ils évitent la conception de pièces inutilement sensibles. La sensibilité des pièces est d'une importance majeure pour les utilisateurs et pour les fabricants de composants car les ventes de pièces inutilement sensibles sont susceptibles d'être réduites. La sensibilité aux ESD n'est pas le seul paramètre de conception des semi-conducteurs ou des composants électroniques; des facteurs tels que la fonctionnalité, la taille et le facteur économique sont également importants et il sera parfois nécessaire de faire des compromis.

Parmi les techniques éventuellement utilisées pour réduire la sensibilité des pièces, on peut citer

- taille de la géométrie;
- techniques de base: bipolaire, canal N, MOSFET;
- utilisation de limiteur à diode;
- topologie écartant les pièces les plus sensibles des broches dans les angles;
- élimination de la métallisation sur les régions à fine couche d'oxyde si elles sont directement reliées aux broches externes.

La sensibilité aux ESD s'exprime normalement en indiquant la tension de tenue (HBM), bien que d'autres facteurs soient impliqués, les gammes très approximatives des dispositifs actuels sont indiquées dans le tableau suivant.

Type de semi-conducteur	Sensibilité en tension HBM typique V
Pièces spécialisées très sensibles (nécessitant des précautions supplémentaires dépassant le cadre de la CEI 61340-5-1)	10 – 100
MOSFET de puissance	100 – 300*
MOS VLSI conçu avant 1990	400 – 1 000
VLSI moderne (objectif de conception en 2 000 minimum)	1 000 – 3 000
HC et familles similaires	1 500 – 3 000
Série CMOS B	2 000 – 5 000
Série CMOS A	1 000 – 2 500
MOS linéaire	800 – 4 000
Bipolaire ancienne génération petite géométrie	600 – 6 000
Bipolaire moderne petite géométrie	2 000 – 8 000
Bipolaire de puissance	7 000 – 25 000
Résistance à couche	1 000 – 5 000
* D'après ce tableau, le MOSFET de puissance semble très vulnérable, mais les capacités plus grandes des dispositifs de ce type les plus importants permettent de réduire leur sensibilité aux dommages.	

C.4 Conception des ensembles

Tout en sélectionnant les composants les mieux adaptés, les conceptions peuvent minimiser la sensibilité du produit aux dommages électrostatiques. Les facteurs figurant ici recouvrent des domaines généraux qu'il est nécessaire de prendre en compte dans toute conception intégrant des ESDS et il convient d'indiquer dans la documentation correspondante, par exemple les dossiers de conception, qu'ils ont été pris en compte. On sait que dans certains domaines, certaines de ces techniques sont susceptibles de ne pas être appropriées, par exemple des résistances stabilisatrices ne seraient pas adaptées pour des entrées nécessitant une très grande impédance d'entrée.