

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



HORIZONTAL STANDARD
NORME HORIZONTALE

**Determination of certain substances in electrotechnical products –
Part 2: Disassembly, disjointment and mechanical sample preparation**

**Détermination de certaines substances dans les produits électrotechniques –
Partie 2: Démontage, désassemblage et préparation mécanique de l'échantillon**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62321-2:2013



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

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

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



HORIZONTAL STANDARD

NORME HORIZONTALE

**Determination of certain substances in electrotechnical products –
Part 2: Disassembly, disjointment and mechanical sample preparation**

**Détermination de certaines substances dans les produits électrotechniques –
Partie 2: Démontage, désassemblage et préparation mécanique de l'échantillon**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.020; 43.040.10

ISBN 978-2-83220-837-3

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD	4
INTRODUCTION	6
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Terms, definitions and abbreviations	8
3.1 Terms and definitions	8
3.2 Abbreviations	8
4 Introduction to sampling	9
4.1 Introductory remark	9
4.2 Requirements and concerns for substances of concern	9
4.3 Complexity of electrotechnical products and related challenges	9
4.4 Strategies for sampling	10
5 Sampling	13
5.1 Introductory remark	13
5.2 Complete product	14
5.3 Partial disassembly	14
5.4 Complete disassembly	14
5.5 Partial disjointment	14
5.6 Complete disjointment	15
5.7 Considerations of sampling and disjointment	15
5.7.1 Introductory remark	15
5.7.2 Sample size required	15
5.7.3 Sample size versus detection limit	17
5.7.4 Composite testing of disjointable samples	17
5.7.5 Non-uniform “homogeneous materials”	18
5.7.6 Determination of sampling position of homogeneous materials	19
6 Conclusions and recommendations for sampling	19
7 Mechanical sample preparation	20
7.1 Overview	20
7.1.1 Field of application	20
7.1.2 Quality assurance	20
7.2 Apparatus, equipment and materials	21
7.3 Procedure	21
7.3.1 Manual cutting	21
7.3.2 Coarse grinding/milling	22
7.3.3 Homogenizing	22
7.3.4 Fine grinding/milling	22
7.3.5 Very fine grinding of polymers and organic materials	22
Annex A (informative) Examples of procedures for sampling and disjointment	23
Annex B (informative) Probability of the presence of certain substances	32
Annex C (informative) Composite testing and sampling	35
Annex D (informative) Tools used in sampling	38
Annex E (informative) Examples of mobile phone disassembly and component disjointment	39
Bibliography	50

Figure 1 – Generic iterative procedure for sampling	11
Figure 2 – Cross-section of a 900 μm wide lead oxide-based resistor (SMD)	19
Figure A.1 – Methodology for sampling and disjointment.....	24
Figure A.2 – Sampling of DVD player	25
Figure A.3 – Sampling of CRT	26
Figure A.4 – Sampling of LCD TV	27
Figure A.5 – Sampling of PDA/phone	28
Figure A.6 – Sampling of desk fan	29
Figure A.7 – Sampling of components – Thick film resistor	30
Figure A.8 – Sampling of components – SMD potentiometer	31
Figure D.1 – Hot gas gun for removing the electronic components	38
Figure D.2 – Vacuum pin to remove the target electronic devices	38
Figure E.1 – Mobile phone type A with battery charger and camera lens cap	39
Figure E.2 – Mobile phone type A with battery and back cover removed	40
Figure E.3 – Partial disassembly of a mobile phone (type B) into its major components	41
Figure E.4 – Complete disassembly of the key pad	42
Figure E.5 – Complete disassembly of the bottom housing	42
Figure E.6 – Complete disassembly of the other housing/frame	43
Figure E.7 – Components of the TFT display of the mobile phone after partial disjointment	43
Figure E.8 – Components of the main PWB of the mobile phone after partial disjointment	44
Figure E.9 – Disjointment of lead frame component	46
Figure E.10 – BGA package prior to disjointment	47
Figure E.11 – BGA package disjointed by the hand removal procedure	47
Figure E.12 – Solder ball material collected from BGA using a hand removal procedure	48
Figure E.13 – BGA solder ball removal using the ball shear procedure	48
Table 1 – Minimum number of lead frame samples required for analytical testing	16
Table 2 – Levels of a certain substance in a composite sample	18
Table B.1 – Probability of the presence of certain substances in materials and components used in electrotechnical products (1 of 3)	32
Table C.1 – Calculated maximum concentration for a composite sample based on detection limit	36
Table C.2 – Required detection limit for a composite sample based on the maximum allowable concentration	37
Table E.1 – Possible certain substances or screening substances from a mobile phone	40
Table E.2 – Possible certain substances in major components of the mobile phone	41
Table E.3 – Examples of disjointment for typical small electronic components	45

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

DETERMINATION OF CERTAIN SUBSTANCES IN ELECTROTECHNICAL PRODUCTS –

Part 2: Disassembly, disjointment and mechanical sample preparation

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62321-2 has been prepared by IEC technical committee 111: Environmental standardization for electrical and electronic products and systems.

It has the status of a horizontal standard in accordance with IEC Guide 108.

The first edition of IEC 62321:2008 was a 'stand-alone' standard that included an introduction, an overview of test methods, a mechanical sample preparation as well as various test method clauses.

This first edition of IEC 62321-2 is a partial replacement of IEC 62321:2008, forming a structural revision and generally replacing Clause 5 and incorporating IEC/PAS 62596:2009 [1]¹ which will be withdrawn upon publication of IEC 62321-2.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

Future parts in the IEC 62321 series will gradually replace the corresponding clauses in IEC 62321:2008. Until such time as all parts are published, however, IEC 62321:2008 remains valid for those clauses not yet re-published as a separate part.

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

FDIS	Report on voting
111/301/FDIS	111/311/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 62321 series can be found on the IEC website under the general title: *Determination of certain substances in electrotechnical products*

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

The widespread use of electrotechnical products has drawn increased attention to their impact on the environment. In many countries this has resulted in the adaptation of regulations affecting wastes, substances and energy use of electrotechnical products.

The use of certain substances (e.g. lead (Pb), cadmium (Cd) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs)) in electrotechnical products, is a source of concern in current and proposed regional legislation.

The purpose of the IEC 62321 series is therefore to provide test methods that will allow the electrotechnical industry to determine the levels of certain substances of concern in electrotechnical products on a consistent global basis.

WARNING – Persons using this International Standard should be familiar with normal laboratory practice. This standard does not purport to address all of the safety problems, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user to establish appropriate safety and health practices and to ensure compliance with any national regulatory conditions.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62321-2:2013

DETERMINATION OF CERTAIN SUBSTANCES IN ELECTROTECHNICAL PRODUCTS –

Part 2: Disassembly, disjointment and mechanical sample preparation

1 Scope

This part of IEC 62321 provides strategies of sampling along with the mechanical preparation of samples from electrotechnical products, electronic assemblies and electronic components. These samples can be used for analytical testing to determine the levels of certain substances as described in the test methods in other parts of IEC 62321. Restrictions for substances will vary between geographic regions and from time to time. This Standard describes a generic process for obtaining and preparing samples prior to the determination of any substance which are under concern.

This standard does not provide:

- full guidance on each and every product that could be classified as electrotechnical equipment. Since there is a huge variety of electrotechnical components, with various structures and processes, along with the continuous innovations in the industry, it is unrealistic to attempt to provide procedures for the disjointment of every type of component;
- guidance regarding other routes to gather additional information on certain substances in a product, although the information collected has relevance to the sampling strategies in this standard;
- safe disassembly and mechanical disjointment instructions related to electrotechnical products (e.g. mercury-containing switches) and the recycling industry (e.g. how to handle CRTs or the safe removal of batteries). See IEC 62554 [2] for the disjointment and mechanical sample preparation of mercury-containing fluorescent lamps;
- the definition of a “unit” as the sample;
- sampling procedures for packaging and packaging materials;
- analytical procedures to measure the levels of certain substances. This is covered by other standards (for example other parts of IEC 62321), which are referred to as the “test standard” in this standard;
- guidelines for assessment of compliance.

NOTE Further guidance on assessment procedures is provided by IEC/TR 62476 [3].

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 62321-1, *Determination of certain substances in electrotechnical products – Part 1 Introduction and overview*

IEC 62321-3-1, *Determination of certain substances in electrotechnical products – Part 3-1: Screening – Lead, mercury, cadmium, total chromium and total bromine using X-ray fluorescence spectrometry*

IEC 62321-3-2, *Determination of certain substances in electrotechnical products – Part 3-2: Screening – Total bromine in polymers and electronics by combustion – Ion chromatography (C-IC)*

IEC 62321-4, *Determination of certain substances in electrotechnical products – Part 4: Determination of mercury in polymers, metals and electronics by CV-AAS, CV-AFS, ICP-OES and ICP-MS*

IEC 62321-5, *Determination of certain substances in electrotechnical products – Part 5: Determination of cadmium, lead and chromium in polymers and electronics and cadmium and lead in metals by AAS, AFS, ICP-OES, ICP-AES and ICP-MS* ²

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the definitions given in IEC 62321-1, as well as the following, apply.

3.1.1

composite testing

testing two or more materials as a single sample that could be mechanically disjointed if necessary

3.1.2

certain substance

cadmium, lead, mercury, hexavalent chromium, polybrominated biphenyl, polybrominated diphenyl ether

NOTE IEC 62321-1 includes test methods for the evaluation of each of the substances identified in the definition above.

3.2 Abbreviations

AC	Alternating current
BGA	Ball grid array (electronic component)
CRT	Cathode ray tube (television)
DVD	Digital versatile disc
IC	Integrated circuit
JEDEC	Joint Electronic Devices Engineering Council
LCD	Liquid crystal display
MDL	Method detection limit
OEM	Original equipment manufacturer
PAS	Publicly Available Specification
PCB	Printed circuit board
PDA	Personal digital assistant
PWB	Printed wiring board
SIM	Subscriber identity module
SMD	Surface mounted device
TFT	Thin film transistor
TV	Television

USB Universal serial bus

4 Introduction to sampling

4.1 Introductory remark

Obtaining a sample (i.e. sampling) is the first step in analysing electrotechnical products for the presence of certain substances. The strategy and process of sampling are often as important as the analytical measurement itself. Hence an effective sampling strategy requires a clear understanding of the electrotechnical product, reasons for the analysis and the requirements that are to be met.

Sampling and testing for certain substances are performed for many reasons including:

- business-to-business for commercial release (e.g. contractual agreement between the OEM and component manufacturer);
- compliance with regulatory limits;
- forensic/impact assessment (why the product does not satisfy contractual or legal requirements, when did this happen, and how many products are affected?)

4.2 Requirements and concerns for substances of concern

While many governments, industry partners and other stakeholders have their own requirements, it is not the intention of this standard to discuss fully all of these differences. However, awareness of different limits for certain substances is an important step in preparing the sampling strategy. Subclause 4.2 highlights the main areas of concern regarding the requirements for certain substances.

- Certain substances: not all geographic regions or industrial partners restrict the same substances. For example, some regions have chosen to restrict the use of only a few specific PBDE compounds, while others have a broader restriction regarding this class of flame-retardants. When sampling a product, component etc. it is critical to keep in mind what are the applicable legal requirements.
- Allowable limits for certain substances: generally speaking, the allowable levels of most certain substances are below 1 000 mg/kg. Some geographic regions and industrial partners have limits below 1 000 mg/kg. For some product types, limits for certain substances are above 1 000 mg/kg, e.g. lead in copper and aluminum alloys.
- Application of the allowable level: the manner in which the allowable level of a certain substance is applied to an electrotechnical product determines the sampling strategy and how the test results are interpreted. Many geographic regions apply their allowable limits to "homogeneous materials". In this standard, an "homogeneous material" is as defined in IEC 62542 [4]. However, the interpretation of "homogeneous material" is not consistent across the different regions.
- Applicable exemptions: some types of electrotechnical products are exempt from certain substances requirements. These exemptions may be based on different rationales including the scope of the restrictions (e.g. for military purposes), the application of the material (e.g. high melting temperature solder), size of the sample, or the electrical properties of the product.

4.3 Complexity of electrotechnical products and related challenges

The complex characteristics of electrotechnical products are another important consideration when preparing a sampling strategy. These characteristics have a bearing on the practical execution of sampling and analysis. The following elements are identified as relevant to analysis and sampling:

- a) Miniaturization: Miniaturization is one of the key trends in the electrotechnical industry. This implies that more functionality is provided within a smaller volume. More and more components and materials are used per cm² of printed wiring board (PWB) every year.

Taking samples for measurement from these small amounts of material is difficult. For example, the size of surface mounted devices (SMDs) is too small for regular tools to further disjoint or separate and the quantity of the remaining sample is often too small after disjointment to satisfy the requirements of adequate analysis.

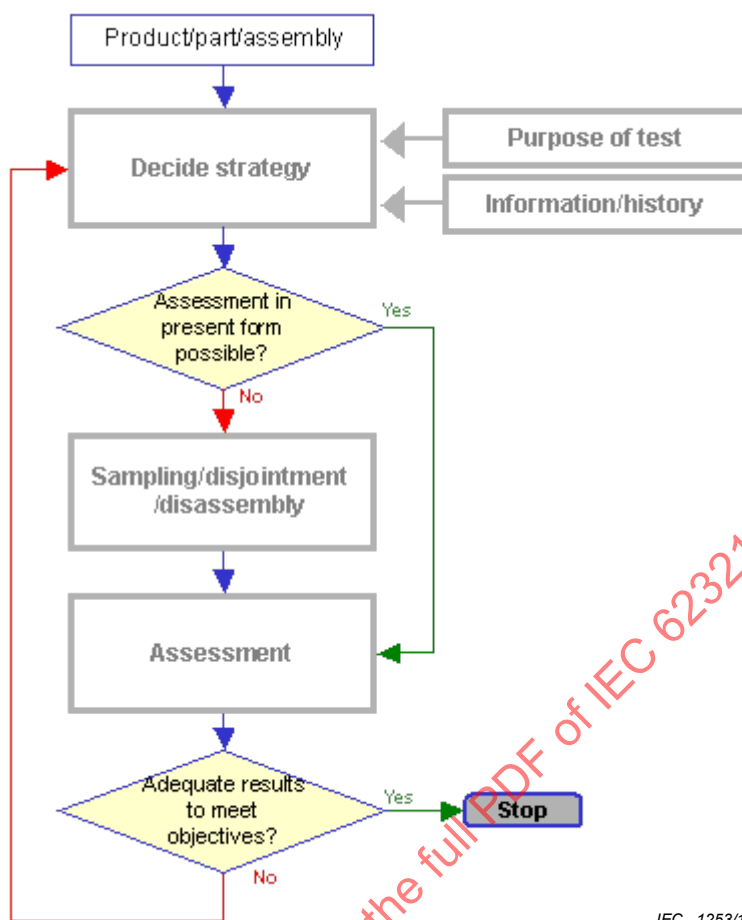
- b) Number of homogeneous materials: many components have complex structures and are constructed of multiple layers of different materials. In a typical case, one single component has more than 10 to 20 material layers, whereas many electrotechnical products or assemblies contain hundreds or thousands of components. This means one electrotechnical product can have more than 1 000 to more than 10 000 homogeneous materials. Often, homogeneous materials adhere too tightly together for a clean separation in a practical manner (see Figure 2). Experience has shown that the composition often changes due to molecular diffusion between materials (e.g. the composition of a plating is affected by a base material containing lead). Similarly, present-day electrotechnical products are made of many components and parts. A typical TV or laptop computer, for example, contains thousands of parts/components. Hence the design database for an OEM may include several tens of thousands of components. In Annex E this point is further illustrated in the disassembly of a mobile phone.
- c) "Invisible" substances: another complicating factor in sampling and analysis is that generally certain substances are not visible. A component containing a certain substance may look and perform in an identical manner to one that does not. The presence or absence of certain substances can vary from lot to lot in the manufacturing process without any readily observable clues. While there are some visible indications (e.g. a yellow coating on steel products suggests the presence of hexavalent chromium) as to the presence of certain substances, visual detection is not practical.
- d) Batch-to-batch variations: most product assembly manufacturers use commodity components from several suppliers simultaneously, e.g. cables, resistors and capacitors. Commodity components are mixed during production, because technically they are fully interchangeable as long as they fit the umbrella specification. However, in most cases they are not chemically identical. Furthermore, experience has shown that base materials can be changed by commodity manufacturers (e.g. in times of shortage) which leads to a change in the chemical composition as well. Notification of these changes does not always occur if the component still meets its technical specification.
- e) Depth of the supply chain: producing electronic components/parts involves a complex supply chain. Relatively simple products, such as an external cable, can utilize supply chains at least seven tiers deep. The supply chain for a more complex component such as an LCD screen or IC, is considerably deeper.

These characteristics of the electrotechnical industry show that the management of certain substances, along with sampling and analysis, is not straightforward. The size and number of components, and complexity of the supply chain make it challenging to fully grasp the locations of certain substances in an electrotechnical product. The prospect of implementing homogeneous material level sampling and testing at the upper regions of the supply chain (towards finished products) is not practical for complex products.

NOTE Oxidation states of certain substances may not be stable over time. For example, the concentration of hexavalent chromium in corrosion protection layers can change significantly with time and storage conditions.

4.4 Strategies for sampling

While different sampling approaches may be utilized as appropriate for the broad range of electrotechnical products, it is possible to describe a generic procedure that will be applicable in the majority of cases. This is illustrated by the iterative loops of sampling, disassembly and disjointment shown in Figure 1.



IEC 1253/13

Figure 1 – Generic iterative procedure for sampling

The process depicted in Figure 1 can have several iterative loops including:

- 1st iteration: partial disassembly (see 5.3);
- 2nd iteration: complete disassembly (see 5.4);
- 3rd iteration: partial disjointment (see 5.5);
- 4th – nth iteration: complete disjointment (see 5.6).

These iterative steps are described further in Clause 5.

Development of the sampling strategy for a particular electrotechnical product/part/ assembly begins with an information gathering stage. Some basic questions to be considered include:

- What is the complexity of the product/part/assembly and is it practical to consider sampling and testing at the homogeneous material level?
- Which substances are restricted?
- What are the allowable limits for these certain substances?
- Are there appropriate exemptions for the certain substance?
- Is a bill of materials available for the components/assemblies/materials in the product?
- Are specifications/drawings of the components available?
- What is the depth of the supply chain for the components and materials in this product?
- Are material declarations for this product available?
- Is there any previous experience evaluating this product or similar products that could be helpful?

- Is there any published probability of the presence matrices for the materials or parts used in this product?
- Was any screening (e.g. X-ray fluorescence) previously performed on this product or similar products that could be helpful?
- Is there any information regarding the manufacturing process of materials/components (metal making or IC production) used in this product or similar products that could be helpful?
- Are there any perceived process controls present at the component or material suppliers (e.g. level of trust in the manufacturer)?
- Is there any history of concern with the component or material supplier?

The answers to these questions and other characteristics will influence the sampling strategy. The organization's position in the supply chain will determine what extent of sampling is appropriate. Release for production of products/components etc. requires a more in-depth sampling strategy than an occasional verification check on specifications. In order to optimize costs and efficiency, the desired outcome of the testing needs to be understood. As previously stated, it is often impractical to sample and test all components/materials. An organization is left to determine the optimum balance of effort/costs against effectiveness of the sampling strategy. Some considerations to minimize sampling/testing efforts and costs are listed below:

- homogeneous materials with a low probability of containing certain substances (less likely to contain restricted substances hence pose a lower risk of non-conformity if not tested, see Annex B);
- applicable exemptions for certain substances (the presence of certain substances would not affect conformity);
- material declarations;
- historical test data (evidence for the probability of containing certain substances);
- composite sampling and testing (covers several materials in a single test, but other factors shall be considered, see 5.7.3 and Annex C);
- minimum sample size necessary to run analytical tests and the number of samples necessary to determine whether or not it's practical to test.

The sampling strategy will depend very much on the ultimate objective of analysis. One strategy (perhaps used by enforcement authorities) is an analysis to verify if the product contains at least one certain substance exceeding the allowable limit. This approach involves gradual, selective sampling, targeting deliberately those parts of the product that are either known, or are likely to contain certain substances. Each sampling phase could be followed by analysis. If the results show no certain substances above the allowable limit, a further stage of sampling and analysis could be performed. Once the test results exceed the allowable limit for at least one certain substance in any part, the product as a whole is deemed non-compliant and no further sampling and analysis are necessary. Annex B provides a list of components which currently have a probability of the presence of one or more of substances of concern.

Another strategy is to prove total compliance of the product, as far as possible down to the homogeneous material level. This approach would be typical for the product or component manufacturer. Samples would be prepared from each individual material or component. As the objective is to cover all components and materials in a product/assembly, other routes may be used to gather information on a product level. In the downstream supply chain process documentation and/or analysis reports may exist that would reduce the effort required in sampling and analysis.

Once the objective of the analysis has been defined, feasibility of the testing is performed (e.g. is the sample mass/size/volume sufficient?). Further sampling and disjointment may be necessary, where a choice can be made to either completely disjoint or only select materials

with a high probability of containing certain substances. Table B.1 is used to assist in the identification of these components and materials.

If testing is appropriate, the relevant testing procedure shall be followed. Where certain substances are present in the product/part there may be an applicable exemption (some examples are given in Table B.1).

Following the flowchart in Figure 1 is an iterative process, retrieving samples at an ever deeper level. How far this process is pursued will depend on the objective of the sampling strategy. After the screening steps, further analytical testing is undertaken as necessary.

5 Sampling

5.1 Introductory remark

This standard only provides general sampling guidelines, which are intended to form the basis of the sampling strategy appropriate to the electrotechnical product.

Before sampling, the following questions need to be addressed:

- a) Based on available knowledge of the product, can any sections/parts be identified that are likely to contain certain substances (see Annex B)?
- b) Is it practical to analyse any of these sections/parts without disassembly?
- c) Can the section/part selected be regarded as homogeneous material for the purpose of the analysis?
- d) Is the section/part selected for analysis representative?
- e) Does the sample selected fulfil the criteria of minimum mass, area, thickness or volume required by the chosen analytical methods?

The answers to these questions will determine the sampling strategy and the extent of disassembly and disjointment, if any, required to provide representative samples that are homogeneous and of sufficient quantity to permit a valid analysis.

Whenever possible, sampling shall be performed by stages of minimal disassembly and disjointment. Each stage is followed by an assessment of its effectiveness (see the flowchart in Figure 1), typically by screening analysis (see IEC 62321-3-1 and IEC 62321-3-2). Depending on the results of the assessment and objectives of the analysis, further disassembly, disjointment and sampling shall be performed, as required, especially for verification analysis of the product's components and materials. This approach offers the least expensive, fastest and the most efficient means of analysis, especially when undertaken on the finished product.

The numerous types and diversity of electrotechnical products make it impractical to provide detailed sampling strategies for each one. Instead, procedures covering five increasingly destructive levels of sampling are described.

Annex A provides generic sampling flowcharts based on Figure 1 for certain characteristic electrotechnical products: DVD player, CRT tube, LCD TV set, PDA/phone and a desk fan, along with two components, a thick film resistor and SMD potentiometer.

Annex D lists some commonly used disassembly and disjointment tools.

When determining certain substances it is strongly recommended to ensure that the tools used are free from the substances of interest to avoid possible contamination.

Annex E gives examples of the disassembly and disjointment, covering for two types of mobile phone, along with the disjointment of various small electronic components, in particular integrated circuit lead frame and ball grid array (BGA) packages.

5.2 Complete product

Sampling of the complete product is the first, non-destructive step in the iterative sampling strategy where representative parts of the product can be analysed in their present form without disassembly or disjointment.

However, "complete product" is a relative term. For example, an AC power cord is a complete product for its manufacturer, but it may be just a component in a TV set. Complete products may be evaluated without disassembly if they have a very simple construction, or if the locations of expected certain substances are known and it is possible to test for them without disassembly. Examples of such products are power cords, printer or other peripheral cables, equipment housings, etc.

NOTE Even a seemingly simple product such as a power cord may be composed of perhaps 10 to 20 different homogeneous materials.

5.3 Partial disassembly

The product is disassembled down to its major components and subassemblies and tested non-destructively, where possible. See Annex E.

5.4 Complete disassembly

Complete disassembly separates all components as far as possible, while still permitting reassembly to give an operational product. See Annex E.

5.5 Partial disjointment

Frequently, the detailed analysis of a complete electrotechnical product for certain substances requires disassembled subassemblies and components to be further separated by disjointment. However, it is often impractical for such products to be disjointed completely into their constituent homogeneous materials. Hence sampling and partial disjointment of subassemblies and components shall focus on those parts with a high probability of containing certain substances (see Table B.1). When considering the locations from which samples can be obtained for analysis, it is important to understand the structure and materials of these items and the possible locations of certain substances within them.

After disjointment, the separated subassemblies and/or components will not be able to be reassembled into an operational state.

Subassemblies and components form discrete parts within complete electrotechnical products such as mobile phones, televisions, personal computers, refrigerators, etc., of which typical examples are

- populated printed wiring boards (PWBs),
- resistors,
- capacitors,
- semiconductor packages (ICs),
- transformers,
- molded connectors,
- heat sinks,
- connecting cables, etc.

5.6 Complete disjointment

The objective of complete disjointment is the complete separation of all components into their homogeneous materials. Generally, this is not practical because “complete disjointment” extends only as far as the separation of components into their homogeneous materials as far as the available tools and techniques permit.

Before attempting the “complete disjointment” of complex components into their homogeneous materials, professional experience, skill and non-destructive analysis can help to determine their internal structure and materials. This can be achieved by

- professional knowledge,
- technical documentation,
- analysis by means of X-ray fluorescence (XRF) screening.

The XRF method is very helpful in identifying the materials present in advance of disjointment, especially when the structure of the sample is unknown. As always, caution shall be exercised when interpreting the results.

5.7 Considerations of sampling and disjointment

5.7.1 Introductory remark

In 5.3 to 5.6 disassembly and disjointment were discussed from the high level down to the detailed level. At the detailed level, certain difficulties become apparent. In theory, sampling to the homogeneous level could continue down to the nano-scale. In practice, however, such sampling is at best very difficult or unacceptably time-consuming. Test method detection limits are dependent on sample masses, sizes or volumes. Testing below these masses, sizes, or volumes can render the test method unsuitable to confirm the presence or absence of a given substance below the allowable level.

Sampling and analysis of certain substances at the homogeneous material level are often difficult and a proper understanding of the basis of interpretation is crucial, particularly when dealing with composite samples.

5.7.2 Sample size required

Based on practical experience the following minimum sample amounts are recommended for analysis:

- IEC 62321-3-1
 - Strongly dependent on the instrument, geometry and material. For polymers and aluminium samples, a depth of several millimetres may be required, whereas for other metals the thickness can be approximately 1 mm or less.
- IEC 62321-3-2
 - 10 mg for < 10 mg/kg minimum detection limit (MDL)
- IEC 62321-4
 - 0,5 g for < 5 mg/kg minimum detection limit (MDL)
- IEC 62321-5
 - 0,5 g for < 50 mg/kg MDL
 - 1 g for < 5 mg/kg MDL
- IEC 62321-6 [5]
 - 100 mg for < 100 mg/kg MDL per congener group
- IEC 62321-7-1 [6]

- 50 cm² for < 0,02 µg/cm² MDL for chromate coatings on metals
- IEC 62321-7-2 [7]
 - 2,5 g for < 15 mg/kg MDL for polymers and electronics.

Certain materials have matrices which may fall outside these parameters. Samples with high concentrations will require dilution which can increase MDLs.

For small components, it is often impractical to obtain enough sample mass to conduct analytical testing. For illustrative purposes, Table 1 summarizes how weights in a typical industry lead frame material declaration report as well as the minimum sample size of IEC 62321 test methods are used to calculate a minimum number of samples that would be required to collect sufficient sample mass for analytical testing. The technical assumptions for the calculations are also shown in Table 1.

Table 1 – Minimum number of lead frame samples required for analytical testing

Material layer	Weight of material per unit /mg	Number of units required for Pb/Hg/Cd analysis ^a	Number of units required for Cr ⁶⁺ analysis	Number of units required for PBB and PBDE analysis
Bond wire ^{b,c,d,e,f}	1,7	368	N/A	N/A
Die attach ^{b,c,d,e,f}	0,7	893	N/A	179
Lead frame ^{b,c,d,e,f}	42,0	15	N/A	N/A
Lead frame plating ^{b,c,d,e,f}	0,6	1 042	Unknown	N/A
Mould compound ^{b,c,d,e,f}	52,9	12	N/A	3
Silicon die ^{b,c,d,e,f}	6,0	104	N/A	N/A
Assumptions ^a The same test method is used for the 3 elements and the concentrations can be obtained from one sample. This is used for illustrative purposes to demonstrate sample sizes. However, according to Table B.1, Hg and Cd would not be expected in lead frame component. If more than one substance is required for analysis, then the number of units required is the sum of the number of samples required for the individual substance. ^b Minimum sample weights are specified in the IEC 62321 series. ^c 20 % volume (weight) loss due to sample preparation. ^d It is technically possible to separate each material layer without contamination. ^e 100 % of each material can be collected from each layer. ^f Not applicable to substances that are not expected to be present in the material layer (see Table B.1).				

Table 1 shows that theoretically 15 samples are required for lead testing of the lead frame material layer. However, as discussed in Annex E, the actual number of samples required to obtain sufficient mass from the lead frame layer in a lab environment was closer to 30 – 35 samples. This was because the entire lead frame layer could not be collected from each unit as the mechanical disjointment process had to prevent cross-contamination of other material layers. (There is no need to analyse for hexavalent chromium as the legs of an IC are at very low risk of containing hexavalent chromium.) Therefore, the numbers presented in Table 1 shall be viewed as the "best case" or "theoretical minimum".

Based on the above recommendations, to run all six of the certain substance tests per the IEC 62321 series requires a minimum sample mass of 3,6 g. However, depending on the material, there may be as much as a 20 % loss during the mechanical sample preparation (see Clause 7) before testing. Therefore, $3,6/(1 - 0,2) = 4,4$ g could be the actual minimum sample amount to be obtained from the parts or components to analyse for all six given substances. Flame retardants are not typically used for metallic material layers, so for the analysis of only these materials the minimum sample size can be reduced to $3,5/(1 - 0,2) = 4,4$ g.

As the number of samples required for testing increases, so does the risk that the component population will not be identical. The components may come from different lots, and/or their materials may differ, even if the part number and/or performance and/or specification remain the same. Consequently, the analytical result could be a misleading mean of the samples tested (diluting high levels of a certain substance in only a few of the samples) or even be inconclusive.

Hence, sampling large numbers of small components, such as those shown in Table 2 and the lead frame example in Table 1 can make definitive analytical testing very difficult. For example, can the material collected for analysis be considered a homogeneous material? Are the samples used identical to each other? What criteria are used to assess the uniformity of the component's lot?

5.7.3 Sample size versus detection limit

There is an inverse relationship between sample size and detection limit. As the amount of material available to analyse decreases, the method detection limit of a given substance increases.

The disjointment process becomes progressively more difficult as the size of the components decreases. However, size is not always the limiting factor. For example, it is more difficult to disjoint a 10 mm³ IC than a 4 mm³ varistor. Due to the difficulty of disjointing small parts, it is helpful to specify a minimum size beyond which disjointment is no longer required. Components smaller than this minimum size are pulverized and the resultant material analysed and treated as a "homogeneous material" for technical limitations of sampling and analysis, even though it is actually a composite of several homogeneous materials. In this case the detection limit issues discussed in Table 2 become important. It should be noted that setting a minimum sample size at a certain level does not solve certain basic issues related to sampling and analytical testing.

In cases where the disjointment is continued to the smallest homogeneous material, the amount of material which is required for analysis is determined by the minimum sample quantity required for a particular analytical method, which is related to the sample type, sample preparation technique (see Clause 7) and the analytical method. For example, when testing for lead in polymers by ICP-MS using dry ashing as the sample preparation procedure a 0,02 g sample is required for a 1 mg/kg reporting limit, or when using ICP-AES 0,2 g sample is required for a 5 mg/kg reporting limit.

In general, every combination of matrix, sample preparation technique and analytical method will have a minimum sample size required to achieve a particular reporting limit. As the size of the sample is reduced, the reporting limit increases until, using ICP-AES, at 0,02 g sample size the reporting limit has increased to 50 mg/kg. It is important to understand the relationship of sample size and reporting limit for the matrix, sample preparation technique and analytical method used to determine a certain substance.

5.7.4 Composite testing of disjointable samples

When testable material is limited and difficult to obtain, it is particularly important to be aware of the probability of the presence of a certain given substance so as to avoid unnecessary testing (see Table B.1). Ignoring these considerations could lead to false positive results. For example, metals do not need to be tested for flame retardants. However, when collecting leads or balls of ICs, a small amount of moulding compound can remain attached to the metal, providing a source of flame retardant. Such cross-contamination is virtually unavoidable and needs to be taken into consideration.

Therefore, sampling that results in a test specimen consisting of multiple homogeneous materials ("a composite") may test positive for one or more given substances. When results are expressed in mg/kg of the mixed composite sample, they may be found to be under the allowable limit. This mechanism is illustrated in the hypothetical case of Table 2. When expressing the concentration of the total composite material this can be below the tolerable

level (e.g. 1 000 mg/kg), while the results on the basis of the homogeneous material may well exceed the tolerable level. An example of such a situation is depicted in Table 2, where material A contains a significant level of lead (Pb) which is diluted in the overall lead result of the mixed composite sample. Further considerations for composite samples are covered in Annex C.

Table 2 – Levels of a certain substance in a composite sample

Homogeneous material	Mass fraction %	Pb concentration mg/kg	Pb concentration in the composite sample mg/kg
A	25	1 200	300
B	25	600	150
C	20	0	0
D	15	0	0
E	15	40	6
Total for the composite sample	100		456

5.7.5 Non-uniform “homogeneous materials”

There is an inherent conflict within the definition of homogeneous material for those parts or components that cannot be mechanically disjointed, but do not have a uniform chemical composition. As mentioned above, it may be necessary to homogenize such samples and treat them as a single “homogeneous” material for testing purposes. However, far more knowledge of the component’s structure and materials is required to obtain valid analytical results.

When the component is prepared (e.g. ground into a powder) and tested as a single sample the analytical result will be the mean level of certain substances present with respect to the entire mass of the sample tested. Difficulties arise when both restricted and non-restricted forms of the same substance co-exist in the sample. This is shown in Figure 2 for a resistor that cannot be mechanically disjointed, but contains lead in restricted (lead-based plating, upper cross-section) and exempt (lead oxide (PbO) glass, lower cross-section) applications. The composite sample from this non-disjointable component cannot distinguish between the different sources of lead. Hence it is not possible to determine the lead concentrations in each of the homogeneous materials by testing the resistor as a composite sample. In essence this holds true for several sizes of components that cannot be mechanically disjointed.

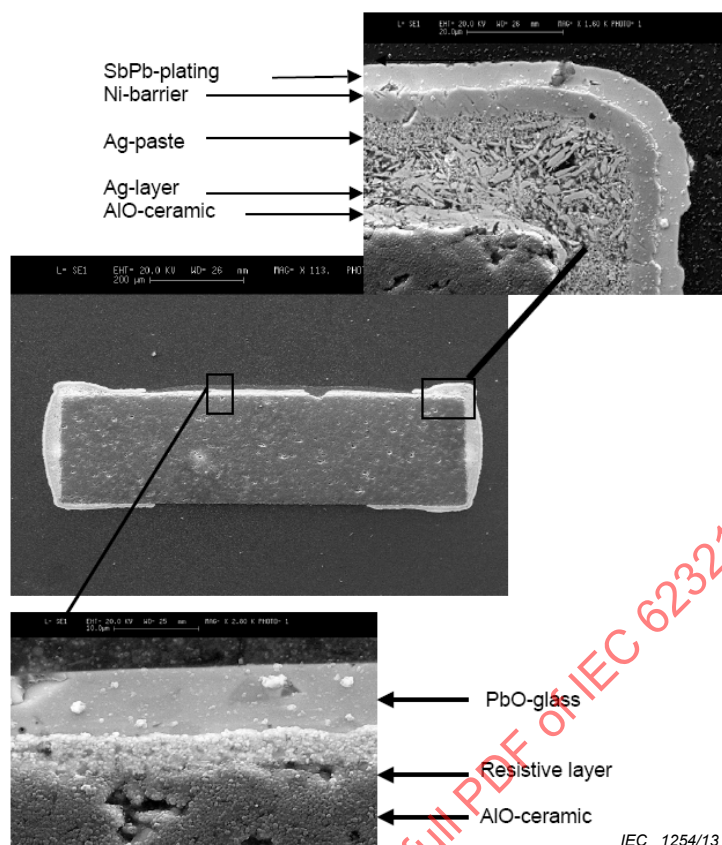


Figure 2 – Cross-section of a 900 µm wide lead oxide-based resistor (SMD)

Where several substance restrictions apply to a single component at the homogeneous material level, perhaps based on their specific application, the individual homogeneous materials shall be analysed separately, which can be challenging in practice.

Strategies need to be developed to address these challenges, particularly as electrotechnical products continue to shrink in size and grow in complexity, while the number of certain substances increases and the permitted limits fall. Screening techniques are used to gather more information on the certain substances, and it may be possible to analyse materials in-situ as a cross-section, as shown in Figure 2 (see IEC 62321-3-1 and IEC 62321-3-2). However, it remains difficult to distinguish between exempt and restricted forms of the same substance.

5.7.6 Determination of sampling position of homogeneous materials

Although commercial “homogeneous” materials share the same physical or chemical properties, their compositions are not always completely uniform. If the sample mass required for testing is not more than half of the available mass of the material, sampling shall be made at several locations. For example, sampling positions shall be selected from different areas, including at least one geometric centre and the ends of two diagonals.

6 Conclusions and recommendations for sampling

The strategy and process of sampling are critical preliminary steps in the valid analysis of certain substances in electrotechnical products. The quality of analytical results and specifically their representativeness of the analysed sample are directly affected by the sampling technique. Selection of the sampling strategy depends on the substance(s) to be determined, their allowable limits, the basis on which the restrictions are applied and possible exemptions. Other important factors are the complex structure of electrotechnical products,

the small size of their components, diverse material content, batch-to-batch variations, depth of the supply chain and the analytical test method. These considerations are discussed in detail in Clause 4, concluding that the selection of the sampling strategy is driven by the objectives of the analysis, which shall be born in mind.

A generic, iterative procedure for sampling is described in Figure 1. Given its iterative nature, there is no single, universal approach. The entity performing the sampling shall determine which and how many iterative levels of disassembly and disjointment are necessary to meet the objectives of the analysis. Each iteration is followed by an assessment of the extent to which these objectives have been met. The many examples in Clause 5 and Annexes A and E (see also IEC 62321-3-1) show that the proper sampling strategy and intelligent use of analytical techniques can substantially reduce the amount of work required.

This standard illustrates that sampling for the analysis of certain substances in electrotechnical products is often complicated and even impractical when evaluating small complex parts and components. The difficulty stems from the restriction of substances at the "homogeneous material" level, which therefore becomes a key element of sampling. Problems arise when evaluating a sample that is not uniform in composition throughout, yet for practical reasons cannot be mechanically disjointed (e.g. the resistor in Figure 2). This scenario illustrates the deficiency of the definition of homogeneous material. Where no further mechanical disjointment is possible, analytical testing alone cannot determine whether the sample complies with certain substance requirements at the homogeneous material level.

It is often impractical to disjoint and test all homogeneous materials in a product or component. Even when it is physically possible, constraints such as time, resources and the amount of material available may be insufficient for a meaningful analysis. To alleviate this difficulty, sampling strategies shall prudently utilize information from material declarations and knowledge of the probability of the presence of a certain substance in a specific material type (see Table B.1). Subclause 5.7 highlights the importance of understanding the limitations of intelligent testing strategies (e.g. testing of composite materials) in order to be able to make effective decisions. These strategies shall also be aligned with the objectives of the analysis.

7 Mechanical sample preparation

7.1 Overview

7.1.1 Field of application

This standard provides strategies on processing selected portions of an item. Common techniques are covered for mechanical size reduction of electrotechnical products, their sub-units or portions thereof, prior to the determination of certain substances.

NOTE Sample handling and preparation for specific analytical methods are addressed in other parts of the IEC 62321 series.

The user shall elect to apply one or more of the approaches, or an equivalent, to create samples suitable for analysis. Selection of the appropriate technique(s) depends on the required particle size for the analytical method to be used. Alternative methods of mechanical sample preparation can be used, provided that the required particle size of the sample is achieved without contaminating or compromising the sample with certain substances.

7.1.2 Quality assurance

Due to the risk of analytical bias resulting from contamination, evaporation of volatile components (e.g. volatilization due to heat) or from loss of material through dust emissions, it is important to select the appropriate equipment and cleaning procedures.

Contamination can be caused by the grinding equipment and any accessories that contact the sample. For the chosen equipment, it shall be known which elements may be released that will contaminate the analysis sample, e.g. cobalt (Co) and tungsten (W) can be released from

tungsten carbide (WC) equipment, and chromium (Cr), nickel (Ni), molybdenum (Mo) and vanadium (V) can be released from stainless steel equipment.

The laboratory shall demonstrate by experiment that a mechanical process does not result in contamination by, or loss of, detectable amounts of certain substances. Similarly, that the procedure employed for cleaning the mechanical sample preparation equipment prevents contamination of the sample with certain substances from the previous sample. For example, processing and analysing certified reference materials and blanks before or after processing a material known to contain significant levels of certain substances may be necessary. Use of certified reference materials is not mandatory. However, the materials used shall have a known regulated substance content to determine that the mechanical sample preparation and cleaning processes do not cause contamination or loss of regulated substances. The effectiveness of the mechanical sample preparation technique shall be continuously monitored by using quality control practices, including matrix spikes or control samples.

7.2 Apparatus, equipment and materials

The following apparatus, equipment and materials are required, subject to the type of material being prepared:

- a) coarse grinding or cutting mill with 4 mm and 1 mm or similar stainless steel bottom sieve;
- b) centrifugal mill with 250 µm tungsten carbide-coated (WC) steel sieve, and a 6-fold WC-coated rotor (for uniform plastic material a 1 mm steel sieve is appropriate). To avoid the risk of introducing impurities during milling, a 1 mm titanium sieve and a steel/titanium sieve rotor shall be used;
- c) “freezer” bladeless cryogenic impact grinder/mill with self-contained LN₂ tub, insulated case, speed control, programmable timer and safety interlock;
- d) homogenizing mixer (e.g. blender);
- e) analytical balance capable of weighing accurately to 0,000 1 g;
- f) brushes (different sizes);
- g) paper;
- h) scissors, heavy plate shears;
- i) glass beaker;
- j) liquid nitrogen (LN₂).

Liquid nitrogen is quite volatile and can cause oxygen deficiency in the area of use, especially if the area is enclosed. The laboratory is responsible for ensuring that the proper safety procedures are followed, and that protective equipment is used during cryogenic grinding.

- k) powder funnel.
- l) gloves;
- m) safety glasses;
- n) polyethylene receptacle (for use with LN₂).

7.3 Procedure

7.3.1 Manual cutting

Manual cutting is suitable for rough cutting and preparation of samples for further reduction by grinding, etc. Recommended maximum sample sizes are listed below, but will depend on the specification of the equipment used in the subsequent preparation processes:

- a) electronics: samples are pre-cut to a size of 40 mm × 40 mm using heavy plate shears (see 7.2 h);
- b) metal sheeting: samples are pre-cut to a size of 40 mm × 40 mm using heavy plate shears (see 7.2 h).

- c) polymers: samples are pre-cut to a size of 5 mm × 5 mm using heavy plate shears or scissors (see 7.2 h). Thin polymer foil shall be cut into small pieces with shears (see 7.2 h).

7.3.2 Coarse grinding/milling

Coarse grinding is suitable for reducing samples to approximately 1 mm in diameter. Cool the samples if needed with the LN₂ (7.2 j). For organic samples, cryogenic milling is recommended. An example of cryogenic preparation is to put the samples in a polyethylene receptacle (7.2 n) to cool with LN₂ (7.2 j). Wait until the LN₂ (7.2 j) has dissipated, plus an additional 10 min thereafter. Grind the samples in the mill (7.2 c) using a 4 mm stainless steel bottom sieve. During grinding, maintain a sample temperature of < -20 °C. Carefully sweep out and collect all particles. Refit the mill (7.2 c) with a pre-weighed 1 mm stainless steel bottom sieve and reprocess the 4 mm material. Carefully sweep out the mill (7.2 c) and collect all particles. Use a 5 min cooling period between grinding cycles.

NOTE It may only be possible to mill metallic materials to a particle size of 4 mm (although 1 mm particles are preferred).

7.3.3 Homogenizing

Homogenizing is suitable for preparing the coarsely ground sample in the mixer prior to further size reduction in the centrifugal mill (7.2 b). Use a container with double the capacity of the amount of powder to be mixed. Set the mixer (7.2 d) to an appropriate speed and mix the powder until it is homogeneous.

7.3.4 Fine grinding/milling

Fine grinding or milling is suitable for reducing samples to <1 mm in diameter.

For organic samples that have no metal parts, cryogenic milling (7.2 c) is recommended. Be careful not to allow the LN₂ (7.2 j) to come into direct contact with the powder in order to prevent spattering and sample loss, e.g. by using a polyethylene receptacle (7.2 n).

Mill the sample powder with the centrifugal mill (7.2 b). Carefully sweep out the centrifugal mill (7.2 b) and collect all the powder. The collected material shall be sieved to obtain a sufficiently homogeneous portion of known particle size range.

7.3.5 Very fine grinding of polymers and organic materials

This procedure is suitable for the reduction of samples as small as 500 µm in diameter or less. It is not suitable for metal, glass or similar hard and sharp materials.

Between 3 g and 10 g of rough-cut (3 mm to 5 mm sections) are placed in the sample vial so that it is two-thirds to three-quarters full. Add the grinding rod and secure the ends of the vial. Cool the bladeless cryogenic impact grinder (7.2 c) at room temperature for 15 min by filling the reservoir with LN₂ (7.2 j). Place the grinding vials with the samples in the mill (7.2 c) and lock the cover into place. One or more sieves shall be added to ensure a sufficiently homogeneous sample.

Annex A (informative)

Examples of procedures for sampling and disjointment

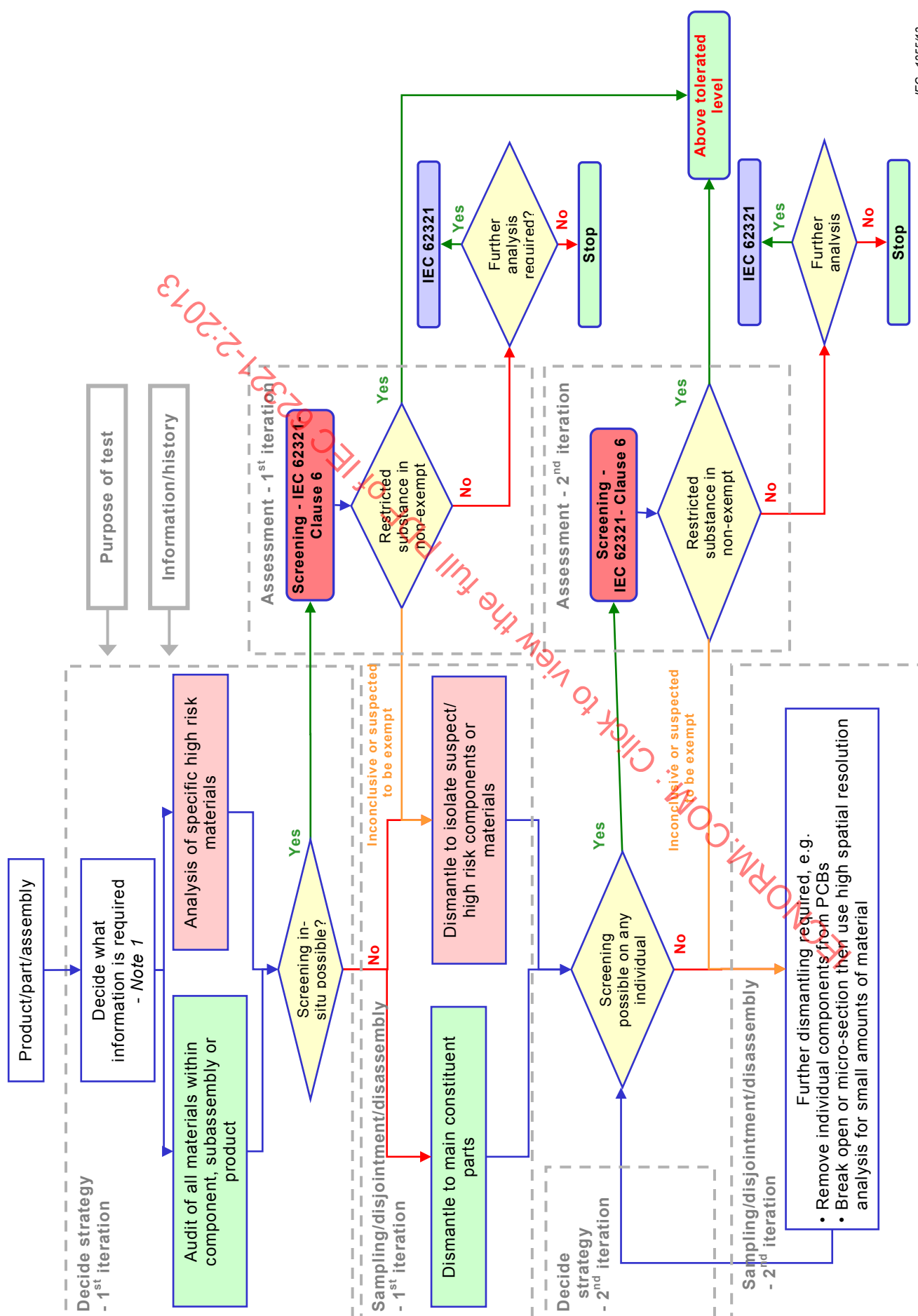
A.1 Introductory remark

This annex provides a detailed generic procedure for sampling and disjointment (Figures A.1, see also Figure 1) along with several worked examples:

- sampling of DVD player (Figure A.2);
- sampling of CRT (Figure A.3);
- sampling of LCD TV (Figure A.4);
- sampling of PDA/phone (Figure A.5);
- sampling of desk fan (Figure A.6);
- sampling of components – thick film resistor (Figure A.7);
- sampling of components – SMD potentiometer (Figure A.8).

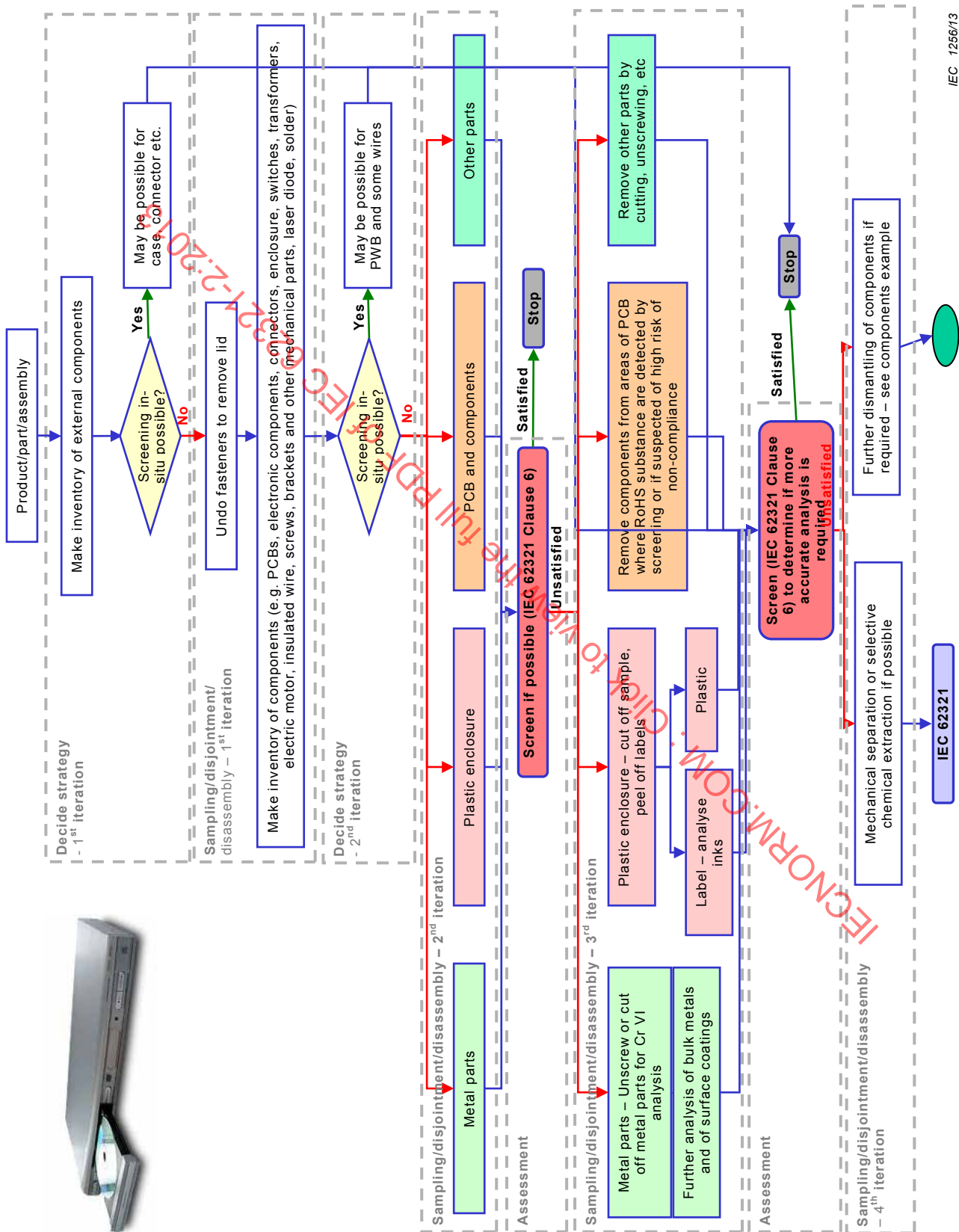
The following points shall be considered in conjunction with the flowcharts.

- a) Analysis can be undertaken for a number of reasons:
 - analysis of a specific material or location (e.g. a manufacturer carrying out an internal audit, a distributor checking areas of the electrotechnical product which have a high probability of the presence of certain substances, an enforcement authority pursuing particular intelligence);
 - screening as part of an incoming goods inspection;
 - the initial stage of a comprehensive review of the whole product.
- b) See Table B.1 for the probability of the presence for certain substances.
- c) Exemptions for some substances in certain applications only apply under particular regional legislation.



IEC 1255/13

Figure A.1 – Methodology for sampling and disjointment



IEC 1256/13

Figure A.2 – Sampling of DVD player

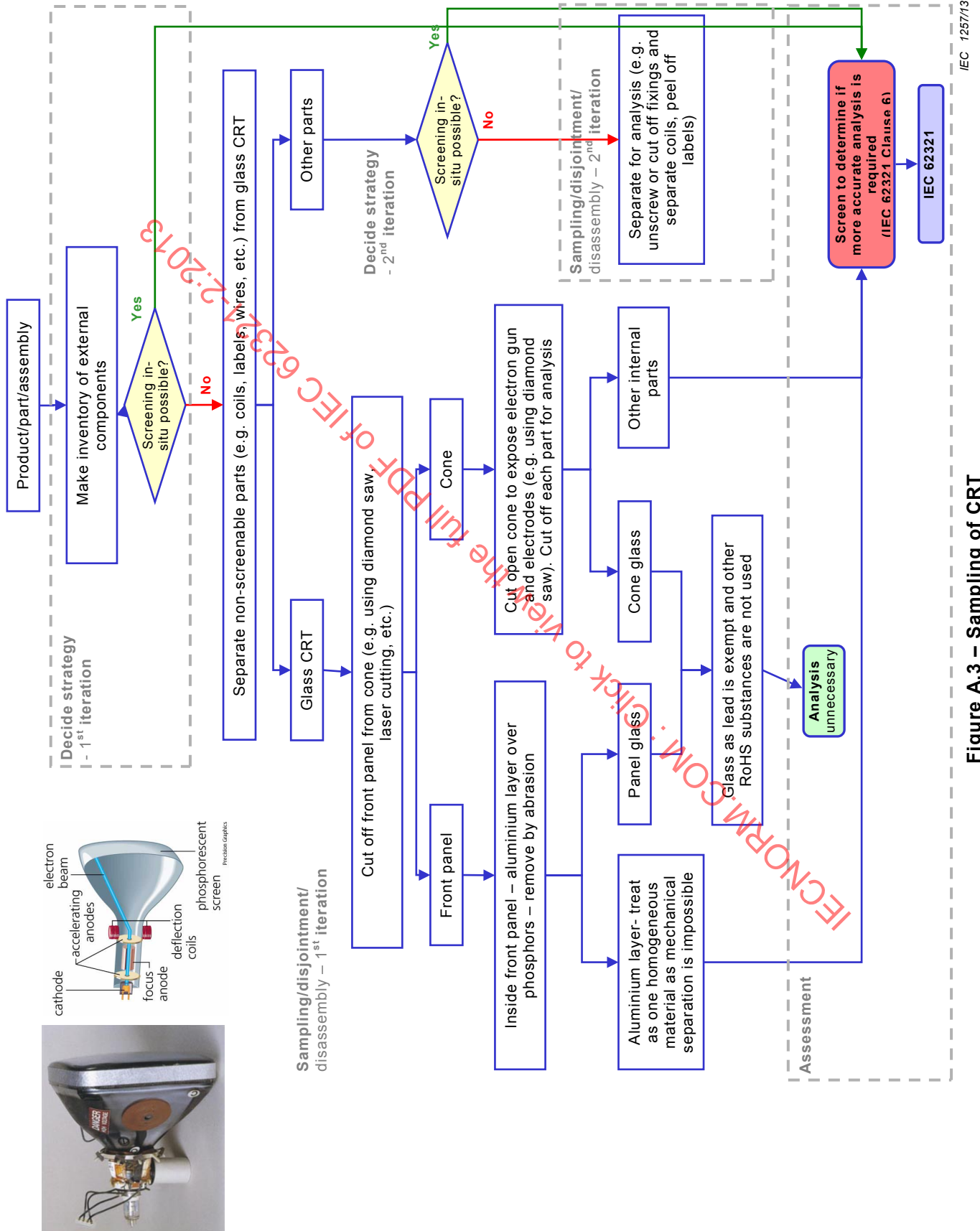


Figure A.3 – Sampling of CRT

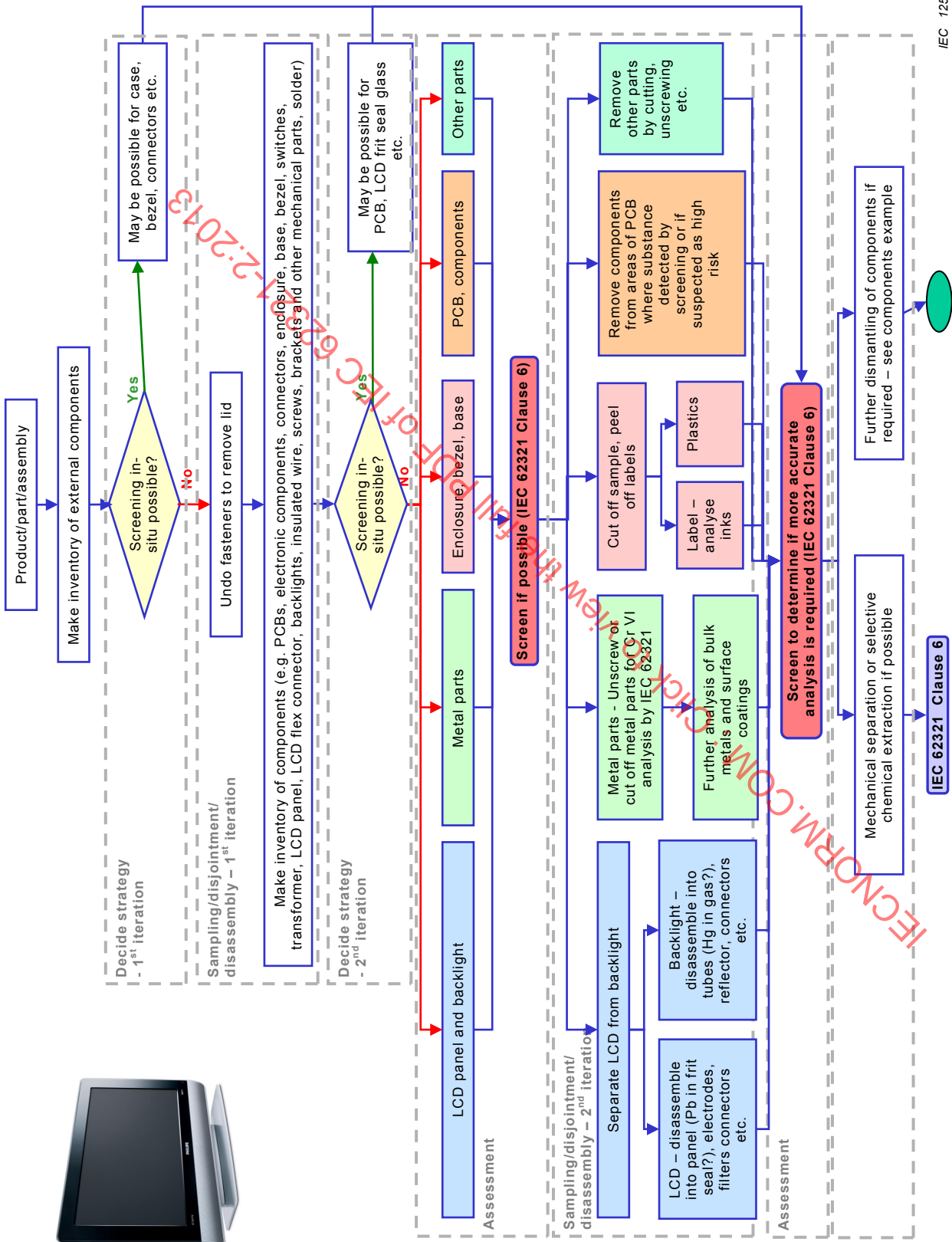


Figure A.4 – Sampling of LCD TV

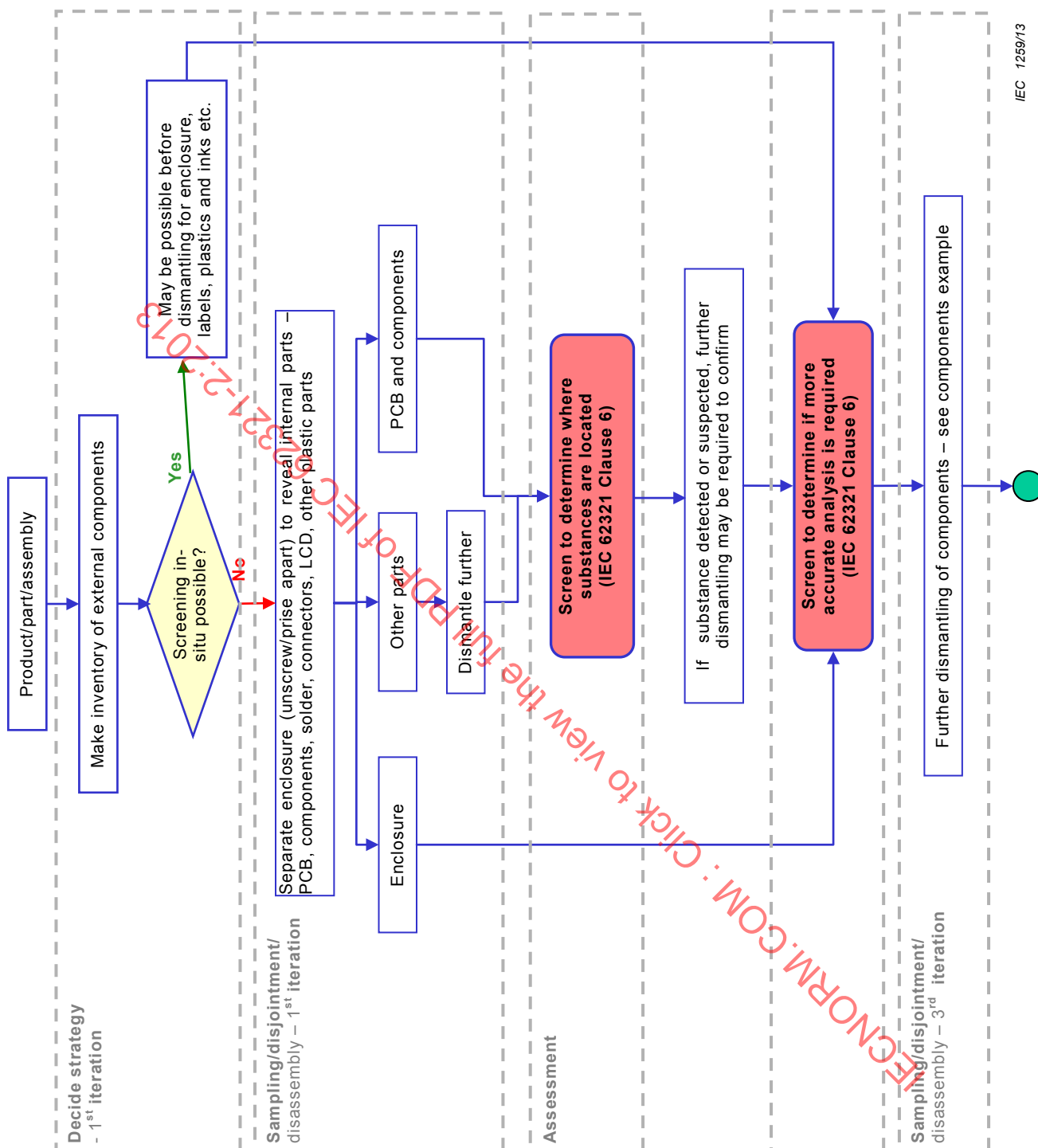


Figure A.5 – Sampling of PDA/phone

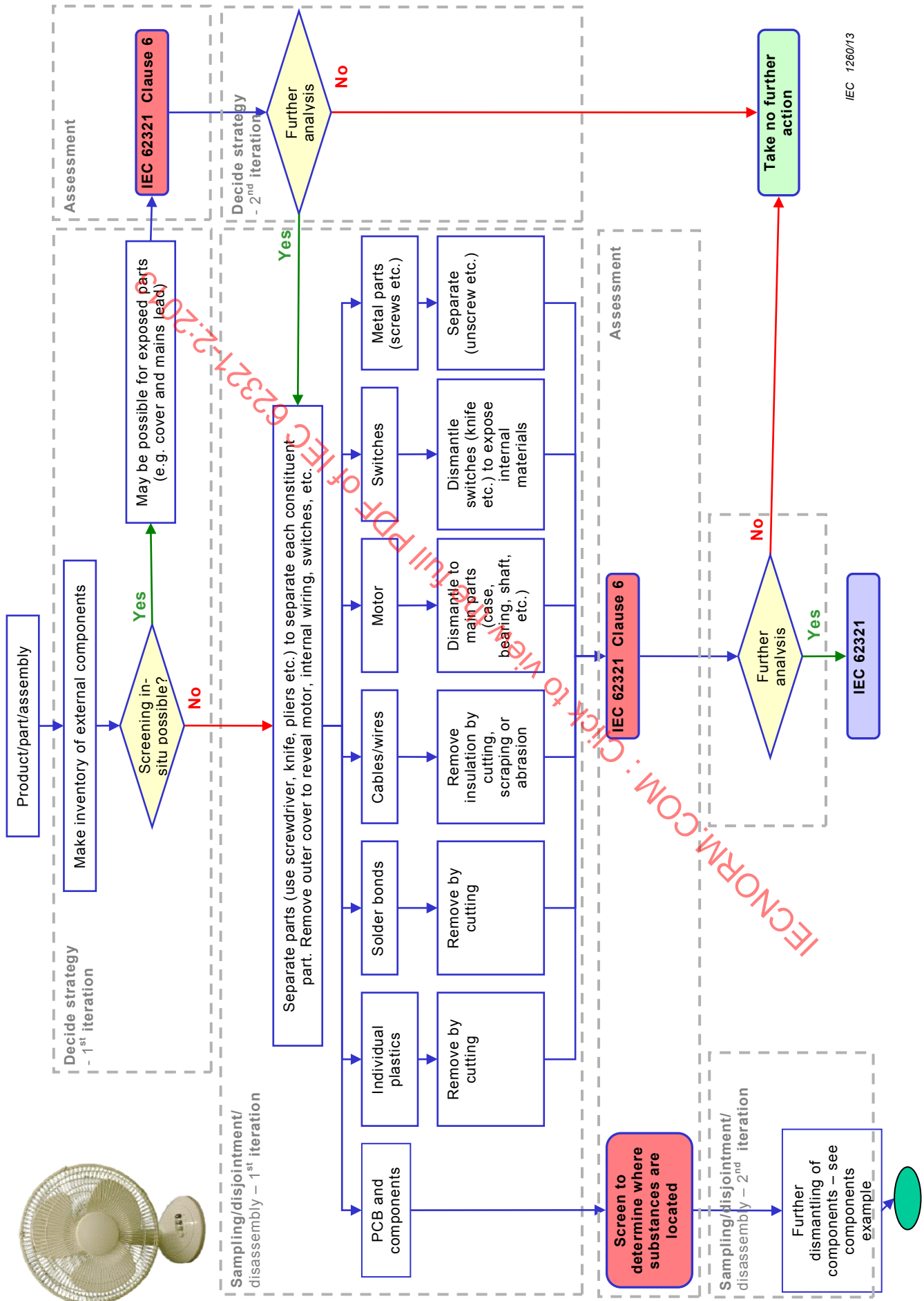


Figure A.6 – Sampling of desk fan

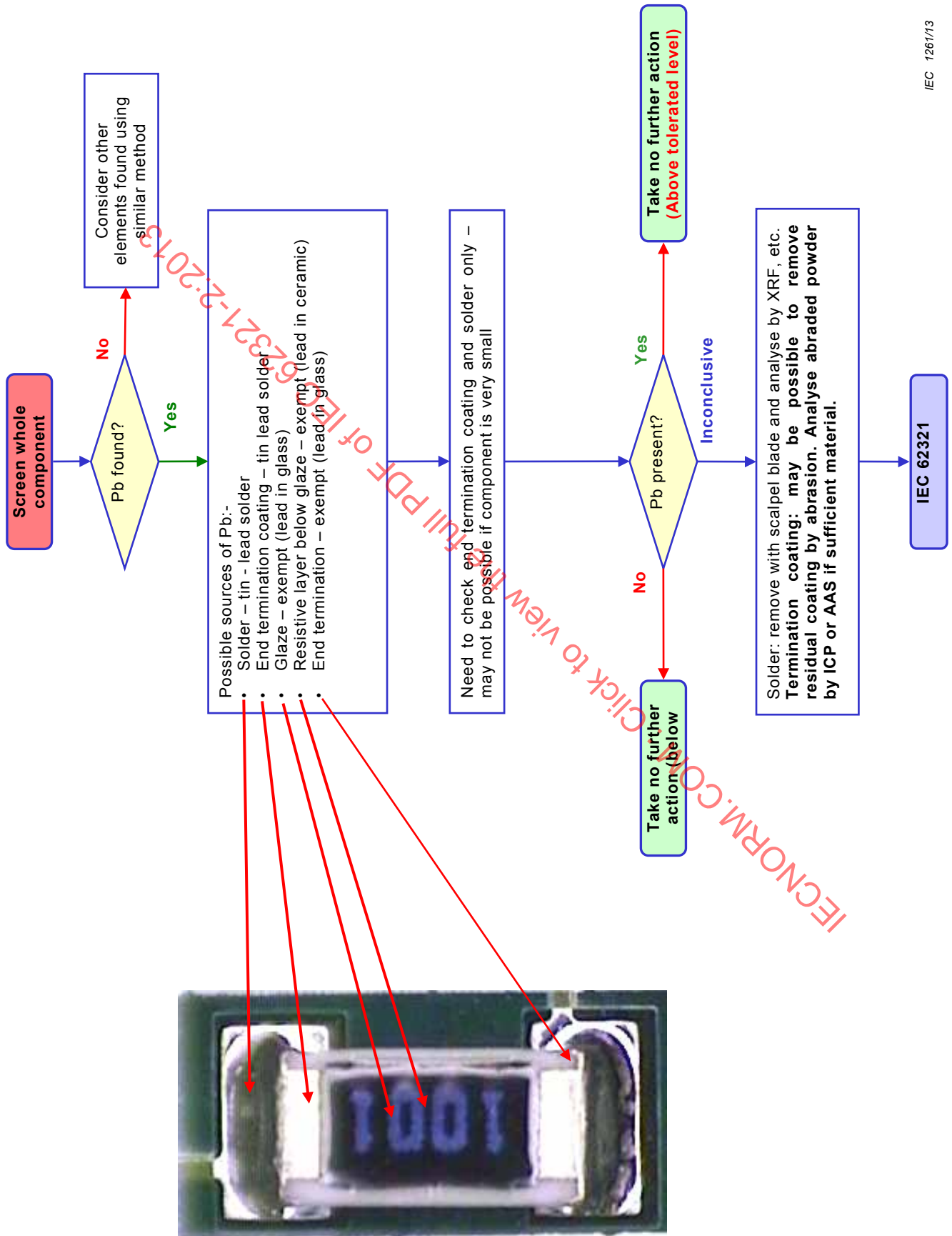


Figure A.7 – Sampling of components – Thick film resistor

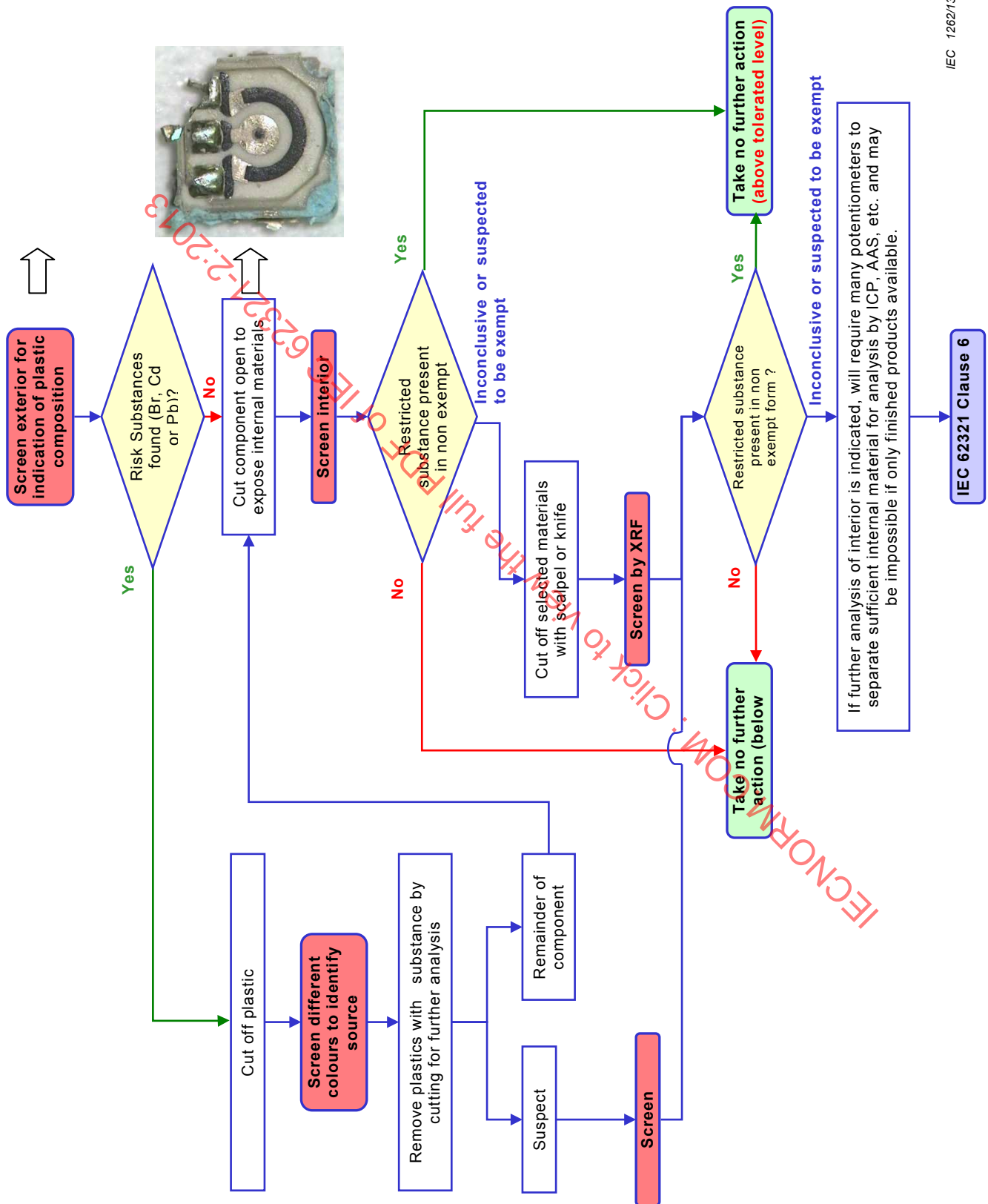


Figure A.8 – Sampling of components – SMD potentiometer

Annex B (informative)

Probability of the presence of certain substances

B.1 Introductory remarks

Many electrotechnical products contain a large number of different types of materials and substances. Thus, having knowledge of the presence or absence of certain substances in the components and materials of electrotechnical products would be advantageous for compliance verification, since it would allow for optimization of the sampling and analysis as described in Annex A. Having an understanding of the following can provide guidance in the correct sampling and testing approach:

- the function of a substance in a material set;
- the chemical compatibility of a substance in its matrix material;
- the chemical transformations that occur during processing/manufacturing of a substance/material;
- and other considerations.

Efficiencies are gained by eliminating testing for substances that are known to be absent in a particular material or component e.g. PBB/PBDE flame retardants in metal components. Materials and components that have a higher probability for the presence of certain substances would generally require more frequent and extensive analysis.

Table B.1 provides an overview of the typical materials and components in electrotechnical products with their probability for the presence of six substances of concern. It provides an initial indication of the relevant areas for sampling. This table is not intended to be exhaustive, since new materials are constantly being introduced as a result of technology and product innovations.

**Table B.1 – Probability of the presence of certain substances in materials
and components used in electrotechnical products (1 of 3)**

Components and materials	Certain substances ^a						Number of homogeneous materials ^b	Remarks
	Hg	Cd	Pb	Cr (VI)	PBBs	PBDEs		
Mechanical parts								
Framework – metal							1	Unpainted
Housing – plastic	L	L	L	L	L	M	1	
Power cord/cable	L	H	H	L	L	M	>1	
Thick film sensor	L	H	M	L	L	M	>1	
Heat sink	L	L	L	L	N/A	N/A	1	
Screw, washer, fastener – metal	L	M	M	H	N/A	N/A	1 and >1	Some are coated, e.g. black and yellow chromate
Glass – CRT, lamp glass-to-metal seal	L	M	H	L	N/A	N/A	>1	Pb in glass could be exempted
Phosphorescent coating (e.g. CRT)	L	H	L	L	N/A	N/A	>1	

Table B.1 (2 of 3)

Components and materials	Certain substances ^a						Number of homogeneous materials ^b	Remarks
	Hg	Cd	Pb	Cr (VI)	PBBs	PBDEs		
Printed wiring board (PWB)								
LCD panel/screen	H	L	H	H	L	L	>1	
Plasma panel/screen	H	L	H	H	L	L	>1	Pb in glass could be exempted
Lamps, back light	H	L	H	M	N/A	N/A	>1	Hg used in backlights could be exempted
Magnetic head	L	L	H	M	N/A	N/A	>1	
Printed wiring board (PWB)								
PWB substrate/laminate	L	L	L	L	L	N/A	>1	
Connector	M	L	H	L	L	H	>1	
Capacitor – electrolytic	L	M	H	L	L	M	>1	
Capacitor – chip-type	L	M	M	L	L	M	>1	
Resistor – IMT-type	L	M	H	L	L	L	>1	
Resistor – chip-type	L	H	M	L	L	L	>1	
Diode	L	M	M	L	L	L	>1	
Fuse	L	M	H	L	L	L	>1	
Solder (process and hand soldering)	L	M	H	L	N/A	N/A	1	
Glue (red and white)	L	L	M	L	M	M	1	Used to fix components
Component termination coating	L	H	H	L	N/A	N/A	1 and >1	
Component mouldings	L	L	L	L	L	H	1 and >1	
Integrated circuit (IC) and BGAs	L	L	H	L	L	L	>1	
Relay – mercury	H	L	M	L	L	L	>1	
Relay – electromagnetic	L	H	M	L	L	L	>1	
Switch – mercury	H	L	M	L	L	L	>1	
Switch – mechanical	M	H	M	L	L	L	>1	
Thermostats	H	M	M	L	L	L	>1	
Flame sensors	H	M	M	L	L	L	>1	
Thermal imaging semiconductors	H	M	M	L	L	L	>1	
Transformer (LOT)	L	M	H	L	L	M	>1	
Accessories								
Remote controls	L	H	H	L	L	L	>1	
External cable (e.g. SCART, USB, cinch)	L	H	H	L	L	L	>1	
External power supply	L	H	H	L	L	M	>1	

Table B.1 (3 of 3)

Components and materials	Certain substances ^a						Number of homogeneous materials ^b	Remarks
	Hg	Cd	Pb	Cr (VI)	PBBs	PBDEs		
Materials								
Paint, ink and similar coating	L	H	H	M	L	L	1	
Adhesive			M		L	M	1	
Polyurethane – high gloss	H	M	M	L	L	M	>1	
Polyvinyl chloride (PVC)	L	H	H	M	L	M	1	
Styrene, polystyrene (PS-HI), ABS, polyethylene (PE), polyester	L	M	M	L	L	H	1	
Rubber	L	M	M	L	L	M	1	
Plastics – other	L	M	M	L	L	M	1	
Colorants (all plastics) red, orange, yellow, pink, green	M	H	H	H	N/A	N/A	1	
Metal	L	M	H	H	N/A	N/A	1 and >1	
Steel – other	L	L	L	H	N/A	N/A	1	
Steel – free-machining	L	L	H	L	N/A	N/A	1	
Copper alloy	L	H	H	L	N/A	N/A	1	Pb in metal could be exempt
Aluminium alloy	L	L	H	L	N/A	N/A	1	Pb in metal could be exempt
Metallic chromium plating	L	L	L	L	N/A	N/A	>1	
Zinc coating	L	H	H	H	N/A	N/A	>1	
Other metallic coatings	L	H	L	H	N/A	N/A	>1	
Glass – other	L	M	H	M	N/A	N/A	U	Pb could be exempt
Ceramics	L	M	H	L	N/A	N/A	U	Pb could be exempt

NOTE This table should be used as guidance to assist in selecting components/materials for testing that have a high probability of containing a certain substance. Not every part listed in this table requires testing and not every “high” probability substance is intended to be tested. See 4.3 for additional guidance on sampling strategy (e.g. Table 2). It is very important to identify any applicable exemptions before beginning testing to ensure an accurate interpretation of the analytical results and avoid any unnecessary follow-up testing.

- ^a L Low probability – No historical use of the certain substance.
M Medium probability – Historical use of the certain substance, but alternative substances are currently used.
H High probability – Historical use of the certain substance for which there are no known alternatives, or alternatives are not commonly used.
N/A Not applicable.
- ^b 1 One homogeneous material.
>1 Two or more homogeneous materials.
U Unknown.

Annex C (informative)

Composite testing and sampling

C.1 Introductory remarks

As discussed in 5.7.3, composite testing of a product made up of several different parts and/or material layers may be used as an effective screening technique. Under certain circumstances this technique can allow for a more efficient utilization of samples for cost savings by elimination of superfluous testing. There are two approaches that can be taken:

- a) calculating the maximum sample concentration based on the analytical detection limit of the method used;
- b) calculating the required analytical detection limit to ensure that a substance is below a certain concentration level in a sample.

The first approach estimates the amount of an analyte that could be present, but would not be detected because it was diluted below the detection limit as a result of compositing.

C.2 Calculated maximum concentration for a composite sample based on detection limit

This first example is based on the following presumptions:

- the component/part contains four different homogeneous materials (weighing a total of 18 mg);
- only the smallest contributor to the composite (material A) contains certain substances, lead (Pb) and cadmium (Cd);
- the method of chemical analysis on the composite sample has a detection limit of 20 mg/kg;
- for chemical analysis, the component/part is first ground to a powder (a homogeneous sample).

Results of "not detected" mean that up to 20 mg/kg of lead and cadmium could be present in the composite sample taken from the component. Based on the worst case (both lead and cadmium are present at 20 mg/kg), the maximum contamination or error of lead and cadmium is calculated (see Table C.1). For the maximum levels of 20 mg/kg for both lead and cadmium in the composite sample, homogeneous material A may contain up to 360 mg/kg lead and cadmium. For lead, this is below the allowable limit of 1 000 mg/kg. However, for cadmium the maximum allowable limit of 100 mg/kg may be exceeded.

The conclusion for this composite sample is that further analysis is needed for cadmium to determine if it meets the requirements.

NOTE Composite testing is only a screening method.

Table C.1 – Calculated maximum concentration for a composite sample based on detection limit

Material	Weight mg	Percent of total weight of composite sample %	Maximum Pb content (for 20 mg/kg detection limit) mg/kg	Maximum Cd content (for 20 mg/kg detection limit) mg/kg
A	1	6	360	360
B	4	22	0	0
C	5	28	0	0
D	8	44	0	0
Total (composite)	18	100		
Mean (composite)			20	20

In the second approach, the required detection limit is calculated to ensure that particular substance is not present above a certain level.

When a substance is detectable for a composite sample, the concentration of the substance containing in the homogeneous material A can be calculated as follows:

$$C_A = \frac{MDL \times m_C}{m_A}$$

where

- C_A is the concentration of a substance containing in the material A (mg/kg);
- MDL is the detection limit of the method of chemical analysis on the composite sample;
- m_C is the weight of the composite sample (mg);
- m_A is the weight of the material A (mg).

C.3 Required detection limit for a composite sample based on the maximum allowable concentration

This second example (see Table C.2) is based on the following presumptions:

- contamination of the same composite sample used in the example given in Clause C.2 with 1 000 mg/kg lead (Pb) and 100 mg/kg cadmium (Cd).

To verify these levels of lead and cadmium by chemical analysis would require a method with a detection limit of 50 mg/kg for lead and 5 mg/kg of cadmium, as illustrated in Table C.2.

Table C.2 – Required detection limit for a composite sample based on the maximum allowable concentration

Material	Weight mg	Percent of total weigh of composite sample %	Pb content mg/kg	Cd content mg/kg
A	1	6	1 000	100
B	4	22	0	0
C	5	28	0	0
D	8	44	0	0
Total (composite)	18	100		
Mean (composite)			56	5,6
Required detection limit/ mg/kg			56	5,6

The required detection limit for a composite sample can be calculated as follows:

$$MDL = \frac{C_L \times m_A}{m_C}$$

where

MDL is the required detection limit for the composite sample (mg/kg);

C_L is the maximum allowable concentration of a substance containing in the material A;

m_A is the weight of the material A (mg);

m_C is the weight of the composite sample (mg).

Further, it is important to keep in mind that both the detection limits of analytical methods and the concentrations of certain substances have a margin of error and the presence of certain substances can vary within a "homogeneous material" (see IEC 62321-3-1 and IEC 62321-3-2). Therefore it is advisable to include a margin of safety when applying this concept.

Annex D (informative)

Tools used in sampling

Commonly used tools for sampling by disassembly and disjointment tools are as follows:

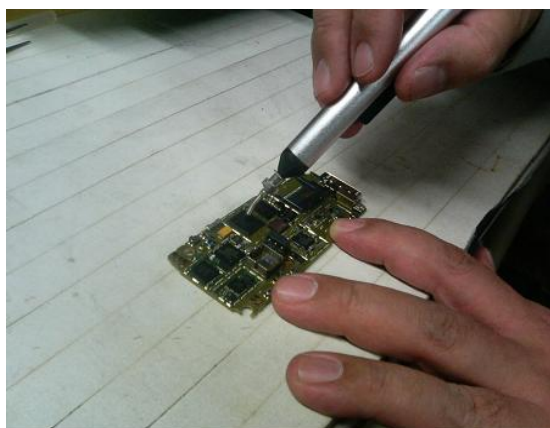
- Soldering iron
- Screw driver (electrical)
- Cable stripper
- Knife/scalpel
- Shears
- Wrenches (open ended/ring)
- Hammer
- Drill
- Solder wick, i.e. wire that sucks up molten solder
- Allen-keys
- End-cut pliers
- Pliers
- Hand saw
- Tweezers
- Plastic bags

Use of a hot gas gun (Figure D.1) and vacuum pin (Figure D.2) are shown below.



IEC 1263/13

Figure D.1 – Hot gas gun for removing the electronic components



IEC 1264/13

Figure D.2 – Vacuum pin to remove the target electronic devices

Annex E (informative)

Examples of mobile phone disassembly and component disjointment

E.1 General

The mobile phone is a compact and complex product containing a large number of small components. Therefore, it offers a good example of how sampling strategies can be developed for other electrotechnical products.

This annex provides the following examples:

- partial disassembly without tools – mobile phone type A;
- partial disassembly with simple tools – mobile phone type B;
- complete disassembly – mobile phone type B;
- partial disjointment – mobile phone type B;
- complete disjointment – examples of disjointment of small electronic components;
- complete disjointment of integrated circuit lead frame package;
- complete disjointment of ball grid array (BGA) package.

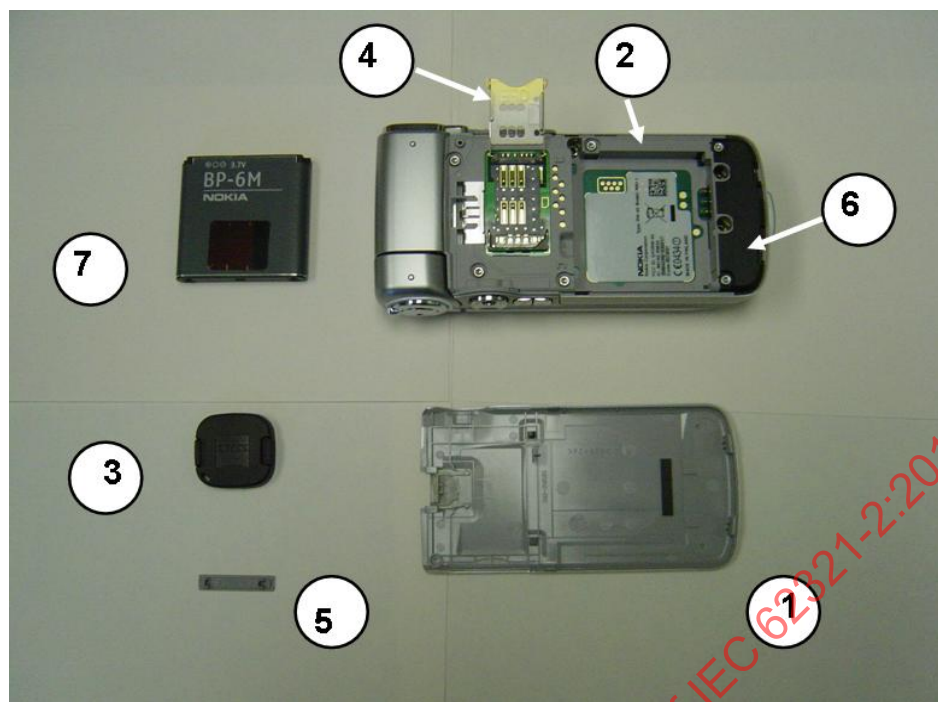
E.2 Partial disassembly without tools – Mobile phone type A



IEC 1265/13

Figure E.1 – Mobile phone type A with battery charger and camera lens cap

This mobile phone (Figure E.1) offers limited opportunities for analysis as a complete product. The charger includes at least six individual areas that are made of different materials, and is screened without disassembly. The phone back cover is removed and the phone battery taken out. As the back cover is metallized on the outside it is analysed (screening) on both sides. This partial disassembly of the mobile phone is the limit of disassembly without the use of tools, as shown in Figure E.2 and listed in Table E.1.



IEC 1266/13

Figure E.2 – Mobile phone type A with battery and back cover removed

Table E.1 – Possible certain substances or screening substances from a mobile phone

Sample number	Component/assembly	Materials	Probability of presence ^a	Elements related to certain substances ^b	Options for further analysis
1	Plastic back cover	Polymer	Moderate	Pb, Br	See 4.3
2	Plastic housing of the phone	Polymer	Moderate	Pb, Br	See 4.3
3	Plastic cover for lens	Polymer	Moderate	Pb	See 4.3
4	Metal clip for SIM card	Polymer	Low	Cr, Cd	See 4.3
5	ComPort cover	Polymer	Moderate	Pb, Br	See 4.3
6	Plastic part in body	Polymer	Moderate	Pb, Br	See 4.3
7	Battery	Complex	High?	(Cd, Pb, Hg)	See 4.3

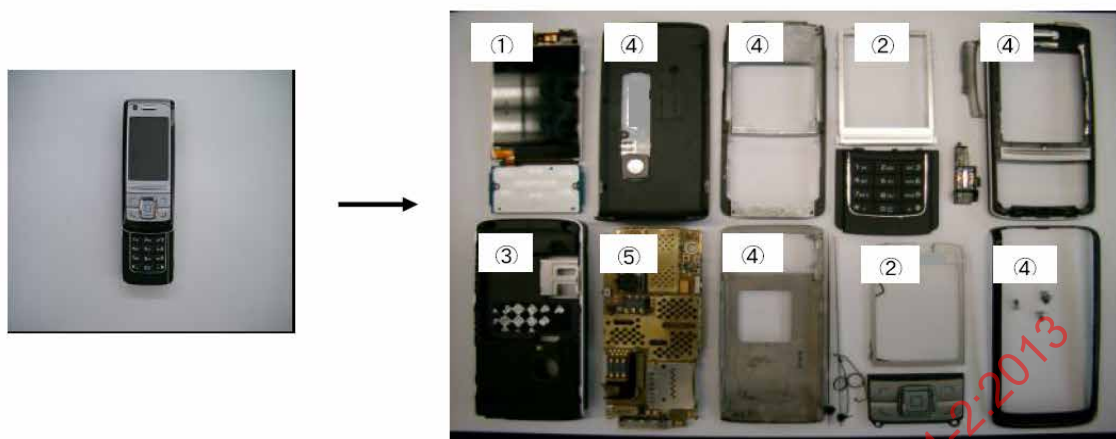
The samples marked in Figure E.2 can be screened directly.

Subclause 5.7 shows considerations for further actions.

^a Probability of the presence indicates the likelihood of finding the listed certain substances.

^b Presence of Br (bromine) could indicate the use of a certain brominated flame retardant.

E.3 Partial disassembly with simple tools – Mobile phone type B



IEC 1267/13

Figure E.3 – Partial disassembly of a mobile phone (type B) into its major components

In this example, another mobile phone undergoes partial disassembly using only simple tools such as screwdrivers. Please note that after disassembly the parts of the phone can be easily put back together and the mobile phone will be functional.

The major parts and components shall first be separated as shown in Figure E.3. The parts shown are the TFT display, keypad, bottom housing, main PWB, housing /frame etc. as listed in Table E.2.

Table E.2 – Possible certain substances in major components of the mobile phone

Sample number	Component/assembly	Materials	Probability of presence ^a	Elements related to certain substances ^b	Options for further analysis
1	TFT display	Polymer/glass/metal	Moderate	Pb	After further disassembly or disjointment
2	Key pad	Polymer	High	Cd, Hg	Needs further disassembly
3	Bottom housing	Polymer	High	Cd, Br	Yes
4	Other housing/frame	Polymer	High	Cd, Br	Yes
5	Main PWBs	Many different (fibre glass, copper)	High	Pb, Br, Hg	After further disassembly or disjointment

^a Probability of the presence indicates the likelihood of finding the listed certain substances (see Table B.1).

^b Presence of Br (bromine) could indicate the usage of a certain brominated flame retardant

Not all components of the mobile phone separated after this partial disassembly are suitable for direct analysis. The TFT display and PWB are complex structures, containing many different materials. Their construction and size make it difficult to analyse the materials without further disassembly/disjointment steps, regardless of the analytical method used. However, if the first step in the analysis is XRF screening, the elements present relating to certain substances within these complex assemblies can still be detected (see IEC 62321-3-1). A decision then has to be made as to the need for confirmatory testing. Samples 3 and 4 appear to be homogeneous materials for testing directly with XRF in the first instance.

Sample 2, keyboard assembly, shall be screened at this stage to decide whether further disassembly is required.

E.4 Complete disassembly – Mobile phone type B

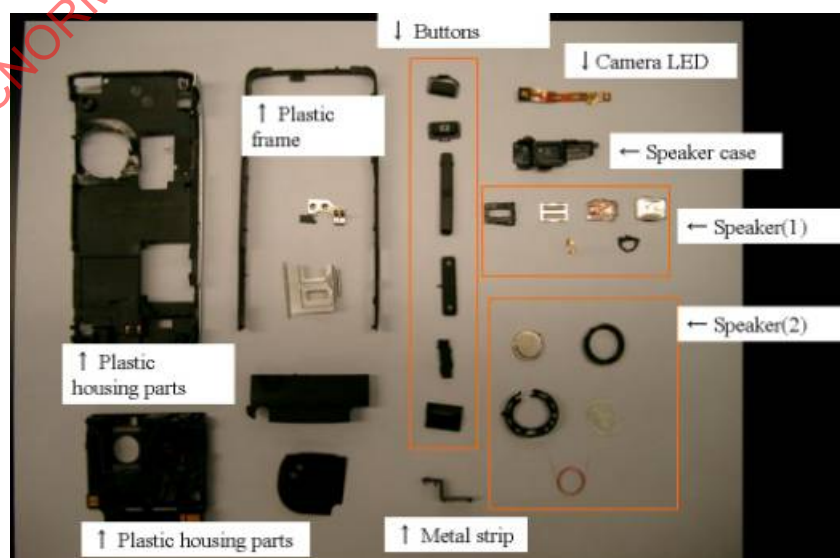
As illustrated in Clauses E.2 and E.3, very few parts of the mobile phone are simple enough in construction and composition for meaningful direct analysis. Almost all parts require further disassembly, or even disjointment which would render them nonfunctional.

Clause E.6 describes the complete disassembly of the mobile phone type B. Figures E.4 to E.6 show the disassembly process of the key pad (Figure E.4), bottom housing (Figure E.5) and the other housing/frame materials (Figure E.6). These parts of the mobile phone shall be disassembled with the commonly used tools (see Annex D) to obtain almost single materials such as plastics or metals. Again, sample selection shall be based on the probability of the presence of certain substances guidance given in Table B.1.



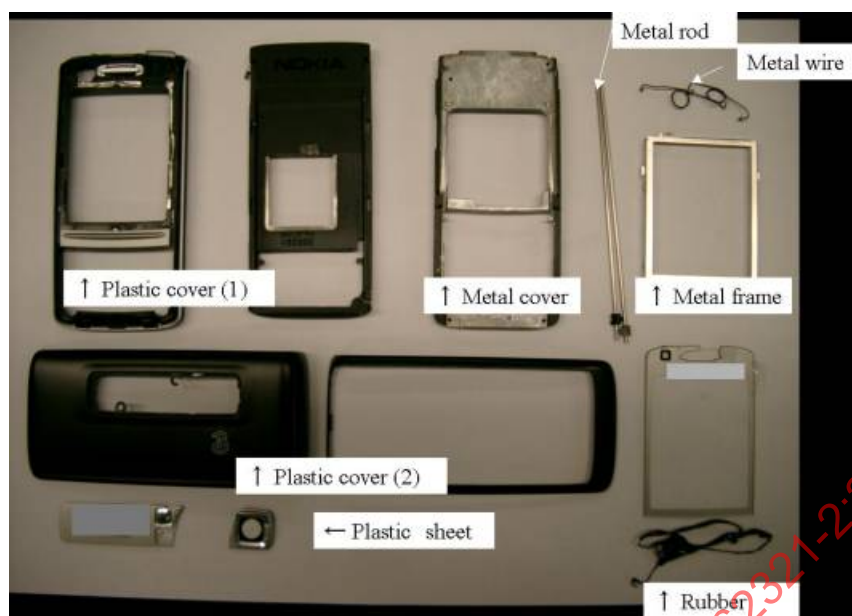
IEC 1268/13

Figure E.4 – Complete disassembly of the key pad



IEC 1269/13

Figure E.5 – Complete disassembly of the bottom housing

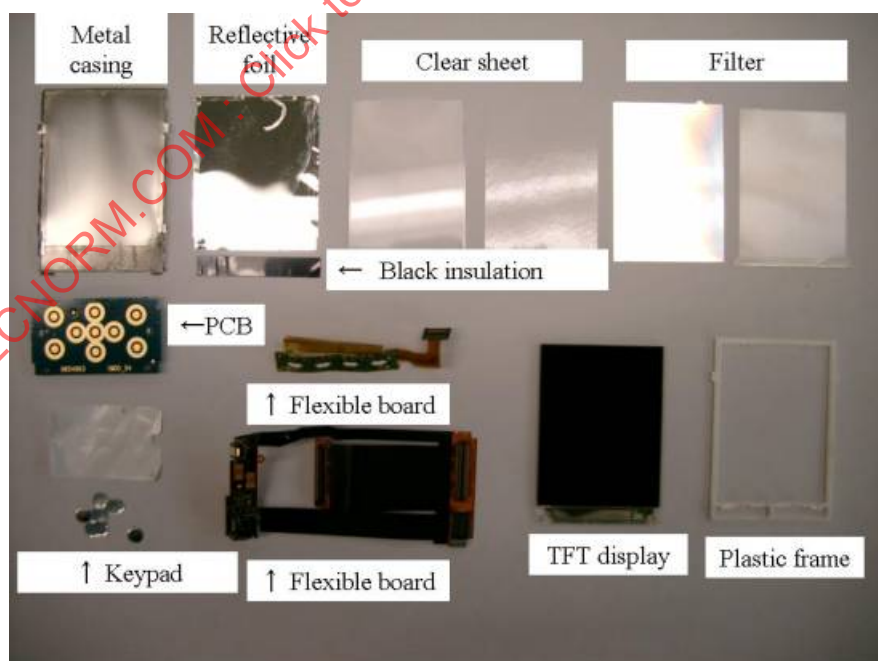


IEC 1270/13

Figure E.6 – Complete disassembly of the other housing/frame

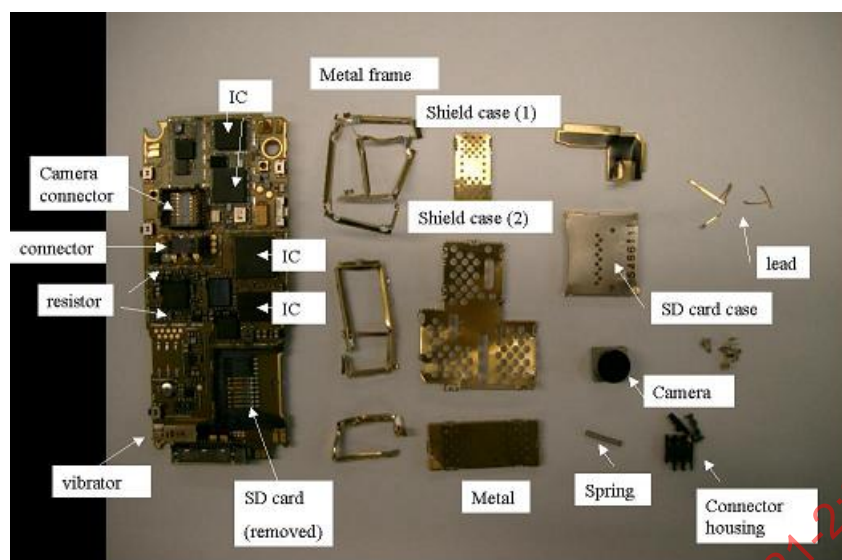
E.5 Partial disjointment – Mobile phone type B

Figure E.7 shows the partial disjointment of the TFT subassembly of the type B mobile phone (previously disassembled in Clauses E.3 and E.4). Separation of certain components of the display such as casing, insulation and filter is only achievable destructively (disjointment). Similarly, partial disjointment of the main PWB of this mobile phone into its components is shown in Figure E.8. The tools required for this disjointment were screwdrivers, a soldering iron and small knife (see Annex D for other tools).



IEC 1271/13

Figure E.7 – Components of the TFT display of the mobile phone after partial disjointment



IEC 1272/13

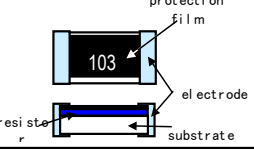
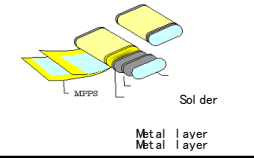
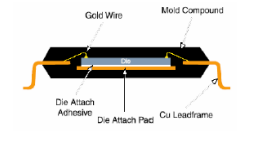
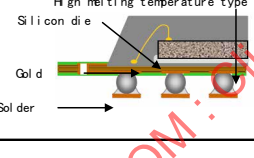
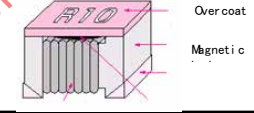
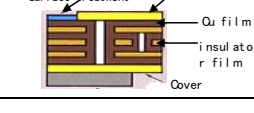
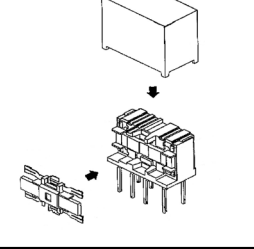
Figure E.8 – Components of the main PWB of the mobile phone after partial disjointment

E.6 Complete disjointment – Examples of disjointment of small electronic components

Table E.3 provides examples of the structure and materials of typical small electronic components used in electrotechnical products. These components shall be obtained from the supplier, after disassembly from the PWB, or other equivalent sources. Materials shall be sampled from the component using appropriate tools (see Annex D) while focusing on those materials with the highest probability of the presence of certain substances (see Table B.1).

The examples in Table E.3 reflect the current and historical use of components (for example, BGA integrated circuits were not in use some years ago). Clearly, even apparently simple components, such as through hole resistors, may contain many different materials. This underlines the need for careful planning and the development of an individual sampling strategy for each component.

Table E.3 – Examples of disjointment for typical small electronic components

Assemblies and components	Structure	Sampling point	Possible hazardous materials	Possible exemption part	Sampling procedure for IEC 62321 Test Method Analysis	Sampling Considerations or Limitations
Resistor	IMD-type 	Lead	Pb		Cutting lead	# samples to get adequate sample mass; sample prep time
		Overcoat	Pb, Cr6+		Scraping	# samples to get adequate sample mass; sample prep time
		Colour code (ink)	Pb, Cr6+		No practical mechanical disjointment method	cross-contamination, # of samples to get adequate sample size, sample prep time
		Resistor	Pb	Resistor: Pb (glass)	No practical mechanical disjointment method	cross-contamination, # of samples to get adequate sample size, sample prep time
	SMD-type 	Electrode	Pb		No practical mechanical disjointment method	cross-contamination, # of samples to get adequate sample size, sample prep time
		Protection film	Pb	Protection film: Pb (glass)	No practical mechanical disjointment method	# samples to get adequate sample mass; sample prep time
Capacitor	Electrolyte 	Lead	Pb		cutting lead	# samples to get adequate sample mass; sample prep time
		Sleeve (PVC)	Pb		Scraping	# samples to get adequate sample mass; sample prep time
		Ink	Pb, Cr6+		No practical mechanical disjointment method	cross-contamination, # of samples to get adequate sample size, sample prep time
	Chip-type 	Solder	Pb		No practical mechanical disjointment method	cross-contamination, # of samples to get adequate sample size, sample prep time
		Ink	Pb, Cr6+		No practical mechanical disjointment method	cross-contamination, # of samples to get adequate sample size, sample prep time
IC Chips	leadframe-type 	Lead-frame	Pb		Cutting Lead	cross-contamination, # of samples to get adequate sample size, sample prep time
		Ink	Pb, Cr6+		No practical mechanical disjointment method	cross-contamination, # of samples to get adequate sample size, sample prep time
	BGA type 	Solder Ball	Pb	Solder: Pb (high melting temperature type)	No practical mechanical disjointment method	cross-contamination, # of samples to get adequate sample size, sample prep time
Molded Connectors		Housing	PBB/ PBDE		Cutting or scraping	# samples to get adequate sample mass; sample prep time
		Fasting Nail	Pb		No practical mechanical disjointment method	cross-contamination, # of samples to get adequate sample size, sample prep time
		Contact	Pb		Cutting or scraping	# samples to get adequate sample mass; sample prep time
Coil		Electrode	Pb	Magnetic body: Pb (ceramics)	Cutting or scraping	# samples to get adequate sample mass; sample prep time
		Overcoat	Pb, Cr6+, Cd		Scraping	# samples to get adequate sample mass; sample prep time
Flexible board		Surface treatment	Pb		Scraping	# samples to get adequate sample mass; sample prep time
Relays		Case cover	Pb, Cr6+, Cd		Cutting	# samples to get adequate sample mass; sample prep time
		Armature	Pb		Scraping	# samples to get adequate sample mass; sample prep time
		Fixed contact (Surface)	Pb		Cutting or scraping	# samples to get adequate sample mass; sample prep time
		Terminal	Pb		Cutting or scraping	# samples to get adequate sample mass; sample prep time
		Body	Pb, Cr6+, Cd		Scraping	# samples to get adequate sample mass; sample prep time
		Fixed contact	Cd		Cutting or scraping	# samples to get adequate sample mass; sample prep time
		Movable contact	Cd		Cutting or scraping	# samples to get adequate sample mass; sample prep time

E.7 Complete disjointment of integrated circuit lead frame package

In this example, an integrated circuit lead frame package is disjointed, in which lead (Pb) is likely to be present in the tin (Sn) plated termination coating.

Step 1 – Metal leads disjointment from integrated circuit lead frame package

Leads are disjointed from the package (Figure E.9a) by cutting off those metal parts which extend beyond the rest of the package. In this case, the leads removal procedure takes 2 h for 36 individual packages and provides 1,2 g of metal sample.

If proper care is taken during cutting of the leads, and the samples are not taken too close to the package body, then the lead sample collected will not be contaminated with other materials. Considerable preparation time and number of samples are needed to obtain enough mass for the analysis of the lead frame. Such an analysis is perhaps only practical in some laboratories. Figure E.9b shows the lead sample after disjointment.

Step 2 – Package disjointment

Figure E.9c shows the package after disjointment. This assumes that the disjointment is accomplished in a manner that does not cause cross-contamination with other material layers.

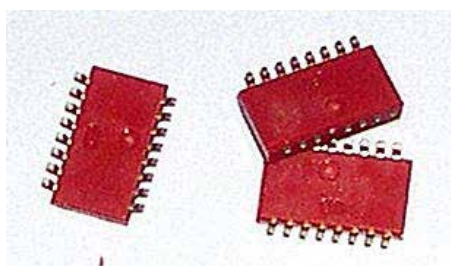


Figure E.9a – Integrated circuit lead frame package



Figure E.9b – Metal leads after disjointment

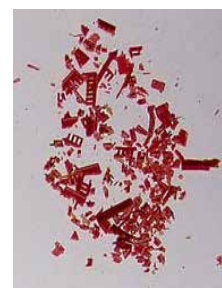


Figure E.9c – Integrated circuit lead frame package after disjointment

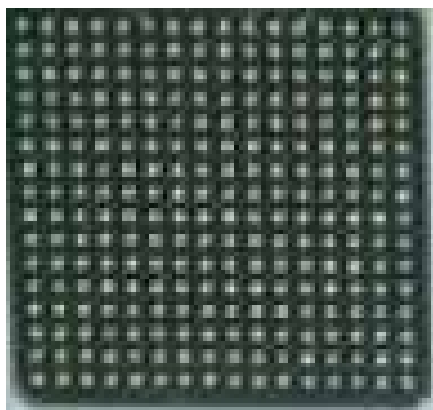
IEC 1273/13

Figure E.9 – Disjointment of lead frame component

E.8 Complete disjointment of ball grid array (BGA) package

E.8.1 General

A typical ball grid array (BGA) package is made up of several different material layers: substrate, underfill, silicon die, C4 solder bumps, solder paste and solder balls. Figure E.10 shows an example of BGA package prior to disjointment.



IEC 1274/13

Figure E.10 – BGA package prior to disjointment**E.8.2 Solder ball removal from BGA package – Hand removal procedure**

IEC 1275/13

Figure E.11 – BGA package disjointed by the hand removal procedure

The solder balls seen in Figures E.10 and E.11 are disjointed from the BGA package by a hand removal procedure using a sharp utensil, to shave or cut the solder balls away from the substrate. While care is taken not to include any substrate, flux or solder paste with the detached balls of solder, there is inconsistency in the solder ball collection using this method. Some solder balls can only be cut away, while others simply "pop" out of the package instead of being cut or scraped away. As can be seen in Figure E.11 the balls of solder do not disjoints from the package in a manner that guarantees only solder ball material is collected.



IEC 1276/13

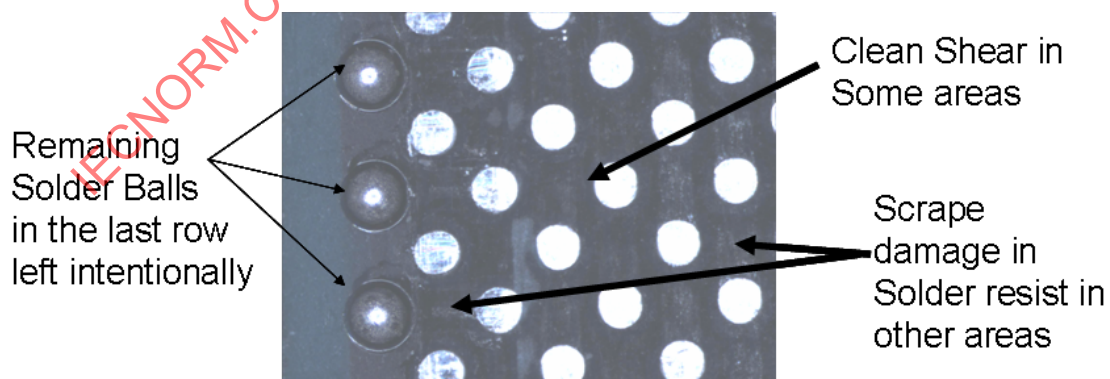
Figure E.12 – Solder ball material collected from BGA using a hand removal procedure

Using the hand removal procedure requires 2 h to remove the solder balls from 15 BGAs. The mass of solder ball material collected is only 1,5 g and contains some flux, solder paste and substrate materials. Thus, 45 BGAs and 6 h work would be required to collect the required minimum sample mass of 4.4 g, per 5.7.1.

Figure E.12 shows the collected solder ball material. However, the sample collected using this hand removal procedure cannot be considered as a "homogeneous" solder ball material as it contains other materials (such as flux, fragments of substrate) collected during the disjointment procedure.

E.8.3 Solder ball removal from BGA package – Solder ball shear procedure

Since the hand removal procedure is not able to provide a homogeneous solder ball sample, another solder ball removal technique is required, namely the shear strength test of IEC 62137-1-2 [8] or the solder ball shear procedure JEDEC JESD22-B117 [9]. Although this JEDEC standard was not developed for removing solder balls for material analysis, it is an industry procedure used by some companies in their quality assurance/quality control (QA/QC) labs.



IEC 1277/13

Figure E.13 – BGA solder ball removal using the ball shear procedure

Once again, to obtain enough sample mass for analysis, 45 BGAs are required, which means 6 h for sample preparation, under optimum conditions.

As can be seen in Figure E.13 above, the ball shear method also creates contamination through the scraping of solder resist along with the solder ball material in some areas or lifting of the substrate. Nevertheless, the amount of contamination using the ball shear procedure is

significantly less than that from the hand removal procedure. However, contamination remains unavoidable and the time required to yield a significant amount of sample renders this approach impractical.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62321-2:2013

Bibliography

- [1] IEC/PAS 62596:2009, *Electrotechnical products – Determination of restricted substances – Sampling procedure – Guidelines*
- [2] IEC 62554, *Sample preparation for measurement of mercury level in fluorescent lamps*
- [3] IEC/TR 62476:2010, *Guidance for evaluation of products with respect to substance – use restrictions in electrical and electronic products*
- [4] IEC 62542, *Standardization of environmental aspects – Glossary of terms*³
- [5] IEC 62321-6, *Determination of certain substances in electrotechnical products – Part 6: Determination of polybrominated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in polymers and electronics by GC-MS, IAMS and HPLC-UV*⁵
- [6] IEC 62321-7-1, *Determination of certain substances in electrotechnical products – Part 7-1: Determination of the presence of hexavalent chromium (Cr(VI)) in colourless and coloured corrosion-protected coatings on metals by the colorimetric method*³
- [7] IEC 62321-7-2, *Determination of certain substances in electrotechnical products – Part 7-2: Determination of hexavalent chromium (Cr(VI)) in polymers and electronics by the colorimetric method*³
- [8] IEC 62137-1-2, *Surface mounting technology – Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint – Part 1-2: Shear strength test*
- [9] JEDEC JESD22- B117, *Solder ball shear procedure*

Other references (not cited in the text)

ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

IEC/TS 62239:2008, *Process management for avionics – Preparation of an electronic components management plan*

³ Under consideration.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62321-2:2013

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	55
INTRODUCTION.....	57
1 Domaine d'application	58
2 Références normatives.....	58
3 Termes, définitions et abréviations	59
3.1 Termes et définitions	59
3.2 Abréviations	59
4 Présentation de l'échantillonnage	60
4.1 Remarques préliminaires.....	60
4.2 Exigences et problèmes pour les substances problématiques.....	60
4.3 Complexité des produits électrotechniques et défis associés.....	61
4.4 Stratégies d'échantillonnage.....	62
5 Échantillonnage.....	65
5.1 Remarques préliminaires.....	65
5.2 Produits finis	66
5.3 Démontage partiel	66
5.4 Démontage complet	67
5.5 Désassemblage partiel.....	67
5.6 Désassemblage complet.....	67
5.7 Considérations relatives à l'échantillonnage et au désassemblage	68
5.7.1 Remarques préliminaires	68
5.7.2 Effectif d'échantillon requis.....	68
5.7.3 Effectif d'échantillon en fonction de la limite de détection	70
5.7.4 Essai composite d'échantillons pouvant être désassemblés.....	70
5.7.5 « Matériaux homogènes » non uniformes	71
5.7.6 Détermination de la position d'échantillonnage de matériaux homogènes.....	73
6 Conclusions et recommandations pour l'échantillonnage	73
7 Préparation mécanique de l'échantillon	74
7.1 Présentation.....	74
7.1.1 Champ d'application	74
7.1.2 Assurance qualité	74
7.2 Appareillage, équipements et matériaux	74
7.3 Mode opératoire	75
7.3.1 Coupe manuelle	75
7.3.2 Broyage primaire	75
7.3.3 Homogénéisation.....	76
7.3.4 Broyage fin	76
7.3.5 Broyage très fin des polymères et matières organiques	76
Annexe A (informative) Exemples de procédures d'échantillonnage et de désassemblage.....	77
Annexe B (informative) Probabilité de présence de certaines substances	99
Annexe C (informative) Essai composite et échantillonnage.....	103
Annexe D (informative) Outils utilisés pour l'échantillonnage	106

Annexe E (informative) Exemples de démontage d'un téléphone portable et désassemblage des composants.....	108
Bibliographie.....	126
Figure 1 – Procédure itérative générique pour l'échantillonnage	63
Figure 2 – Section transversale d'une résistance à base d'oxyde de plomb d'une largeur de 900 µm (CMS).....	72
Figure A.1 – Méthodologie d'échantillonnage et de désassemblage	80
Figure A.2 – Échantillonnage d'un lecteur de DVD	83
Figure A.3 – Échantillonnage d'un TRC.....	86
Figure A.4 – Échantillonnage d'un téléviseur à LCD.....	89
Figure A.5 – Échantillonnage d'un PDA/téléphone	91
Figure A.6 – Échantillonnage d'un ventilateur de bureau.....	94
Figure A.7 – Échantillonnage de composants – Résistance à film mince	96
Figure A.8 – Échantillonnage de composants – Potentiomètre CMS	98
Figure D.1 – Pistolet à gaz chaud pour enlever les composants électroniques	106
Figure D.2 – Tige d'aspiration pour enlever les dispositifs électroniques cible.....	107
Figure E.1 – Téléphone portable type A avec chargeur de batterie et couvre-objectif d'appareil photographique.....	108
Figure E.2 – Téléphone portable type A avec batterie et capot arrière enlevés	109
Figure E.3 – Démontage partiel d'un téléphone portable (type B) en ses principaux composants	110
Figure E.4 – Démontage complet du clavier	111
Figure E.5 – Démontage complet du boîtier de fond.....	112
Figure E.6 – Démontage complet de l'autre boîtier/châssis	113
Figure E.7 – Composants de l'afficheur à TFT du téléphone portable après désassemblage partiel	114
Figure E.8 – Composants de la PWB principale du téléphone portable après désassemblage partiel	115
Figure E.10 – Boîtier BGA avant désassemblage	123
Figure E.11 – Boîtier BGA désassemblé par la procédure de retrait manuel.....	123
Figure E.12 – Matériau de bille de soudure recueilli d'un BGA en utilisant une procédure de retrait manuel	124
Figure E.13 – Retrait de billes de soudure de BGA utilisant la procédure d'arrachement des billes	125
Tableau 1 – Nombre minimum d'échantillons de grille de connexions nécessaires pour un essai analytique	69
Tableau 2 – Niveaux d'une certaine substance dans un échantillon composite	71
Tableau B.1 – Probabilité de présence de certaines substances dans des matériaux et composants utilisés dans des produits électrotechniques (1 de 4)	99
Tableau C.1 – Concentration maximale calculée pour un échantillon composite, basée sur la limite de détection	104
Tableau C.2 – Limite de détection requise pour un échantillon composite basée sur la concentration admissible maximale.....	105
Tableau E.1 – Substances certaines possibles ou détection de substances d'un téléphone portable	109

Tableau E.2 – Certaines substances possibles dans les principaux composants du téléphone portable	110
Tableau E.3 – Exemples de désassemblage pour des petits composants électroniques types	117

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62321-2:2013

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DÉTERMINATION DE CERTAINES SUBSTANCES
DANS LES PRODUITS ÉLECTROTECHNIQUES –****Partie 2: Démontage, désassemblage
et préparation mécanique de l'échantillon**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62321-2 a été établie par le comité d'études 111 de la CEI: Normalisation environnementale pour les produits et les systèmes électriques et électroniques.

Elle a le statut d'une norme horizontale conformément au Guide 108 de la CEI.

La première édition de la CEI 62321:2008 était un document séparé qui comprenait une introduction, une présentation des méthodes d'essai, une préparation mécanique d'échantillon, ainsi que différents articles sur des méthodes d'essai.

Cette première édition de la CEI 62321-2 remplace en partie la CEI 62321:2008, faisant une révision structurelle et remplaçant, en général, l'Article 5 et incorporant la CEI/PAS 62596:2009 [1]¹ qui sera retirée lors de la publication de la CEI 62321-2.

Les futures parties de la série CEI 62321 remplaceront, au feu et à mesure les articles correspondant de la CEI 62321:2008. Cependant, et jusqu'au moment où toutes les parties sont publiées, la CEI 62321:2008 reste valable pour les articles pas encore publiées en tant que nouvelle partie.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
111/301/FDIS	111/311/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62321, présentées sous le titre général *Détermination de certaines substances dans les produits électrotechniques*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

INTRODUCTION

L'utilisation répandue des produits électrotechniques a accrue l'attention portée à leur impact sur l'environnement. Ce qui a entraîné dans de nombreux pays l'adaptation de la réglementation relative aux déchets, aux substances et à la consommation d'énergie des produits électrotechniques.

L'utilisation de certaines substances (par exemple le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et polybromodiphényléthers (PBDE)) dans les produits électrotechniques, est une source de préoccupation dans la législation régionale actuelle ou proposée.

Le but de la série CEI 62321 est donc de fournir des méthodes d'essai qui permettent à l'industrie électrotechnique de déterminer les concentrations de certaines substances préoccupantes dans les produits électrotechniques, sur une base globale et cohérente.

AVERTISSEMENT — Il convient que les personnes utilisant la présente Norme internationale soient familiarisées avec les pratiques normales de laboratoire. Cette norme n'a pas pour but de traiter tous les problèmes de sécurité, s'il y a lieu, associés à son utilisation. Il est de la responsabilité de l'utilisateur de déterminer les pratiques de sécurité et de santé appropriées et d'assurer la conformité avec toutes les dispositions de la réglementation nationale.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62321-2:2013

DÉTERMINATION DE CERTAINES SUBSTANCES DANS LES PRODUITS ÉLECTROTECHNIQUES –

Partie 2: Démontage, désassemblage et préparation mécanique de l'échantillon

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62321 fournit des stratégies d'échantillonnage ainsi que la préparation mécanique d'échantillons de produits électrotechniques, ensembles électroniques et composants électroniques. Ces échantillons peuvent être utilisés pour un essai analytique visant à déterminer les niveaux de certaines substances, comme décrit dans les méthodes d'essai des autres parties de la CEI 62321. Les restrictions concernant les substances varient selon les régions géographiques et de temps à autres. La présente norme décrit un processus général permettant d'obtenir et de préparer des échantillons avant de déterminer toute substance posant problème.

Cette norme ne fournit pas:

- des directives complètes sur chacun des produits pouvant être considéré comme matériel électrotechnique. Puisqu'il existe une très grande diversité de composants électrotechniques, avec diverses structures et processus, ainsi que les innovations continues de l'industrie, il est irréaliste de tenter de fournir des procédures pour le désassemblage de chaque type de composant;
- des directives concernant d'autres voies permettant de recueillir des informations supplémentaires sur certaines substances présentes dans un produit, bien que les informations recueillies soient pertinentes pour les stratégies d'échantillonnage de cette norme internationale;
- des instructions concernant un démontage et un désassemblage mécanique sûrs pour les produits électrotechniques (par exemple des commutateurs contenant du mercure) et l'industrie du recyclage (par exemple comment manipuler des TRC (Tubes à rayons cathodiques) ou éliminer des batteries en toute sécurité). Voir la CEI 62554 [2] pour le désassemblage et la préparation mécanique de l'échantillon des lampes fluorescentes contenant du mercure;
- la définition d'une « unité » comme échantillon;
- des procédures d'échantillonnage pour le conditionnement et les matériaux de conditionnement;
- les procédures analytiques permettant de mesurer les niveaux de certaines substances. Ceci est couvert par d'autres normes (par exemple d'autres parties de la CEI 62321) qui sont appelées « normes d'essai » dans la présente norme;
- les directives d'évaluation de la conformité.

NOTE D'autres directives relatives aux procédures d'évaluation sont données dans la IEC/TR 62476 [3].

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 62321-1, *Détermination de certaines substances dans les produits électrotechniques – Partie 1: Introduction et présentation*

CEI 62321-3-1, *Détermination de certaines substances dans les produits électrotechniques – Partie 3-1: Du plomb, du mercure, du cadmium, du chrome total et du brome total en utilisant la spectrométrie par fluorescence X*

CEI 62321-3-2, *Détermination de certaines substances dans les produits électrotechniques – Partie 3-2: Méthodes d'essai – Brome total dans les polymères et les produits électriques par combustion – Chromatographie d'ionisation (C-IC)*

CEI 62321-4, *Détermination de certaines substances dans les produits électrotechniques – Partie 4: Détermination du mercure dans les polymères, les métaux et les produits électroniques par CV-AAS, CV-AFS, ICP-OES et ICP-MS*

IEC 62321-5, *Détermination du cadmium, du plomb et du chrome dans les polymères et les produits électroniques, du cadmium et du plomb dans les métaux par AAS, AFS, ICP-OES et ICP-MS* ²

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les définitions données dans la CEI 62321-1, ainsi que les suivantes s'appliquent.

3.1.1

essai composite

essai de deux matériaux ou plus sous forme d'un seul échantillon pouvant être mécaniquement désassemblé si nécessaire

3.1.2

certaines substances

le cadmium, le plomb, le mercure, le chrome hexavalent, les biphenyles polybromés, polybromodiphényléthers

NOTE La CEI 62321-1 comprend les méthodes d'essai pour l'évaluation de chacune des substances identifiées dans la définition ci-dessus.

3.2 Abréviations

Abr.	Français	Anglais
CA	Courant alternatif	--
BGA	Boîtier à billes (composant électronique)	Ball grid array (electronic component)
CI	Circuit intégré	--
CMS	Composant monté en surface	--
DVD	Disque numérique polyvalent	Digital versatile disc
JEDEC	--	Joint Electronic Devices Engineering Council
LCD	Dispositif d'affichage à cristaux liquides	Liquid crystal display
MDL	Limite de détection minimale	Minimum detection limit

Abr.	Français	Anglais
OEM	Équipementier	Original equipment manufacturer
PAS	Spécification Accessible au Public	Publicly Available Specification
PCB	Carte de circuit imprimé	Printed circuit board
PDA	Assistant numérique personnel	Personal digital assistant
PWB	Carte de circuit imprimé	Printed wiring board
SIM	Module d'identification de l'abonné	Subscriber identity module
TFT	Transistor à film mince	Thin film transistor
TRC	Tube à rayons cathodiques (télévision)	--
TV	Télévision	--
USB	Bus série universel	Universal serial bus

4 Présentation de l'échantillonnage

4.1 Remarques préliminaires

L'obtention d'un échantillon (c'est-à-dire l'échantillonnage) est la première étape d'analyse de la présence de certaines substances dans des produits électrotechniques. La stratégie et le processus d'échantillonnage sont souvent aussi importants que la mesure analytique elle-même. Une stratégie d'échantillonnage efficace nécessite ainsi une bonne compréhension du produit électrotechnique, des raisons de l'analyse et des exigences à satisfaire.

L'échantillonnage et l'essai de certaines substances sont effectués pour un grand nombre de raisons, incluant:

- le commerce interentreprises en vue d'une sortie commerciale (par exemple, accord contractuel entre l'équipementier et le fabricant de composants);
- la conformité aux limites réglementaires;
- l'évaluation légale/d'impact (pourquoi le produit ne satisfait pas aux exigences contractuelles ou légales quand cela se produit-il et combien de produits sont concernés?)

4.2 Exigences et problèmes pour les substances problématiques

Bien qu'un grand nombre de gouvernements, partenaires industriels et autres parties prenantes aient leurs propres exigences, la présente norme n'a pas pour objet de présenter entièrement ces différences. Toutefois, s'informer sur des limites différentes pour certaines substances constitue une étape importante de la préparation de la stratégie d'échantillonnage. Le paragraphe 4.2 souligne les principaux domaines problématiques concernant les exigences relatives à certaines substances.

- Certaines substances: les régions géographiques ou partenaires industriels ne restreignent pas tous les mêmes substances. Par exemple, certaines régions ont choisi de ne restreindre l'utilisation que de quelques composés PBDE spécifiques, tandis que d'autres imposent une restriction plus large pour cette catégorie de retardateurs de flamme. Lors de l'échantillonnage d'un produit, composant, etc., il est critique de conserver à l'esprit les exigences légales applicables.
- Limites admissibles pour certaines substances: Les niveaux admissibles de la majeure partie de certaines substances sont généralement inférieurs à 1 000 mg/kg. Certaines régions géographiques et partenaires industriels ont des limites inférieures à 1 000 mg/kg. Pour certains types de produits, les limites de certaines substances sont supérieures à 1 000 mg/kg, par exemple le plomb dans le cuivre et les alliages d'aluminium.
- Application du niveau admissible: La manière dont le niveau admissible d'une certaine substance est appliqué à un produit électrotechnique détermine la stratégie d'échantillonnage et la façon dont les résultats sont interprétés. Un grand nombre de

régions géographiques appliquent leurs limites admissibles à des « matériaux homogènes ». Dans la présente norme, un « matériau homogène » est défini comme dans la CEI 62542 [4]. Toutefois, l'interprétation du « matériau homogène » n'est pas cohérente entre les différentes régions.

- Exceptions applicables: certains types de produits électrotechniques sont exemptés de certaines exigences concernant les substances. Ces exceptions peuvent être basées sur différentes justifications incluant le domaine d'application des restrictions (par exemple, pour des besoins militaires), l'application du matériau (par exemple, soudure à haute température de fusion), la taille de l'échantillon ou les propriétés électriques du produit.

4.3 Complexité des produits électrotechniques et défis associés

Les caractéristiques complexes des produits électrotechniques sont une autre considération importante lors de l'élaboration d'une stratégie d'échantillonnage. Ces caractéristiques se fondent sur l'exécution pratique de l'échantillonnage et de l'analyse. Les éléments suivants sont identifiés comme pertinents pour l'analyse et l'échantillonnage.

- a) Miniaturisation: la miniaturisation est l'une des tendances fondamentales de l'industrie électrotechnique. Elle implique de fournir un plus grand nombre de fonctionnalités dans un plus petit volume. Chaque année, un nombre de plus en plus grand de composants et de matériaux sont utilisés par cm^2 de carte de câblage imprimé (PWB). Il est difficile de prélever des échantillons de mesure sur ces petites quantités de matériau. Par exemple, les dimensions des dispositifs montés en surface (CMS, Composant monté en surface) sont trop petites pour que des outils classiques effectuent un désassemblage ou une séparation supplémentaire et la quantité d'échantillon restant est souvent trop faible après désassemblage pour satisfaire aux exigences d'une analyse adéquate.
- b) Nombre de matériaux homogènes: un grand nombre de composants ont des structures complexes et sont construits à partir de couches multiples de matériaux différents. Dans un cas type, un simple composant possède plus de 10 à 20 couches de matériaux, tandis qu'un grand nombre de produits ou assemblages électrotechniques contiennent des centaines ou des milliers de composants. Ceci signifie qu'un produit électrotechnique peut comporter plus de 1 000 ou plus de 10 000 matériaux homogènes. Les matériaux homogènes adhèrent trop souvent étroitement ensemble pour effectuer une séparation nette d'une manière pratique (voir Figure 2). L'expérience a montré que la composition change souvent en raison de la diffusion moléculaire entre les matériaux (par exemple, la composition d'un placage est affectée par un matériau de base contenant du plomb). De façon similaire, les produits électrotechniques actuels sont constitués d'un grand nombre de composants et de pièces. Un téléviseur ou un ordinateur portable type par exemple, contient des milliers de pièces/de composants. La base de données de conception pour un équipementier peut ainsi inclure plusieurs dizaines de milliers de composants. Ce point est illustré plus en détail à l'Annexe E pour le démontage d'un téléphone portable.
- c) Substances « invisibles »: un autre facteur compliqué pour l'échantillonnage et l'analyse est que certaines substances ne sont généralement pas visibles. Un composant contenant une certaine substance peut ressembler et fonctionner d'une manière identique à un composant qui ne la contient pas. La présence ou l'absence de certaines substances peut varier d'un lot à un autre dans le processus de fabrication sans aucun indice facilement observable. Bien qu'il existe certaines indications visibles concernant la présence de certaines substances (par exemple, un dépôt jaune sur des produits en acier suggère la présence de chrome hexavalent), la détection visuelle n'est pas pratique.
- d) Variations d'un lot à un autre: la plupart des fabricants d'assemblage de produits utilisent simultanément par commodité des composants provenant de plusieurs fournisseurs, par exemple des câbles, des résistances et des condensateurs. Les composants de commodité sont mélangés pendant la fabrication, car ils sont techniquement parfaitement interchangeables dans la mesure où ils satisfont à la spécification qui les encadre. Toutefois, dans la plupart des cas, ils ne sont pas chimiquement identiques. De plus, l'expérience a montré que des matériaux de base peuvent être remplacés par commodité par des fabricants (par exemple en cas de pénurie) ce qui conduit également à une modification de la composition chimique. Une notification de ces modifications n'est pas toujours effectuée si le composant satisfait toujours à sa spécification technique.

- e) Profondeur de la chaîne d'approvisionnement: la production de composants/pièces électroniques implique une chaîne d'approvisionnement complexe. Des produits relativement simples, tels qu'un câble extérieur, peuvent utiliser des chaînes d'approvisionnement d'une profondeur d'au moins sept intervenants. La chaîne d'approvisionnement pour un composant plus complexe, tel qu'un écran à cristaux liquides ou un circuit intégré est considérablement plus profonde.

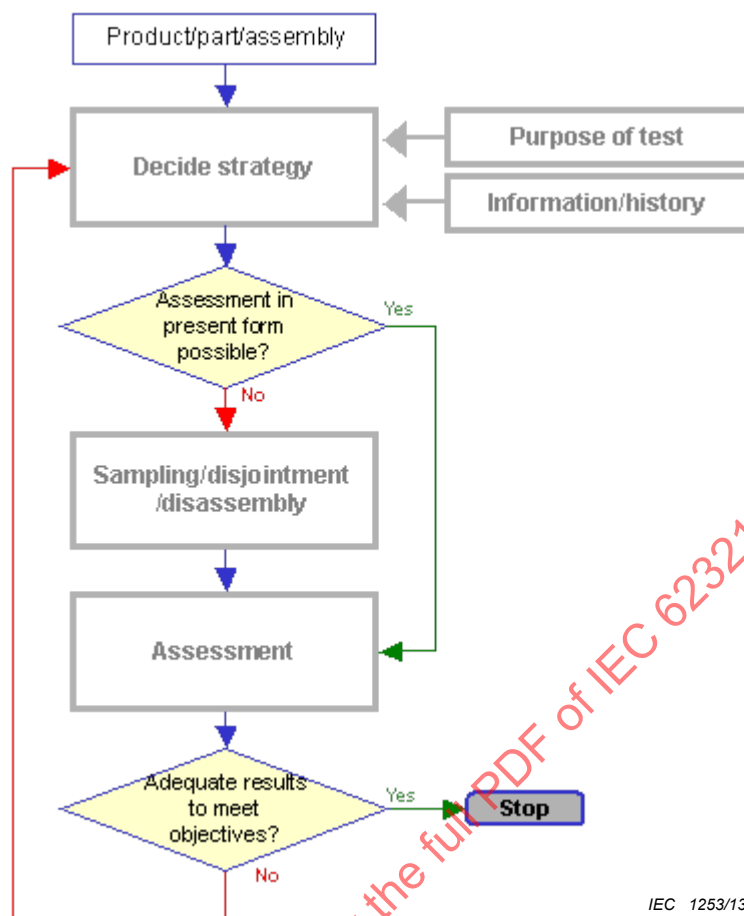
Ces caractéristiques de l'industrie électronique montrent que la gestion de certaines substances, ainsi que l'échantillonnage et l'analyse, ne sont pas directs. La taille et le nombre de composants ainsi que la complexité de la chaîne d'approvisionnement peuvent poser un défi pour saisir entièrement les emplacements de certaines substances dans un produit électronique. La prospection de la mise en œuvre d'un échantillonnage et d'un essai d'un niveau de matériau homogène dans les régions supérieures de la chaîne d'approvisionnement (vers les produits finis) n'est pas pratique pour les produits complexes.

NOTE Les états d'oxydation de certaines substances peuvent ne pas être stables dans le temps. Par exemple, la concentration en chrome hexavalent dans les couches de protection contre la corrosion peut varier de manière significative dans le temps et en fonction des conditions de stockage.

4.4 Stratégies d'échantillonnage

Bien que l'on puisse utiliser des approches d'échantillonnage différentes comme approprié pour la large gamme de produits électrotechniques, il est possible de décrire une procédure générique qui sera applicable à la majorité des cas. Celle-ci est illustrée par les boucles itératives d'échantillonnage, démontage et désassemblage, représentées à la Figure 1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62321-2:2013



Légende

Anglais	Français
Product/part/assembly	Produit/pièce/ensemble
Decide strategy	Décider d'une stratégie
Purpose of test	But de l'essai
Information/history	Information/historique
Assessment in present form possible?	Évaluation dans la forme présente possible?
Yes	Oui
No	Non
Sampling/disjointment/disassembly	Échantillonnage/désassemblage/démontage
Assessment	Évaluation
Adequate results to meet objectives?	Résultats adéquats pour satisfaire aux objectifs?
Yes	Oui
No	Non
Stop	Fin

Figure 1 – Procédure itérative générique pour l'échantillonnage

Le processus représenté à la Figure 1 peut comporter plusieurs boucles itératives incluant:

- 1^{ère} itération: démontage partiel (voir 5.3);
- 2^{ème} itération: démontage complet (voir 5.4);
- 3^{ème} itération: désassemblage partiel (voir 5.5);

- 4^{ème} à n-ème itération: désassemblage complet (voir 5.6).

Ces étapes itératives sont décrites plus en détail à l'Article 5.

L'élaboration de la stratégie d'échantillonnage pour un produit/une pièce/un assemblage électrotechnique particulier commence par une étape de collecte d'informations. Certaines questions de base à considérer sont les suivantes:

- Quelle est la complexité du produit/de la pièce/de l'assemblage et est-il pratique d'envisager l'échantillonnage et l'essai au niveau du matériel homogène?
- Quelles sont les substances restreintes?
- Quelles sont les limites admissibles pour certaines substances?
- Existe-t-il des exceptions appropriées pour la certaine substance?
- Existe-t-il une nomenclature de matériaux disponible pour les composants/assemblages /matériaux dans le produit?
- Des spécifications/des dessins des composants sont-ils disponibles?
- Quelle est la profondeur de la chaîne d'approvisionnement pour les composants et matériaux dans ce produit?
- Y a-t-il des déclarations de matériau disponibles pour ce produit?
- Existe-t-il une quelconque expérience antérieure d'évaluation de ce produit ou de produits similaires pouvant être utile?
- Existe-t-il une probabilité publiée de matrices de présence pour les matériaux ou les pièces utilisées dans ce produit?
- Une détection (par exemple, par fluorescence X) a-t-elle été effectuée précédemment sur ce produit ou sur des produits similaires, pouvant être utile?
- Existe-t-il des informations concernant le processus de fabrication des matériaux/composants (fabrication de métal ou production de circuits intégrés) utilisés dans ce produit ou dans des produits similaires pouvant être utiles?
- Existe-t-il de quelconques contrôles de processus perçus présents au niveau des fournisseurs de composant ou de matériau (par exemple, niveau de confiance dans le fabricant)?
- Existe-t-il un historique des problèmes avec le fabricant de composant ou de matériau?

Les réponses à ces questions et d'autres caractéristiques auront une influence sur la stratégie d'échantillonnage. La position de l'organisme dans la chaîne d'approvisionnement déterminera dans quelle mesure l'échantillonnage est approprié. La mise en production de produits/composants etc., nécessite une stratégie d'échantillonnage plus approfondie qu'un contrôle de vérification occasionnel sur les spécifications. Pour optimiser les coûts et le rendement, le résultat désiré de l'essai doit être compris. Comme indiqué précédemment, il est souvent impossible d'échantillonner et de soumettre à essai tous les composants/matériaux. On laisse un organisme déterminer l'équilibre optimum entre l'effort/les coûts par rapport à l'efficacité de la stratégie d'échantillonnage. Certaines considérations permettant de réduire au minimum les efforts et les coûts d'échantillonnage/d'essai sont énumérées ci-dessous:

- matériaux homogènes ayant une faible probabilité de contenir certaines substances (moins susceptibles de contenir les substances restreintes, présentant ainsi un risque moindre de non-conformité s'ils ne sont pas soumis à essai, voir Annexe B);
- exceptions applicables pour certaines substances (la présence de certaines substances n'a aucune influence sur la conformité);
- déclarations de matériaux;
- données d'essai historiques (preuve de la probabilité de contenir certaines substances);
- échantillonnage et essai composites (traite plusieurs matériaux en un seul essai, mais d'autres facteurs doivent être considérés, voir paragraphe 5.7.3 et Annexe C);

- effectif d'échantillon minimum nécessaire pour effectuer des essais analytiques et nombre d'échantillons nécessaire pour déterminer s'il est possible ou non d'effectuer l'essai.

La stratégie d'échantillonnage dépendra beaucoup de l'objectif final de l'analyse. Une stratégie (probablement utilisée par les autorités exécutives) est une analyse permettant de vérifier si le produit contient au moins une certaine substance dépassant la limite admissible. Cette approche implique un échantillonnage progressif sélectif, ciblant délibérément les parties du produit qui sont, soit connues, soit susceptible de contenir certaines substances. Chaque phase d'échantillonnage peut être suivie d'une analyse. Si le résultat ne révèle aucune des certaines substances au-dessus de la limite admissible, une autre étape d'échantillonnage et d'analyse peut être effectuée. Lorsque les résultats d'essai dépassent la limite admissible pour au moins une certaine substance dans une quelconque partie, le produit dans son ensemble est estimé non conforme et aucun autre échantillonnage ni analyse n'est nécessaire. L'Annexe B fournit une liste de composants ayant actuellement une probabilité de présence d'une ou plusieurs substances problématiques.

Une autre stratégie consiste à prouver la conformité totale du produit, dans la mesure du possible en descendant jusqu'au niveau du matériau homogène. Cette approche est une approche type pour le fabricant du produit ou du composant. Les échantillons sont préparés à partir de chaque matériau ou composant individuel. Puisque l'objectif est de couvrir tous les composants et matériaux dans un produit/ensemble, d'autres voies peuvent être utilisées pour recueillir des informations au niveau du produit. Dans la chaîne d'approvisionnement en aval, une documentation et/ou des rapports d'analyse du processus peuvent exister, diminuant l'effort nécessaire pour l'échantillonnage et l'analyse.

Lorsque l'objectif de l'analyse a été défini, la faisabilité de l'essai est effectuée (par exemple, la masse/la taille/le volume de l'échantillon est-il suffisant?) Un échantillonnage et un désassemblage complémentaires peuvent être nécessaires, lorsqu'on peut effectuer un choix, soit d'entièrement désassembler soit uniquement de sélectionner des matériaux ayant une forte probabilité de contenir certaines substances. Le Tableau B.1 est utilisé pour faciliter l'identification de ces composants et matériaux.

Si l'essai est approprié, la procédure d'essai correspondante doit être suivie. Lorsque certaines substances sont présentes dans le produit/la pièce, une exception peut être applicable (des exemples sont donnés dans le Tableau B.1).

En suivant l'organigramme de la Figure 1 qui est un processus itératif, on retrouve des échantillons à un niveau encore plus profond. L'importance de l'exécution ce processus dépendra de l'objectif de la stratégie d'échantillonnage. Après les étapes de détection, un autre essai analytique est effectué si nécessaire.

5 Échantillonnage

5.1 Remarques préliminaires

La présente norme fournit uniquement des directives d'échantillonnage générales qui sont destinées à constituer les fondements de la stratégie d'échantillonnage appropriée au produit électrotechnique.

Avant l'échantillonnage, il est nécessaire de traiter les questions suivantes:

- a) En se basant sur la connaissance disponible du produit, des sections/pièces susceptibles de contenir certaines substances (voir Annexe B) peuvent-elles être identifiées?
- b) Est-il possible d'analyser une quelconque de ces sections/pièces sans démontage?
- c) La section/pièce choisie peut être considérée comme un matériau homogène pour les besoins de l'analyse?
- d) La section/pièce sélectionnée pour l'analyse est-elle représentative?

- e) L'échantillon sélectionné satisfait-il aux critères de masse, surface, épaisseur ou volume, minimums, exigés par les méthodes analytiques choisies?

Les réponses à ces questions détermineront la stratégie d'échantillonnage et l'importance du démontage et du désassemblage s'il y a lieu, nécessaires pour fournir des échantillons représentatifs homogènes et en quantité suffisante pour permettre une analyse valable.

À chaque fois que possible, l'échantillonnage doit être effectué par étapes de démontage et désassemblage minimums. Chaque étape est suivie d'une évaluation de son efficacité (voir l'organigramme de la Figure 1), généralement par une analyse de détection (voir la CEI 62321-3-1 et la CEI 62321-3-2). En fonction des résultats de l'évaluation et des objectifs de l'analyse, un démontage, un désassemblage et un échantillonnage supplémentaires doivent être effectués comme nécessaire, en particulier pour une analyse de vérification des composants et des matériaux du produit. Cette approche fournit le moyen d'analyse le moins coûteux, le plus rapide et le plus efficace, en particulier lorsqu'il est effectué sur le produit fini.

Les nombreux types et la diversité des produits électrotechniques rendent impossible la fourniture de stratégies d'échantillonnage détaillées pour chacun. En remplacement, des procédures couvrant cinq niveaux d'échantillonnage de plus en plus destructifs sont décrites.

L'Annexe A indique les organigrammes d'échantillonnages généraux, basée sur la Figure 1 pour certains produits électrotechniques caractéristiques: lecteur de DVD, TRC, téléviseur à LCD, PDA/téléphone et ventilateur de bureau, ainsi que deux composants, une résistance à film épais et un potentiomètre CMS.

L'Annexe D énumère certains outils de démontage et de désassemblage couramment utilisés.

Lorsqu'on détermine certaines substances, il est fortement recommandé de s'assurer que les outils utilisés sont exempts des substances d'intérêt pour éviter une contamination possible.

L'Annexe E donne des exemples de démontage et de désassemblage, couvrant deux types de téléphone portable, ainsi que le désassemblage de divers petits composants électroniques, en particulier des boîtiers de circuits intégrés à grille de connexions et à billes (BGA).

5.2 Produits finis

L'échantillonnage du produit fini est la première étape non destructive de la stratégie d'échantillonnage itératif; où des pièces représentatives du produit peuvent être analysées dans leur forme actuelle sans démontage ou désassemblage.

Toutefois, « produit fini » est un terme relatif. Par exemple, un cordon d'alimentation en courant alternatif est un produit fini pour son fabricant mais il peut être simplement un composant d'un téléviseur. Les produits finis peuvent être évalués sans démontage s'ils ont une construction très simple ou si les emplacements de certaines substances attendues sont connus et qu'il est possible de les soumettre à essai sans démontage. Des exemples de ces produits sont des cordons d'alimentation, des câbles d'imprimante ou d'autres périphériques, des boîtiers de matériel, etc.

NOTE Même un produit apparemment simple tel qu'un cordon d'alimentation peut être constitué probablement de 10 à 20 matériaux homogènes différents.

5.3 Démontage partiel

Le produit est démonté jusqu'à atteindre ses principaux composants et sous-ensembles et il est soumis à un essai non destructif, si possible. Voir Annexe E.

5.4 Démontage complet

Le démontage complet sépare tous les composants dans la mesure du possible, tout en permettant toujours un remontage permettant de fournir un produit fonctionnel. Voir Annexe E.

5.5 Désassemblage partiel

L'analyse détaillée de certaines substances d'un produit électrotechnique complet nécessite fréquemment que des sous-ensembles et composants démontés fassent l'objet d'une séparation supplémentaire par désassemblage. Il est toutefois impossible de désassembler complètement ces produits en leurs matériaux homogènes constituants. Ainsi, l'échantillonnage et le désassemblage partiel de sous-ensembles et de composants doivent être concentrés sur les éléments ayant une forte probabilité de contenir certaines substances (voir Tableau B.1). Lorsque l'on considère les emplacements d'où l'on peut obtenir des échantillons pour analyse, il est important de comprendre la structure et les matériaux de ces éléments et les emplacements possibles de certaines substances contenues dans ceux-ci.

Après désassemblage, les sous-ensembles et/ou composants séparés ne peuvent pas être réassemblés dans un état fonctionnel.

Les sous-ensembles et composants constituent des éléments discrets dans des produits électrotechniques complets, tels que les téléphones portables, téléviseurs, ordinateurs personnels, réfrigérateurs, etc., dont des exemples types sont

- des cartes de câblage imprimé (PWB) remplies,
- des résistances,
- des condensateurs,
- des boîtiers de semiconducteur (circuits intégrés),
- des transformateurs,
- des connecteurs moulés,
- des dissipateurs de chaleur,
- des câbles de liaison, etc.

5.6 Désassemblage complet

L'objectif d'un désassemblage complet est la séparation complète de tous les composants en leurs matériaux homogènes. Ceci n'est généralement pas possible car le « désassemblage complet » se poursuit jusqu'à la séparation des composants en leurs matériaux homogènes aussi loin que le permettent les outils et les techniques disponibles.

Avant d'effectuer le « désassemblage complet » de composants complexes en leurs matériaux homogènes, l'expérience professionnelle, la formation et une analyse non destructive peuvent faciliter la détermination de leur structure et matériaux internes. Ceci peut être obtenu par

- l'expérience professionnelle,
- la documentation technique,
- l'analyse au moyen d'une détection par fluorescence X (XRF).

La méthode de la XRF est très utile pour identifier les matériaux présents avant le désassemblage, en particulier lorsque la structure de l'échantillon est inconnue. Comme toujours, des précautions doivent être prises pour interpréter les résultats.

5.7 Considérations relatives à l'échantillonnage et au désassemblage

5.7.1 Remarques préliminaires

Dans 5.3 à 5.6, le démontage et le désassemblage ont été expliqués en partant du niveau supérieur et en descendant jusqu'au niveau détaillé. Lorsqu'on parvient à ce niveau détaillé, certaines difficultés apparaissent. En théorie, l'échantillonnage jusqu'au niveau homogène peut se poursuivre jusqu'à l'échelle nanométrique. Toutefois en pratique, cet échantillonnage est au mieux très difficile ou consomme un temps inacceptable. Les limites de détection de la méthode d'essai dépendent des masses, dimensions ou volumes des échantillons. Un essai avec des masses, dimensions ou volumes inférieurs à ceux-ci peut rendre la méthode d'essai inappropriée pour confirmer la présence ou l'absence d'une substance donnée au-dessous du niveau admissible.

L'échantillonnage et une analyse de certaines substances au niveau du matériau homogène sont souvent difficiles et une bonne compréhension des fondements de l'interprétation est cruciale, en particulier lorsqu'on traite des échantillons composites.

5.7.2 Effectif d'échantillon requis

En se basant sur l'expérience pratique, les quantités minimales suivantes d'échantillons sont recommandées pour l'analyse:

- CEI 62321-3-1
 - fortement dépendantes de l'instrument, de la géométrie et du matériau. Pour les échantillons en polymère et en aluminium, une profondeur de plusieurs millimètres peut être nécessaire, tandis que pour d'autres métaux, l'épaisseur peut être approximativement de 1 mm ou moins.
- CEI 62321-3-2
 - 10 mg si la limite de détection minimale (MDL) < 10 mg/kg
- CEI 62321-4
 - 0,5 g si la limite de détection minimale (MDL) < 5 mg/kg
- CEI 62321-5
 - 0,5 g pour MDL < 50 mg/kg
 - 1 g pour MDL < 5 mg/kg
- CEI 62321-6 [5]
 - 100 mg pour MDL < 100 mg/kg par groupe de congénères
- CEI 62321-7-1 [6]
 - 50 cm² pour MDL < 0,02 µg/cm² pour des dépôts de chromate sur des métaux
- CEI 62321-7-2 [7]
 - 2,5 g pour MDL < 15 mg/kg pour les polymères et les circuits électroniques

Certains matériaux comportent des matrices pouvant être en dehors de ces paramètres. Des échantillons avec de fortes concentrations nécessitent une dilution, ce qui peut augmenter les MDL.

Pour les petits composants, il est souvent impossible d'obtenir une masse d'échantillon suffisante pour effectuer un essai analytique. Pour les besoins de l'explication, le Tableau 1 résume la façon dont on utilise les pondérations dans un rapport industriel type de déclaration des matériaux d'une grille de connexions ainsi que l'effectif d'échantillon minimum des méthodes d'essai de la CEI 62321 pour calculer le nombre minimum d'échantillons nécessaire pour recueillir une masse suffisante d'échantillons pour l'essai analytique. Les hypothèses techniques des calculs sont également présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Nombre minimum d'échantillons de grille de connexions nécessaires pour un essai analytique

Couche de matériau	Poids de matériau par unité/mg	Nombre d'unités nécessaires pour une analyse Pb/Hg/Cd ^a	Nombre d'unités nécessaires pour une analyse Cr ⁶⁺	Nombre d'unités nécessaires pour une analyse PBB et PBDE
Fil de liaison ^{b,c,d,e,f}	1,7	368	N/A	N/A
Fixation de la puce ^{b,c,d,e,f}	0,7	893	N/A	179
Grille de connexions ^{b,c,d,e,f}	42,0	15	N/A	N/A
Placage de la grille de connexions ^{b,c,d,e,f}	0,6	1 042	Inconnu	N/A
Composé de moulage ^{b,c,d,e,f}	52,9	12	N/A	3
Puce de silicium ^{b,c,d,e,f}	6,0	104	N/A	N/A
Hypothèses a On utilise la même méthode d'essai pour les 3 éléments et les concentrations peuvent être obtenues à partir d'un échantillon. Celle-ci est utilisée pour les besoins de l'explication pour présenter les effectifs d'échantillons. Toutefois, selon le Tableau B.1, Hg et Cd ne sont pas attendus dans un composant à grille de connexions. Si plusieurs substances sont nécessaires pour une analyse, le nombre d'unités nécessaires est alors la somme du nombre d'échantillons nécessaires pour la substance individuelle. b Les poids minimums des échantillons sont spécifiés dans la série CEI 62321. c Perte de 20 % en volume (poids) due à la préparation des échantillons. d Il est techniquement possible de séparer chaque couche de matériau sans contamination. e 100 % de chaque matériau peuvent être recueillis à partir de chaque couche. f Non applicable aux substances dont on s'attend à ce qu'elles ne soient pas présentes dans la couche de matériau (voir Tableau B.1).				

Le Tableau 1 montre que 15 échantillons sont théoriquement requis pour l'essai des connexions de la couche de matériau de la grille de connexions. Toutefois, comme expliqué à l'Annexe A, le nombre réel d'échantillons requis pour obtenir une masse suffisante à partir de la couche de la grille de connexions dans un environnement de laboratoire était plus proche de 30 à 35 échantillons. Ceci est dû au fait que la couche de la grille de connexions complète ne peut pas être recueillie à partir de chaque unité, car le processus de désassemblage mécanique doit empêcher une contamination croisée des autres couches de matériau. (Il est inutile d'analyser le chrome hexavalent car les risques sont très faibles pour que les pattes d'un circuit intégré contiennent du chrome hexavalent.) Les nombres présentés dans le Tableau 1 doivent donc être considérés comme le « meilleur cas » ou le « minimum théorique ».

En se basant sur les recommandations ci-dessus, pour exécuter l'ensemble des six essais pour certaines substances selon la série CEI 62321, une masse d'échantillons minimale de 3,6 g est nécessaire. Toutefois, en fonction du matériau, il peut exister une perte allant jusqu'à 20 % pendant la préparation de l'échantillon mécanique (voir Article 7) avant l'essai. $3,6/(1-0,2) = 4,4$ g peuvent donc constituer la quantité minimale réelle d'échantillons à obtenir à partir des éléments ou composants pour effectuer une analyse des six substances données. Les retardateurs de flammes ne sont généralement pas utilisés pour les couches de matériau métallique, pour l'analyse de ces seuls matériaux, l'effectif d'échantillon minimum peut donc être réduit à $3,5/(1-0,2) = 4,4$ g.

À mesure que le nombre d'échantillons nécessaires pour l'essai augmente, il en va de même pour le risque que la population de composants ne soit pas identique. Les composants peuvent provenir de lots différents et/ou leur matériaux peuvent différer, même si le numéro de pièce et/ou les performances et/ou les spécifications restent les mêmes. En conséquence, le résultat analytique peut être une moyenne trompeuse des échantillons soumis à essai.

(hauts niveaux de dilution d'une certaine substance dans quelques-uns seulement des échantillons) ou même ne pas pouvoir conduire à une conclusion.

Ainsi, l'échantillonnage d'un grand nombre de petits composants, par exemple ceux qui sont représentés dans le Tableau 2 et dans l'exemple de grille de connexions du Tableau 1, peuvent rendre l'essai analytique définitif très difficile. Par exemple, le matériau recueilli pour l'analyse peut-il être considéré comme un matériau homogène? Les échantillons utilisés sont-ils identiques entre eux? Quels sont les critères utilisés pour évaluer l'uniformité du lot de composants?

5.7.3 Effectif d'échantillon en fonction de la limite de détection

Il existe une relation inverse entre l'effectif d'échantillon et la limite de détection. À mesure que la quantité de matériau disponible pour l'analyse diminue, la limite de détection de la méthode d'une substance donnée augmente.

Le processus de désassemblage devient de plus en plus difficile à mesure que la taille des composants diminue. Toutefois la taille ne constitue pas toujours le facteur de limitation. Il est plus difficile par exemple de disjoindre un circuit intégré de 10 mm³ qu'une varistance de 4 mm³. En raison de la difficulté du désassemblage de petits éléments, il est utile de spécifier une taille minimale au-delà de laquelle le désassemblage n'est plus nécessaire. Les composants plus petits que cette taille minimale sont pulvérisés et le matériau résultant est analysé et traité comme un « matériau homogène » pour les limitations techniques de l'échantillonnage et de l'analyse, même s'il s'agit en fait d'un composé de plusieurs matériaux homogènes. Dans ce cas, les problèmes de limite de détection présentés dans le Tableau 2 deviennent importants. Il convient de noter que le réglage d'un effectif d'échantillon minimum à un certain niveau ne résout pas certains problèmes de base associés à l'échantillonnage et à l'essai analytique.

Si le désassemblage se poursuit jusqu'au matériau homogène le plus petit, la quantité de matériau nécessaire pour l'analyse est déterminée par la quantité minimale d'échantillon nécessaire pour une méthode analytique particulière, qui est associée au type d'échantillon, à la technique de préparation de l'échantillon (voir Article 7) et à la méthode analytique. Par exemple, lors de l'essai du plomb dans des polymères par ICP-MS utilisant une incinération par voie sèche comme procédure de préparation d'échantillon, un échantillon de 0,02 g est nécessaire pour une limite de rapport de 1 mg/kg ou, lorsqu'on utilise l'ICP-AES, un échantillon de 0,2 g est nécessaire pour une limite de rapport de 5 mg/kg.

En général, chaque combinaison de matrice, technique de préparation d'échantillon et méthode analytique possède un effectif d'échantillon minimum nécessaire pour obtenir une limite de rapport particulière. Lorsque l'effectif d'échantillon est réduit, la limite de rapport augmente jusqu'à ce que, en utilisant l'ICP-AES, pour une taille d'échantillon de 0,02 g, la limite de rapport ait augmenté jusqu'à 50 mg/kg. Il est important de comprendre la relation de l'effectif d'échantillon et de la limite de rapport pour la matrice, la technique de préparation des échantillons et la méthode analytique utilisée pour déterminer une certaine substance.

5.7.4 Essai composite d'échantillons pouvant être désassemblés

Lorsqu'un matériau pouvant être soumis à l'essai est limité et difficile à obtenir, il est particulièrement important d'être conscient de la probabilité de la présence d'une certaine substance donnée pour éviter un essai inutile (voir Tableau B.1). L'ignorance de ces considérations peut conduire à de faux résultats positifs. Par exemple, il n'est pas nécessaire de soumettre les métaux à essai pour les retardateurs de flamme. Toutefois, lorsqu'on recueille des conducteurs ou des billes de circuit intégré, une petite quantité de composé de moulage peut rester attachée au métal, constituant une source de retardateur de flamme. Une telle contamination croisée est virtuellement inévitable et il est nécessaire d'en tenir compte.

Un échantillonnage produisant une éprouvette consistant en plusieurs matériaux homogènes (« un composite ») peut donc être positif à l'essai pour une ou plusieurs substances données.

Lorsque les résultats sont exprimés en mg/kg de l'échantillon composite mélangé, on peut découvrir qu'ils se trouvent au-dessous de la limite admissible. Ce mécanisme est illustré dans le cas hypothétique du Tableau 2. Lorsqu'on exprime la concentration du matériau composite total, celle-ci peut être inférieure au niveau tolérable (par exemple, 1 000 mg/kg), tandis que les résultats basés sur le matériau homogène peuvent largement dépasser le niveau tolérable. Un exemple d'une telle situation est représenté dans le Tableau 2, où le matériau A contient un niveau significatif de plomb (Pb) qui est dilué dans le résultat global en plomb de l'échantillon composite mélangé. D'autres considérations relatives aux échantillons composites sont traitées à l'Annexe C.

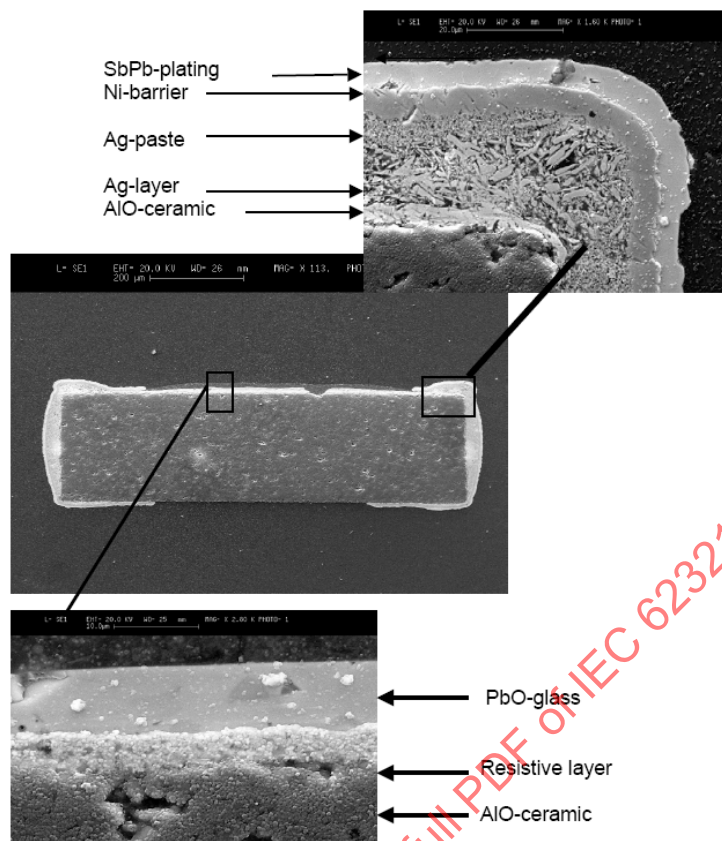
Tableau 2 – Niveaux d'une certaine substance dans un échantillon composite

Matériau homogène	Fraction massique %	Concentration de Pb mg/kg	Concentration de Pb dans l'échantillon composite mg/kg
A	25	1 200	300
B	25	600	150
C	20	0	0
D	15	0	0
E	15	40	6
Total pour l'échantillon composite	100		456

5.7.5 « Matériaux homogènes » non uniformes

Il existe un conflit inhérent dans la définition du matériau homogène pour les éléments ou composants ne pouvant pas être mécaniquement désassemblés mais n'ayant pas une composition chimique uniforme. Comme mentionné ci-dessus, il peut être nécessaire d'homogénéiser ces échantillons et de les traiter comme un matériau « homogène » unique pour les besoins de l'essai. Toutefois, une connaissance bien plus approfondie de la structure et des matériaux du composant est nécessaire pour obtenir des résultats analytiques valables.

Lorsque le composant est préparé (par exemple, broyé en une poudre) et soumis à essai comme un échantillon unique, le résultat analytique sera le niveau moyen des certaines substances présentes par rapport à la masse totale de l'échantillon soumis à essai. Des difficultés apparaissent lorsque des formes à la fois restreintes et non restreintes de la même substance coexistent dans l'échantillon. Ceci est représenté à la Figure 2 pour une résistance qui ne peut pas être mécaniquement désassemblée, mais contient du plomb dans des applications restreintes (dépôt à base de plomb, section transversale supérieure) et exemptes (verre à l'oxyde de plomb (PbO, section transversale inférieure). L'échantillon composite de ce composant ne pouvant pas être désassemblé ne peut pas se distinguer parmi les différentes sources de plomb. Il n'est donc pas possible de déterminer les concentrations en plomb dans chacun des matériaux homogènes en soumettant la résistance à essai comme échantillon composite. Ceci est essentiellement vrai pour plusieurs dimensions de composants ne pouvant pas être mécaniquement désassemblés.



IEC 1254/13

Légende

Anglais	Français
SbPb-plating	Placage Sb-Pb
Ni-barrier	Barrière en Ni
Ag-paste	Pâte d'Ag
Ag-layer	Couche d'Ag
AlO-ceramic	Céramique AlO
PbO-glass	Verre au PbO
Resistive layer	Couche résistive
AlO-ceramic	Céramique AlO

Figure 2 – Section transversale d'une résistance à base d'oxyde de plomb d'une largeur de 900 µm (CMS)

Lorsque des restrictions sur plusieurs substances s'appliquent à un composant unique au niveau du matériau homogène, pouvant être basées sur leur application spécifique, les matériaux homogènes individuels doivent toujours être analysés séparément, ce qui peut se révéler difficile dans la pratique.

Il est nécessaire d'élaborer des stratégies pour relever ces défis, en particulier à mesure que les dimensions des produits électrotechniques continuent à diminuer et que leur complexité continue à croître, tandis que le nombre de certaines substances augmente et la limite autorisée diminue. Des techniques de détection sont utilisées pour recueillir davantage d'informations sur les certaines substances et il est possible d'analyser des matériaux sur place par section transversale comme représenté à la Figure 2 (voir la CEI 62321-3-1 et la CEI 62321-3-2). Il reste toutefois difficile de faire la distinction entre des formes exemptes et restreintes de la même substance.

5.7.6 Détermination de la position d'échantillonnage de matériaux homogènes

Bien que des matériaux « homogènes » du commerce partagent les mêmes propriétés physiques ou chimiques, leurs compositions ne sont pas toujours entièrement uniformes. Si la masse d'échantillon nécessaire pour l'essai n'est pas supérieure à la moitié de la masse disponible du matériau, l'échantillonnage doit être effectué à plusieurs emplacements. Par exemple, les positions d'échantillonnage doivent être choisies dans différentes zones, incluant au moins un centre géométrique et les extrémités de deux diagonales.

6 Conclusions et recommandations pour l'échantillonnage

La stratégie et le processus d'échantillonnage sont des étapes préliminaires critiques pour l'analyse valable de certaines substances dans des produits électrotechniques. La qualité des résultats analytiques et de façon spécifique leur représentativité de l'échantillon analysé sont directement affectées par la technique d'échantillonnage. Le choix de la stratégie d'échantillonnage dépend de la ou des substances à déterminer, de leurs limites admissibles, du fondement sur lequel sont appliquées les restrictions et des exemptions possibles. D'autres facteurs importants sont la structure complexe des produits électrotechniques, la petite taille de leurs composants, la teneur en matériaux divers, les variations d'un lot à un autre, la profondeur de la chaîne d'approvisionnement et la méthode d'essai analytique. Ces considérations sont expliquées en détail à l'Article 4, qui conclut que le choix de la stratégie d'échantillonnage est régi par les objectifs de l'analyse, que l'on doit conserver à l'esprit.

Une procédure itérative générique pour l'échantillonnage est décrite à la Figure 1. Étant donnée sa nature itérative, il n'existe pas d'approche universelle unique. L'entité effectuant l'échantillonnage doit déterminer quels sont les niveaux d'itération de démontage et de désassemblage nécessaires pour satisfaire aux objectifs de l'analyse, ainsi que leur nombre. Chaque itération est suivie d'une évaluation de l'importance avec laquelle ces objectifs ont été satisfaits. Le grand nombre d'exemples de l'Article 5 et des Annexes A à E (voir également la CEI 62321-3-1) montre que la bonne stratégie d'échantillonnage et une utilisation intelligente de techniques analytiques peuvent substantiellement diminuer la quantité de travail nécessaire.

La présente norme montre que l'échantillonnage en vue de l'analyse de certaines substances dans des produits électrotechniques est souvent compliqué et même impossible lorsqu'on évalue de petites pièces et composants complexes. La difficulté provient de la restriction des substances au niveau « matériau homogène » qui devient donc un élément essentiel de l'échantillonnage. Des problèmes apparaissent lorsqu'on évalue un échantillon dont la composition n'est pas uniforme dans son ensemble, ne pouvant cependant pas pour des raisons pratiques être mécaniquement désassemblé (par exemple, la résistance de la Figure 2). Ce scénario illustre l'insuffisance de la définition d'un matériau homogène. Lorsqu'aucun autre désassemblage mécanique n'est possible, un essai analytique seul ne peut pas déterminer si l'échantillon satisfait aux exigences de certaines substances au niveau du matériau homogène.

Il est souvent impossible de disjoindre et de soumettre à essai tous les matériaux homogènes dans un produit ou un composant. Même lorsque c'est physiquement possible, des contraintes telles que le temps, les ressources et la quantité de matériau disponible peuvent être insuffisantes pour obtenir une analyse significative. Pour atténuer ce problème, les stratégies d'échantillonnage doivent utiliser prudemment les informations issues des déclarations de matériaux et de la connaissance de la probabilité de la présence de la certaine substance dans un type de matériau spécifique (voir Tableau B.1). Le paragraphe 5.7 souligne l'importance de la compréhension des limitations des stratégies d'essai intelligentes (par exemple l'essai de matériaux composites) pour pouvoir prendre des décisions efficaces. Ces stratégies doivent également être cohérentes avec les objectifs de l'analyse.

7 Préparation mécanique de l'échantillon

7.1 Présentation

7.1.1 Champ d'application

La présente norme fournit des stratégies de traitement de parties sélectionnées d'un élément. Des techniques courantes sont traitées pour la réduction mécanique de la taille des produits électrotechniques, de leurs sous-unités ou des parties constitutives, préalablement à la détermination de certaines substances.

NOTE La manipulation et la préparation des échantillons pour les méthodes analytiques spécifiques sont traitées dans d'autres parties de la série CEI 62321.

L'utilisateur doit choisir d'appliquer une ou plusieurs des approches ou un équivalent pour créer des échantillons appropriés à l'analyse. La sélection de la (des) technique(s) appropriée(s) dépend de la taille de particule requise pour la méthode analytique à utiliser. D'autres méthodes de préparation mécanique de l'échantillon peuvent être employées à condition que la granulométrie requise de l'échantillon soit obtenue sans contaminer ou altérer l'échantillon par certaines substances.

7.1.2 Assurance qualité

Face au risque d'une erreur d'analyse due à la contamination ou à l'évaporation des composants volatils (par exemple vaporisation sous l'effet de la chaleur), ou à une perte de matériau par émission de poussières, il est important de choisir l'équipement et les procédures de nettoyage appropriés.

La contamination peut être due à l'équipement de broyage et aux accessoires éventuels qui sont en contact avec l'échantillon. Pour ce qui concerne l'équipement choisi, on doit connaître les éléments qui peuvent se dégager et contaminer l'échantillon d'analyse, par exemple du cobalt (Co) et du tungstène (W) peuvent se dégager d'un équipement en carbure de tungstène (WC) et du chrome (Cr), du nickel (Ni), du molybdène (Mo) ainsi que du vanadium (V) peuvent se dégager d'un équipement en acier inoxydable.

Le laboratoire doit démontrer par expérimentation qu'un processus mécanique n'entraîne aucune contamination par des quantités décelables de certaines substances, ou par la perte de ces dernières. De façon similaire, la procédure employée pour le nettoyage de l'équipement de préparation mécanique de l'échantillon prévient la contamination de l'échantillon par certaines substances provenant de l'échantillon précédent. Par exemple, la transformation et l'analyse des matériaux de référence certifiés et des témoins avant ou après transformation d'un matériau réputé contenir des niveaux significatifs de certaines substances peuvent être nécessaires. L'utilisation de matériaux de référence certifiés n'est pas obligatoire. Toutefois, les matériaux utilisés doivent présenter une teneur connue en substances réglementées afin de pouvoir déterminer que les procédés mécaniques de préparation et de nettoyage de l'échantillon n'entraînent pas de contamination ou de perte de substances réglementées. L'efficacité de la technique de préparation mécanique de l'échantillon doit être surveillée en continu par des pratiques courantes de contrôle de la qualité, y compris les pointes de matrice et les échantillons témoins.

7.2 Appareillage, équipements et matériaux

Les appareils, équipements et matériaux suivants sont requis, en fonction du type de matériaux préparés:

- a) un broyeur primaire ou à couteaux, avec tamis de fond en acier inoxydable de 4 mm et 1 mm ou similaire;
- b) un broyeur centrifuge à tamis d'acier revêtu de carbure de tungstène (WC) de 250 μm et à rotor sextuple revêtu de WC (pour un matériau plastique uniforme, un tamis d'acier de

1 mm convient). Un tamis en titane de 1 mm et un rotor de tamis en acier/titane doit être utilisé pour éviter tout risque d'introduction d'impuretés pendant le broyage;

- c) une meule/broyeur à impact cryogénique, sans lame, de type «congélateur» à bac d'azote liquide autonome, carter isolé, contrôle de vitesse, chronomètre programmable et verrouillage de sécurité;
- d) un mélangeur d'homogénéisation (par exemple mélangeur);
- e) une balance d'analyse d'une précision de 0,000 1 g;
- f) des broches (différentes tailles);
- g) du papier;
- h) des ciseaux et des cisailles à tôle forte;
- i) un bécher en verre;
- j) de l'azote liquide (LN₂).

L'azote liquide est plutôt volatil et peut donner lieu à une carence en oxygène dans la zone d'utilisation, surtout si elle est fermée. Le laboratoire est responsable de la conformité aux procédures de sécurité appropriées et de l'emploi d'équipements de protection lors du broyage cryogénique;

- k) un entonnoir à poudre;
- l) des gants;
- m) des lunettes de sécurité;
- n) un récipient en polyéthylène (à utiliser avec le LN₂).

7.3 Mode opératoire

7.3.1 Coupe manuelle

La coupe manuelle convient à une découpe et à une préparation grossières des échantillons avant une réduction supplémentaire, par broyage, etc. Les effectifs d'échantillons maximaux recommandés sont énumérés ci-dessous, mais dépendront de la spécification des équipements utilisés dans les procédés de préparation ultérieurs:

- a) produits électroniques: les échantillons sont prédécoupés à une taille de 40 mm × 40 mm à l'aide d'une cisaille à tôle forte (voir 7.2 h);
- b) tôles métalliques: les échantillons sont prédécoupés à une taille de 40 × 40 mm à l'aide d'une cisaille à tôle forte (voir 7.2 h);
- c) polymères: les échantillons sont prédécoupés à une taille de 5 mm × 5 mm à l'aide d'une cisaille ou de ciseaux à tôle forte (voir 7.2 h). Les feuilles minces de polymère doivent être découpées en petits morceaux à l'aide d'une cisaille (voir 7.2 h).

7.3.2 Broyage primaire

Le broyage primaire convient pour réduire les échantillons à environ 1 mm de diamètre. Refroidir, si nécessaire, les échantillons à l'azote liquide (7.2 j). Le broyage cryogénique est recommandé pour les échantillons organiques. Placer les échantillons dans un récipient en polyéthylène (7.2 n) pour le refroidir à l'azote liquide (7.2 j) constitue un exemple de préparation cryogénique. Attendre que l'azote liquide se soit dissipé (7.2 j), puis attendre 10 min supplémentaires. Broyer alors les échantillons dans le broyeur (7.2 c) muni d'un tamis de fond en acier inoxydable de 4 mm. Pendant le broyage, maintenir l'échantillon à une température inférieure à -20 °C. Essuyer soigneusement le broyeur et recueillir toutes les particules. Regarnir le broyeur (7.2 c) avec un tamis de fond prépesé en acier inoxydable de 1 mm et retraiter le matériau de 4 mm. Enlever soigneusement le broyeur (7.2 c) et recueillir toutes les particules. Prévoir un temps de refroidissement de 5 min entre les cycles de broyage.

NOTE Il est possible que les matériaux métalliques ne puissent être broyés qu'à des tailles de particules de 4 mm (même si des particules de 1 mm sont préférables).

7.3.3 Homogénéisation

L'homogénéisation convient à la préparation des échantillons après broyage primaire dans le mélangeur avant de poursuivre la réduction de taille dans le broyeur centrifuge (7.2 b). Utiliser un conteneur d'une capacité égale au double du volume de poudre à mélanger. Régler le mélangeur (7.2 d) à une vitesse appropriée et mélanger la poudre jusqu'à ce qu'elle soit homogène.

7.3.4 Broyage fin

Le broyage fin convient à la réduction des échantillons à moins de 1 mm de diamètre.

Le broyage cryogénique (7.2 c) est recommandé pour les échantillons organiques ne comportant pas de parties métalliques. Veiller à ne pas laisser LN₂ (7.2 j) venir en contact direct avec la poudre, afin d'empêcher les éclaboussures et la perte d'échantillon, par exemple en utilisant un récipient en polyéthylène (7.2 n).

Broyer la poudre d'échantillon dans le broyeur centrifuge (7.2 b). Essuyer soigneusement le broyeur (7.2 b) et recueillir toute la poudre. La matière recueillie doit être tamisée de manière à obtenir un échantillon suffisamment homogène de classe granulométrique connue.

7.3.5 Broyage très fin des polymères et matières organiques

Cette procédure convient pour réduire des échantillons d'un diamètre de 500 µm ou moins. Elle ne convient pas au métal, au verre ou aux matériaux similaires durs et coupants.

Entre 3 g et 10 g de matériau coupé grossièrement (sections de 3 mm à 5 mm) à broyer sont placés dans le tube d'échantillon rempli entre deux-tiers et trois-quarts de sa capacité. Ajouter le corps broyant et fixer les extrémités du tube. Laisser refroidir le broyeur à impact cryogénique sans lame (7.2 c) à la température ambiante pendant 15 min en remplissant le réservoir avec LN₂ (7.2 j). Placer les tubes contenant les échantillons dans le broyeur (7.2 c) et verrouiller le couvercle en place. Un ou plusieurs tamis doivent être ajoutés pour obtenir un échantillon suffisamment homogène.

Annexe A (informative)

Exemples de procédures d'échantillonnage et de désassemblage

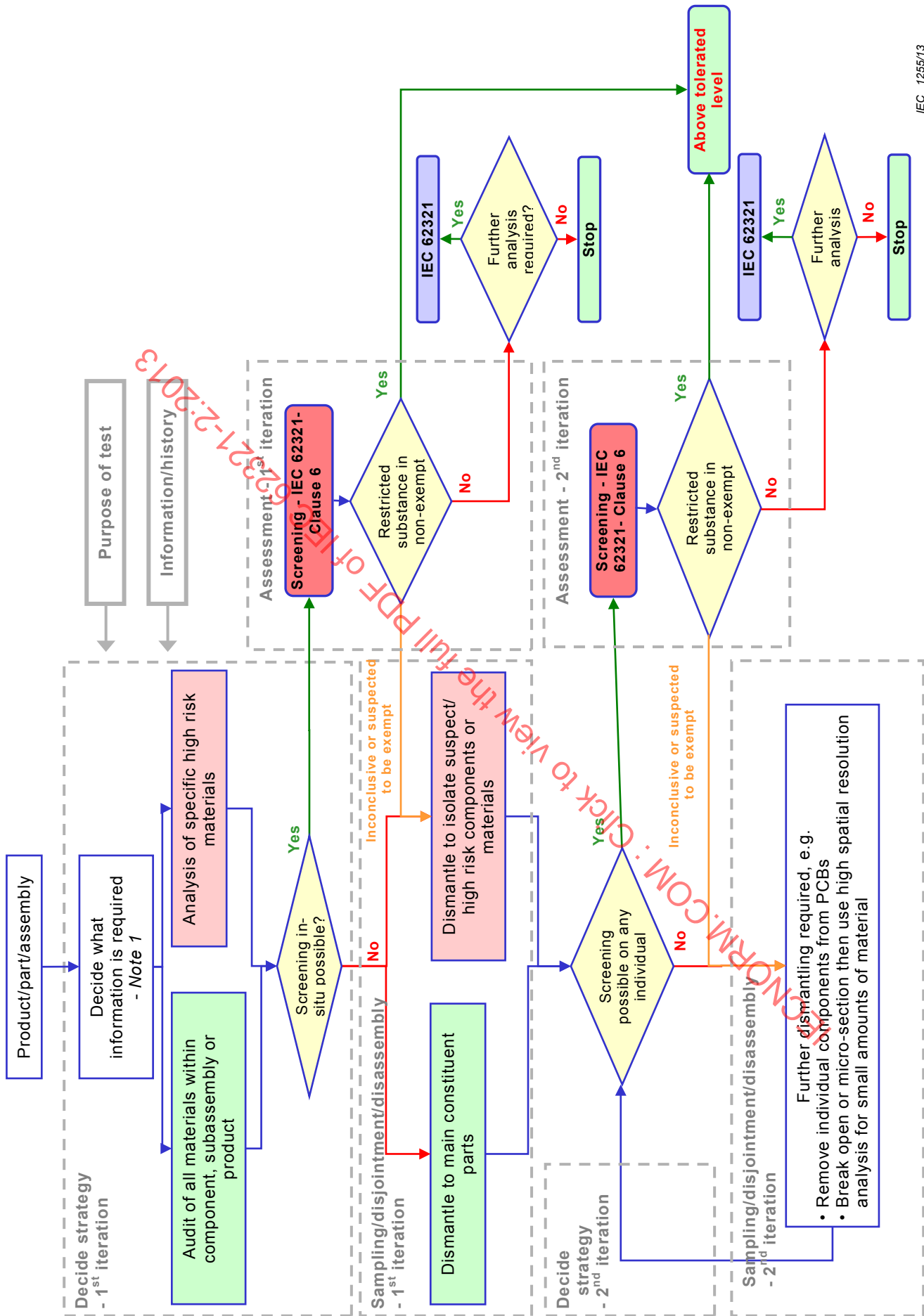
A.1 Remarques préliminaires

Cette annexe fournit une procédure générique détaillée pour l'échantillonnage et le désassemblage (Figure A.1, voir aussi Figure 1) ainsi que plusieurs exemples réels:

- échantillonnage d'un lecteur de DVD (Figure A.2);
- échantillonnage d'un TRC (Figure A.3);
- échantillonnage d'un téléviseur à LCD (Figure A.4);
- échantillonnage d'un PDA/téléphone (Figure A.5);
- échantillonnage d'un ventilateur de bureau (Figure A.6);
- échantillonnage de composants – résistance à film mince (Figure A.7);
- échantillonnage de composants – potentiomètre CMS (Figure A.8).

On doit tenir compte des points suivants, conjointement avec les organigrammes.

- a) Une analyse peut être effectuée pour un certain nombre de raisons:
 - analyse d'un matériau ou d'un emplacement spécifique (par exemple, un fabricant effectuant un audit interne, un distributeur vérifiant les zones du produit électronique dans lesquelles existe une forte probabilité de présence de certaines substances, une autorité exécutive recherchant un renseignement particulier);
 - la détection en tant que partie d'une inspection de biens entrant;
 - l'étape initiale d'un examen exhaustif de tout le produit.
- b) Voir la probabilité de la présence de certaines substances au Tableau B.1.
- c) Les exceptions pour certaines substances dans certaines applications ne s'appliquent que pour une législation régionale particulière.

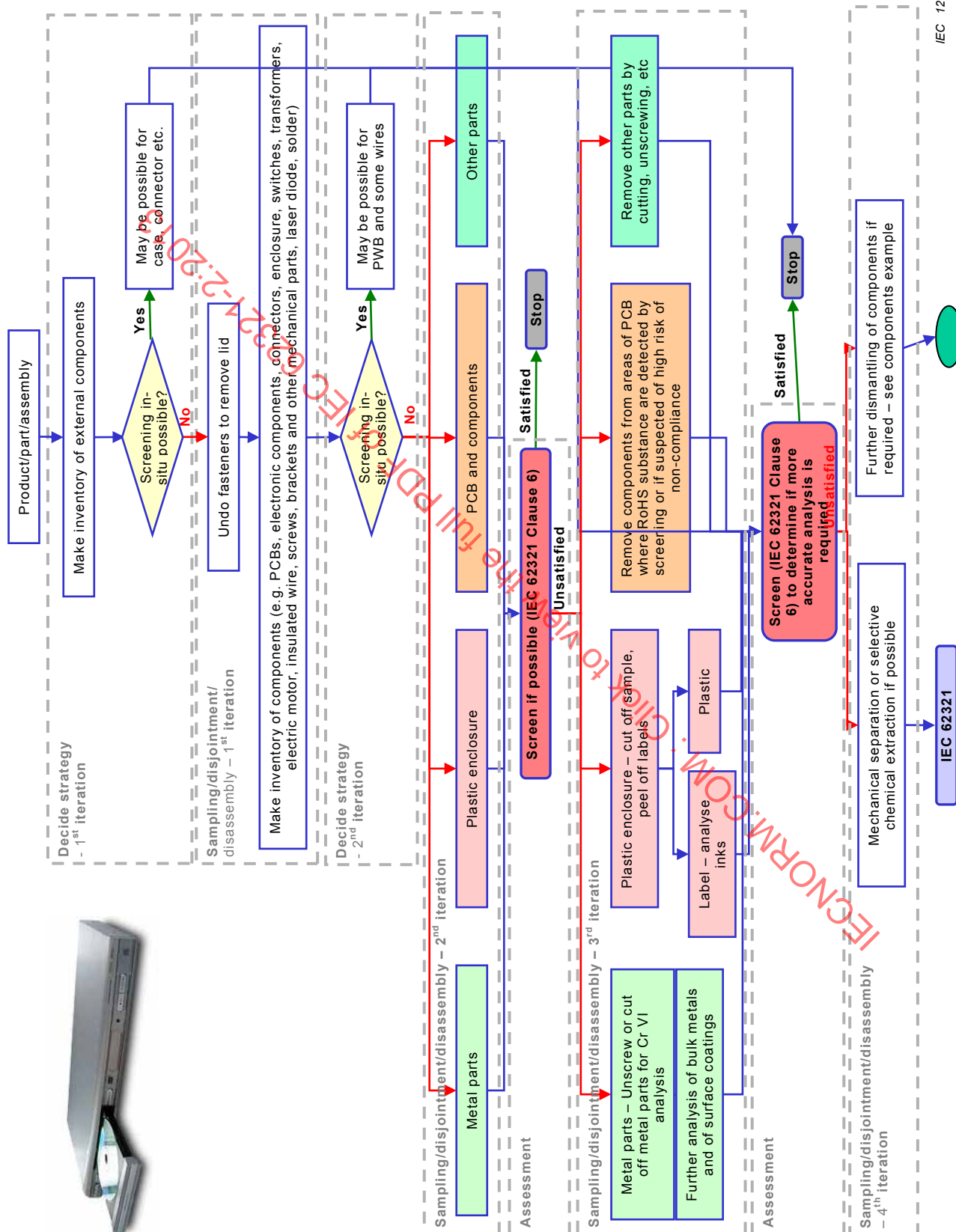


Légende

Anglais	Français
Product/part/assembly	Produit/pièce/ensemble
Decide strategy – -1 st iteration	Décider d'une stratégie – - 1 ^{ère} itération
Decide what information is required – Note 1	Décider des informations requises – Note 1
Audit of all materials within component, subassembly or product	Audit de tous les matériaux dans les composants, sous-ensembles ou produit
Analysis of specific high risk materials	Analyser les matériaux spécifiques à haut risque
Screening in-situ?	Détection sur place?
Yes	Oui
No	Non
Inconclusive or suspected to be exempt	Sans conclusion ou suspecté exempt
Sampling/disjointment/disassembly – 1 st iteration	Échantillonnage/désassemblage/démontage – - 1 ^{ère} itération
Dismantle to main constituent parts	Démonter en pièces constituantes principales
Dismantle to isolate suspect/high risk components or materials	Démonter pour isoler les composants ou matériaux suspects/à haut risque
Decide strategy – 2 nd iteration	Décider d'une stratégie – 2 ^{ème} itération
Screening possible on any individual parts?	Détection possible sur toutes pièces individuelles?
Yes	Oui
No	Non
Inconclusive or suspected to be exempt	Sans conclusion ou suspecté exempt
Sampling/disjointment/disassembly – 2 nd iteration	Échantillonnage/désassemblage/démontage – - 2 ^{ème} itération
Further dismantling required, e.g. - Remove individual components from PCBs - Break open or micro-section then use high spatial resolution analysis for small amounts of materials	Autre démontage requis, p.e. - Retrait de composants individuels des PCB - Rupture ouverture ou microsection et utiliser ensuite analyse pour de petites quantités de matériaux
Purpose of test	But de l'essai
Information/history	Historique des informations
Assessment – 1 st iteration	Évaluation – 1 ^{ère} itération
Screening IEC 62321 – Clause 6	Détection CEI 62321 – Article 6
Restricted substance present in non-exempt form?	Substance limitée présente dans forme non-exemple
Yes	Oui
No	Non
Assessment – 2 nd iteration	Évaluation – 2 ^{ème} itération

Anglais	Français
Screening IEC 62321-3-1 – Clause 6	Détection CEI 62321-3-1 – Article 6
Restricted substance in non-exempt form?	Substance limitée sous forme non exempte?
Yes	Oui
No	Non
IEC 62321	CEI 62321
Further analysis?	Autre analyse?
Yes	Oui
No	Non
Stop	Fin
Above tolerated level	Au-dessus du niveau toléré
IEC 62321	CEI 62321
Further analysis?	Autre analyse?
Yes	Oui
No	Non
Stop	Fin

Figure A.1 – Méthodologie d'échantillonnage et de désassemblage

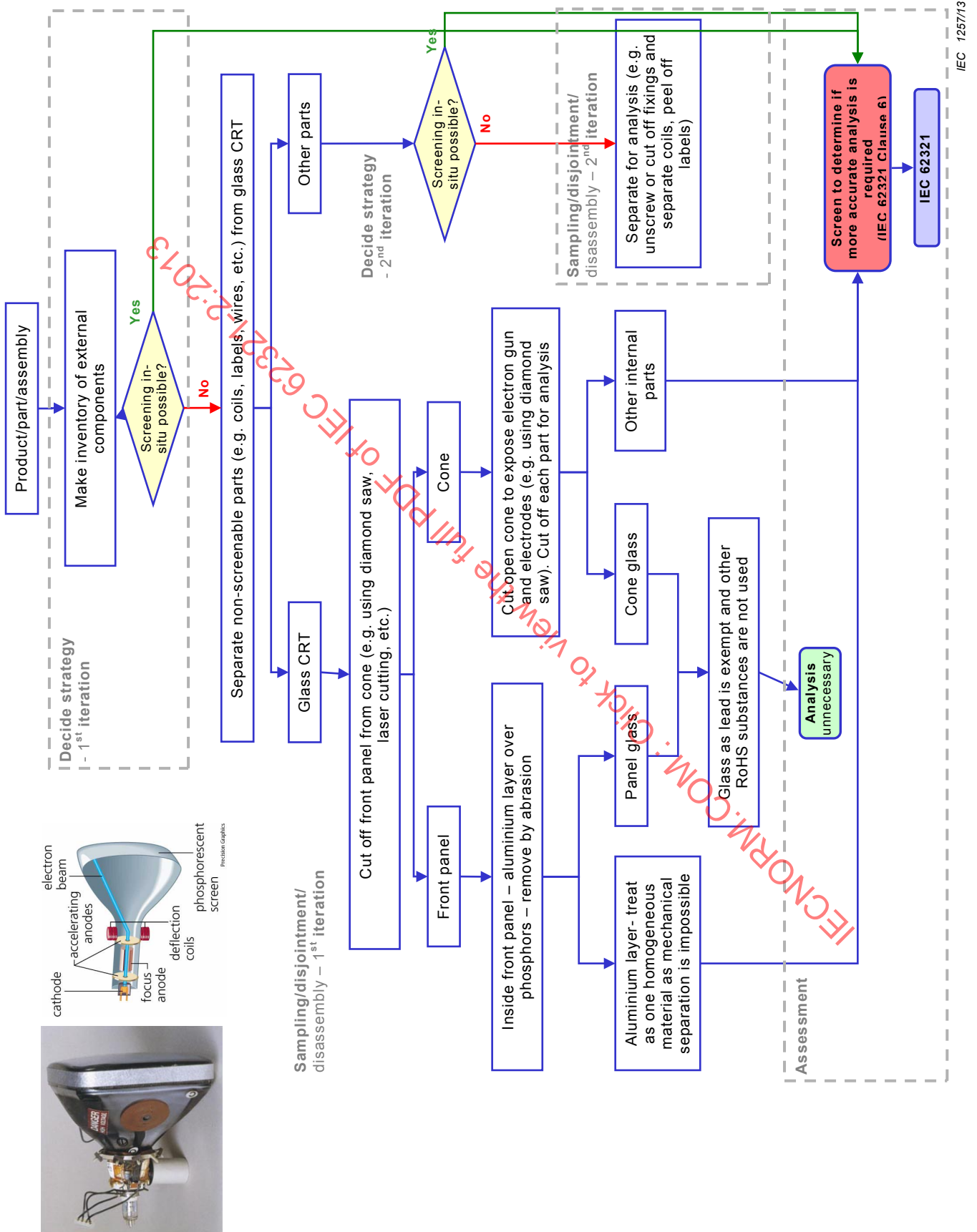


Légende

Anglais	Français
Product/part/assembly	Produit/pièce/ensemble
Decide strategy – 1st iteration	Décider d'une stratégie – 1 ^{ère} itération
Make inventory of external components	Faire l'inventaire des composants externes
Screening in-situ possible?	Détection sur place possible?
Yes	Oui
May be possible for case, connector, etc.	Possible pour boîtier, connecteur, etc.
No	Non
Sampling disjointment/disassembly – 1st iteration	Échantillonnage désassemblage/démontage – 1 ^{ère} itération
Undo fasteners to remove lid	Détacher les fixations pour enlever le couvercle
Make inventory of components (e.g. PCBs, electronic components, connectors, enclosure, switches, transformers, electric motor, insulated wire, screws, brackets and other mechanical parts, laser diode, solder)	Faire l'inventaire des composants (p.e. PCB, composants électroniques, connecteurs, enceinte, commutateurs, transformateurs, moteur électrique, fil isolé, vis, pinces et autres pièces mécaniques, diode laser, soudure)
Screening in-situ possible?	Détection sur place possible?
May be possible for PWB and some wires	Possible pour PWB et certains fils
Yes	Oui
No	Non
Sampling disjointment/disassembly – 2nd iteration	Échantillonnage désassemblage/démontage – 2 ^{ème} itération
Metal parts	Pièces métalliques
Plastic enclosure	Enceinte plastique
PCB and components	PCB et composants
Other parts	Autres pièces
Assessment	Évaluation
Screen if possible (IEC 62321 Clause 6)	Détection si possible (CEI 62321 Article 6)
Satisfied	Satisfait
Unsatisfied	Non satisfait
Stop	Fin
Sampling disjointment/disassembly – 3rd iteration	Échantillonnage désassemblage/démontage – 3 ^{ème} itération
Metal parts – Unscrew or cut off metal parts for Cr VI analysis	Pièces métalliques – Dévisser ou couper les pièces métalliques pour analyse Cr VI

Anglais	Français
Further analysis of bulk metals and of surface coatings	Autre analyse des métaux bruts et des revêtements de surface
Plastic enclosures – cut off sample, peel off labels	Enceintes plastique – découpe échantillons, arrachage étiquettes
Label – analyse inks	Étiquettes – analyse de l'encre
Plastic	Plastique
Remove components from areas of PCB where RoHS substance are detected by screening or if suspected of high risk of non-compliance	Retirer les composants des zones du PCB où une substance RoHS est détectée par détection ou si un fort risque de non conformité est suspecté
Remove other parts by cutting, unscrewing, etc.	Retirer les autres parties par découpe, dévissage, etc.
Assessment	Évaluation
Screen (IEC 62321 Clause 6) to determine if more accurate analysis is required	Détection (CEI 62321 Article 6) pour déterminer si une analyse plus précise est nécessaire
Satisfied	Satisfaite
Stop	Fin
Unsatisfied	Non satisfaite
Sampling disjointment/disassembly – 4th iteration	Échantillonnage désassemblage/démontage – 4ème itération
Mechanical separation or selective chemical extraction if possible	Séparation mécanique ou extraction chimique si possible
Further dismantling of components if required – see components example	Autre démontage de composants si nécessaire – voir exemple de composants
IEC 62321	CEI 62321

Figure A.2 – Échantillonnage d'un lecteur de DVD

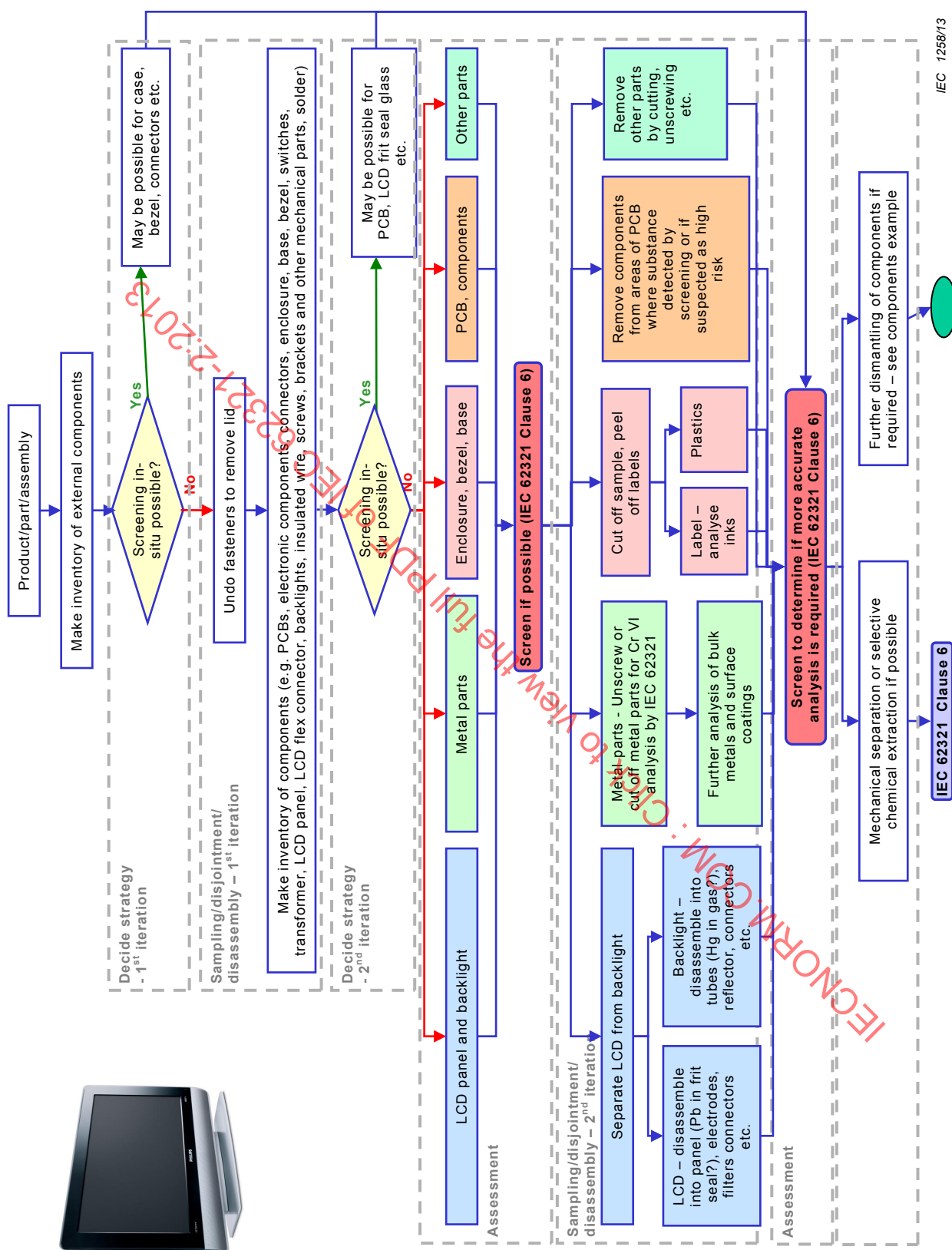


Légende

Anglais	Français
Product/part/assembly	Produit/pièce/ensemble
Decide strategy - 1 st iteration	Décider d'une stratégie – 1 ^{ère} itération
Make inventory of external components	Faire l'inventaire des composants externes
Screening in-situ possible?	Détection sur place possible?
Yes	Oui
No	Non
Separate non-screenable parts (e.g. coils, labels, wires, etc.) from glass CRT	Séparer les pièces non détectables (p.e. bobines, étiquettes, fils, etc.) du verre du TRC
Glass CRT	Verre du TRC
Other parts	Autres pièces
Sampling/disjointment/disassembly – 1 st iteration	Échantillonnage/désassemblage /démontage – 1 ^{ère} itération
Cut off front panel from core (e.g. using diamond saw, laser cutting, etc.)	Découper le panneau avant du cœur (p.e. à l'aide d'une scie au diamant, découpe laser, etc.)
Front panel	Panneau avant
Cone	Cône
Inside front panel – aluminium layer over phosphors – remove by abrasion	Supprimer par abrasion intérieur panneau avant, couche d'aluminium sur les luminophores
Cut open come to expose electron gun and electrodes (e.g. using diamond saw). Cut off each part for analysis	Découper pour ouvrir et exposer le canon à électrons et les électrodes (p.e. à l'aide d'une scie au diamant). Découper chaque pièce pour analyse
Aluminium layer – treat as one homogenous material as mechanical separation is impossible	Couche d'aluminium – traitée comme un matériau homogène si séparation mécanique impossible
Panel glass	Panneau en verre
Cone glass	Cône en verre
Other internal parts	Autres pièces intérieures
Glass as lead is exempt and other RoHsd substances are not used	Verre au plomb exempté et pas d'autres substances RoHS utilisées
Assessment	Évaluation
Analysis unnecessary	Analyse inutile
Decide strategy – 2 nd iteration	Décider d'une stratégie – 2 ^{ème} itération
Screening in- situ possible?	Détection sur place possible?
Yes	Oui
No	Non
Sampling/disjointment/disassembly – 2 nd iteration	Échantillonnage/désassemblage/démontage – 2 ^{ème} itération

Anglais	Français
Separate for analysis (e.g. unscrew or cut off fixings and separate coils, peel off labels)	Séparer pour analyse (p.e. dévisser ou couper fixations et séparer bobines, arracher les étiquettes)
Screen to determine if more accurate analysis is required (IEC 62321 Clause 6)	Détection pour déterminer si une analyse plus précise est nécessaire (CEI 62321 Article 6)
IEC 62321	CEI 62321
Cathode	Cathode
Accelerating anodes	Anodes d'accélération
Electron beam	Faisceau d'électrons
Focus anode	Anode de focalisation
Deflection coils	Bobines de déflexion
Phosphorescent screen	Écran à luminophores

Figure A.3 – Échantillonnage d'un TRC



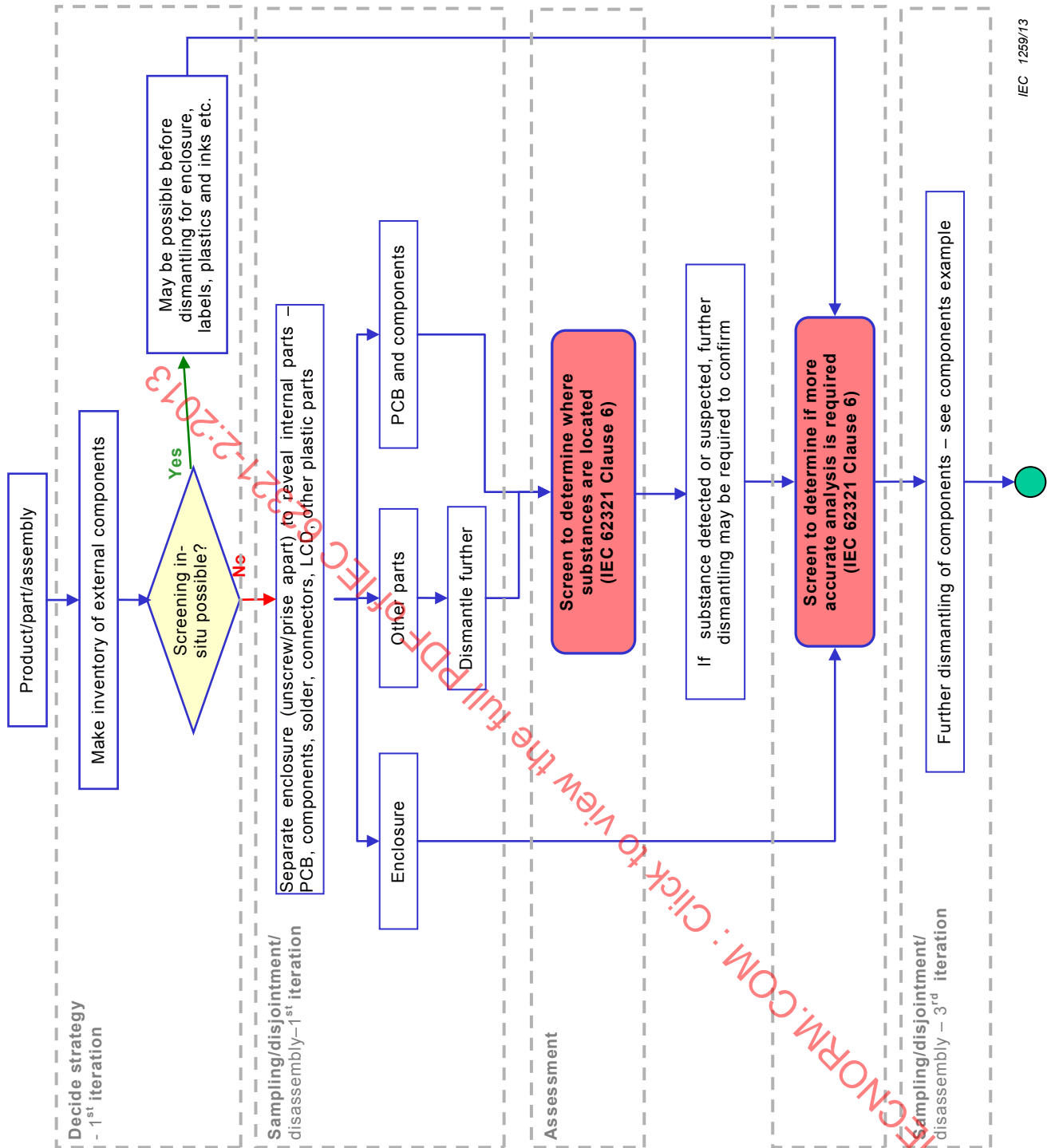
Légende

Anglais	Français
Product/part/assembly	Produit/pièce/ensemble
Make inventory of external components	Faire l'inventaire des composants externes
Decide strategy – 1 st iteration	Décider d'une stratégie – 1 ^{ère} itération
Screening in-situ?	Détection sur place?
Yes	Oui
No	Non
May be possible for case, bezel, connectors, etc.	Possible pour le boîtier, plaque indicatrice, connecteurs, etc.
Sampling/disjointment/disassemble – 1 st iteration	Échantillonnage/désassemblage/démontage – 1 ^{ère} itération
Undo fasteners to remove lid	Détacher les fixations pour enlever le couvercle
Make inventory of components (e.g. PCBs, electronic components, connectors, enclosure, base, bezel, switches, transformer, LCD panel, LCD flex connector, backlights, insulated wire, screws, brackets and other mechanical parts, solder)	Faire l'inventaire des composants (p.e. PCB, composants électroniques, connecteurs, enceinte, base, plaque indicatrice, commutateurs, transformateurs, panneau LCD, connecteur souple LCD, rétroéclairage, fil isolé, vis, pinces et autres pièces mécaniques, soudure)
Decide strategy – 2 nd iteration	Décider d'une stratégie – 2 ^{ème} itération
Screening in-situ?	Détection sur place?
Yes	Oui
No	Non
May be possible for PCB, LCD frit seal glass, etc.	Possible pour PCB, fritte joint de verre LCD, etc.
Assessment	Évaluation
LCD panel and backlight	Panneau LCD et rétroéclairage
Metal parts	Pièces métalliques
Enclosure, bezel, base	Enceinte, plaque indicatrice, base
PCB, components	PCB, composants
Other parts	Autres pièces
Screen if possible (IEC 62321 Clause 6)	Détection si possible (CEI 62321 Article 6)
Sampling/disjointment/disassemble – 2 nd iteration	Échantillonnage/désassemblage/démontage – 2 ^{ème} itération
Separate LCD from backlight	Séparer le PCB du rétroéclairage
LCD – disassemble into panel (Pb in frit seal?), electrodes, filters, connectors, etc.	LCD – démonter dans panneau (Pb dans joint fritté?), électrodes, filtres, connecteurs, etc.
Backlight – disassemble into tubes (Hg in gas?), reflectors, connectors, etc.	Rétroéclairage – démonter dans tubes (Hg dans gaz?), réflecteurs, connecteurs, etc.
Metal parts – Unscrew or cut off metal parts for Cr VI analysis by IEC 62321	Pièces métalliques – Dévisser ou couper les pièces métalliques pour analyse Cr VI selon CEI 62321

Anglais	Français
Further analysis of bulk metals and surface coatings	Autre analyse des métaux bruts et des revêtements de surface
Cut off sample, peel off labels	Découper échantillons, arracher les étiquettes
Label – analyse inks	Étiquette – Analyser les encres
Plastics	Plastique
Remove components from areas of PCB where substance detected by screening or if suspected as high risk	Retirer les composants des zones du PCB où une substance est détectée par détection ou si un fort risque est suspecté
Remove other parts by cutting, unscrewing, etc.	Retirer les autres parties par découpe, dévissage, etc.
Screen to determine if more accuracy analysis is required (IEC 62321 Clause 6)	Détection pour déterminer si une analyse plus précise est requise (CEI 62321 Article 6)
Mechanical separation or selective chemical extraction if possible	Séparation mécanique ou extraction chimique sélective si possible
IEC 62321 Clause 6	CEI 62321 Article 6
Further dismantling of components if required – see component example	Démontage supplémentaire si nécessaire – voir exemple de composant

Figure A.4 – Échantillonnage d'un téléviseur à LCD

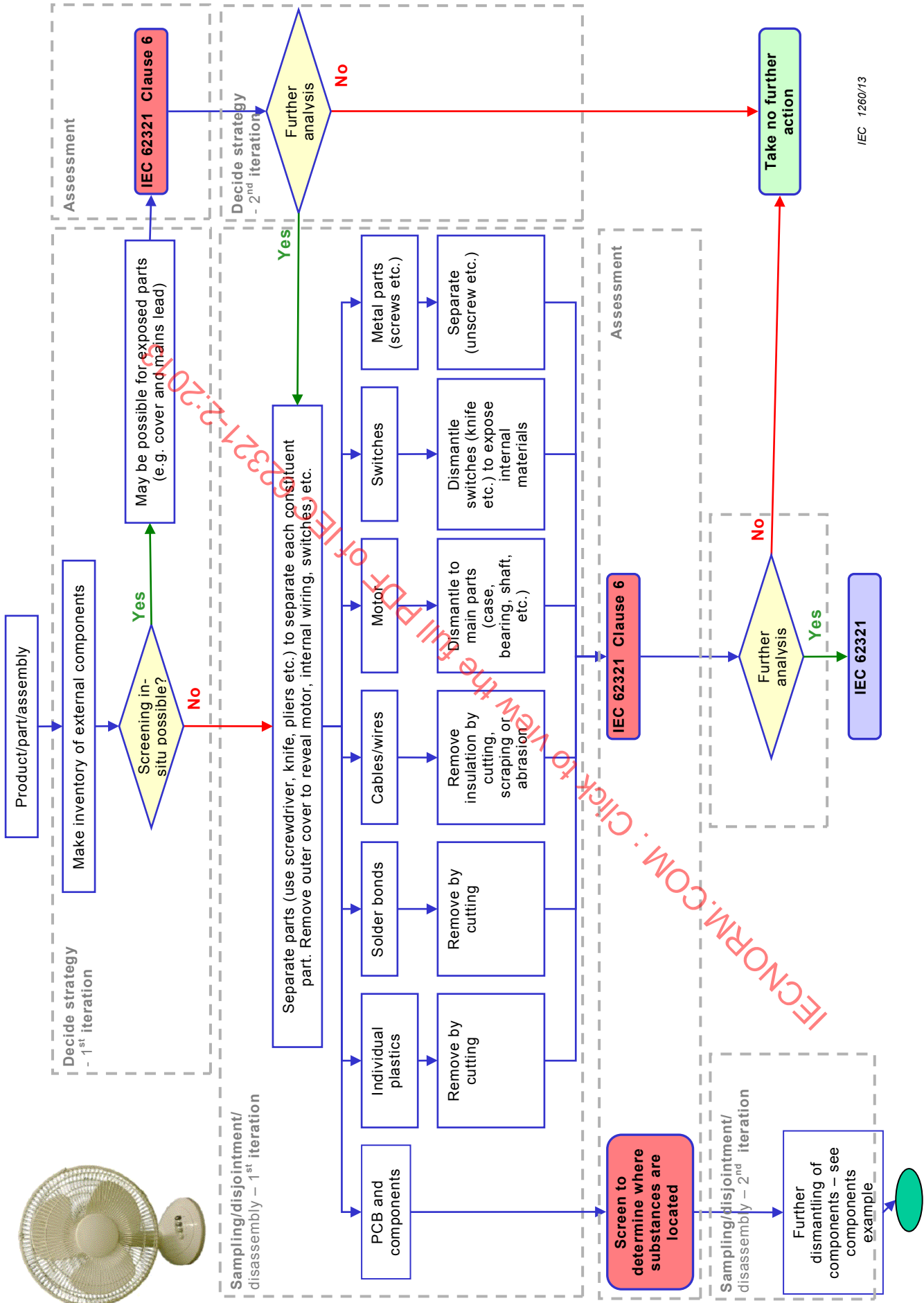
IECNORM.COM : Click to view the full PDF



Légende

Anglais	Français
Product/part/assembly	Produit/pièce/ensemble
Decide strategy – 1 st iteration	Décider d'une stratégie – 1 ^{ère} itération
Make inventory of external components	Faire l'inventaire des composants externes
Screening in-situ?	Détection sur place?
Yes	Oui
No	Non
May be possible before dismantling for enclosure, labels, plastics and inks, etc.	Possible avant démontage pour enceinte, étiquettes, plastique et encres, etc.
Sampling/disjointment/disassembly – 1 st iteration	Échantillonnage/désassemblage /démontage – 1 ^{ère} itération
Separate enclosure (unscrew/prise apart) to reveal internal parts – PCB, components, solder, connectors, LCD, other	Séparer l'enceinte (dévissage/séparation) pour révéler pièces intérieures: PCB, composants, soudure, connecteurs, LCD, autres
Enclosure	Enceinte
Other parts	Autres pièces
PCB and components	PCB et composants
Dismantle further	Démontage supplémentaire
Assessment	Évaluation
Screen to determine where substances are located (IEC 62321 Clause 6)	Détection pour déterminer où sont situées les substances (CEI 62321 Article 6)
If substance detected or suspected, further dismantling may be required to confirm	Si substance détectée ou suspectée, un démontage supplémentaire peut être requis pour confirmation
Screen to determine if more accurate analysis is required (IEC 62321 Clause 6)	Détection pour déterminer si une analyse plus précise est nécessaire (CEI 62321 Article 6)
Sampling/disjointment/disassembly – 3 rd iteration	Échantillonnage/désassemblage/démontage – 3 ^{ème} itération
Further dismantling of components – see components example	Autre démontage de composants – voir exemple de composants

Figure A.5 – Échantillonnage d'un PDA/téléphone

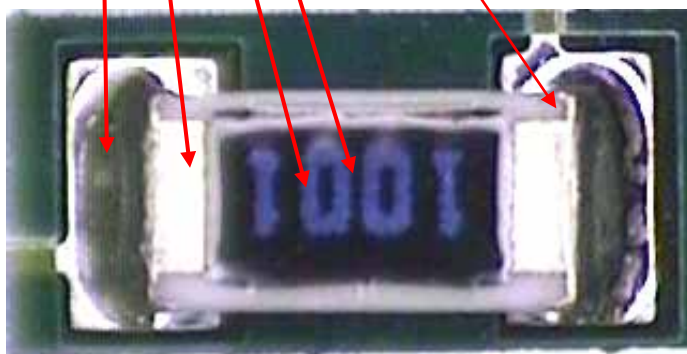
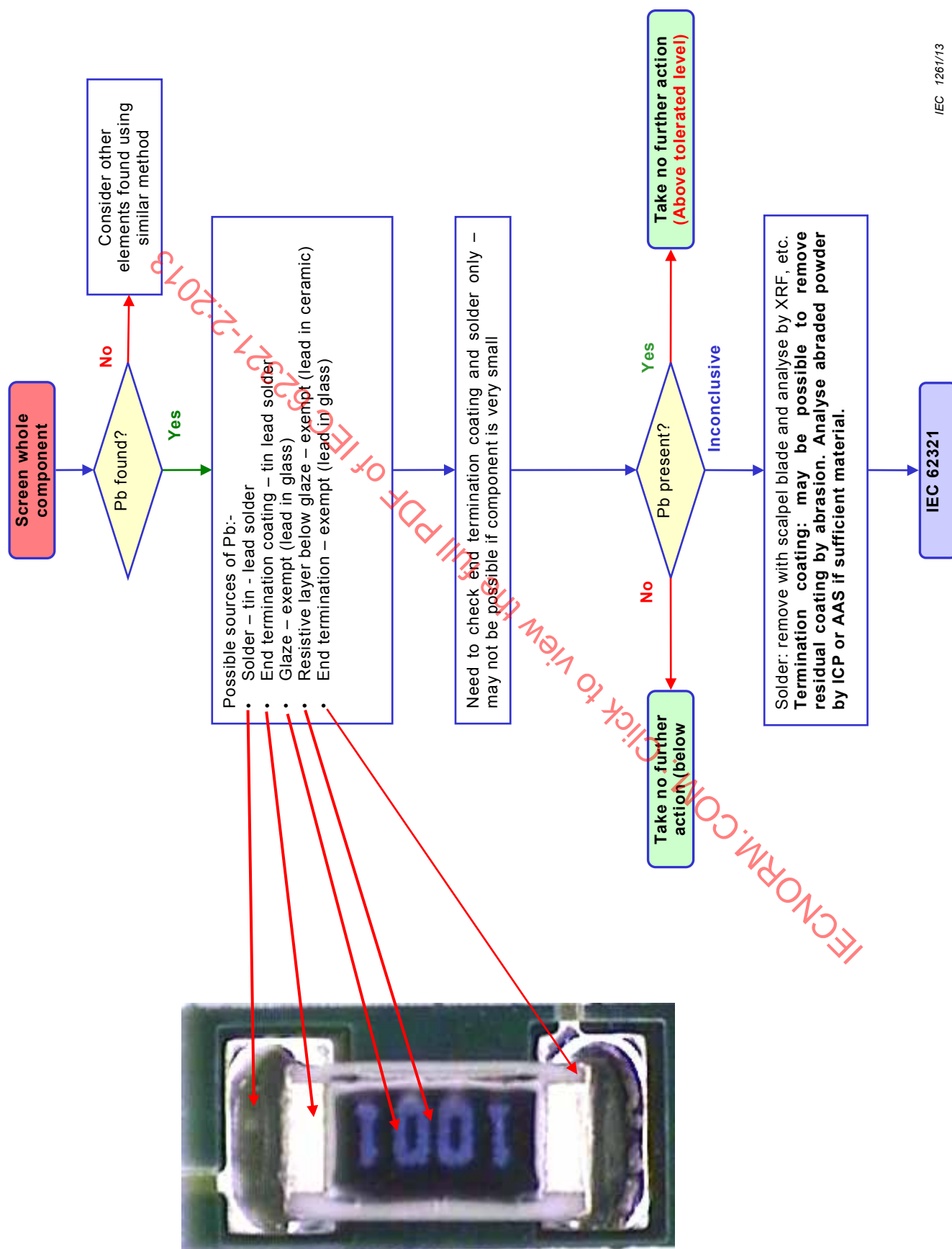


Légende

Anglais	Français
Product/part/assembly	Produit/pièce/ensemble
Decide strategy – 1 st iteration	Décider d'une stratégie – 1 ^{ère} itération
Make inventory of external components	Faire l'inventaire des composants externes
Screening in-situ possible?	Détection sur place possible?
Yes	Oui
No	Non
May be possible for exposed parts (e.g. cover and mains lead)	Possible pour les pièces exposées (p.e. couvercle et conducteur secteur)
Sampling/disjointment/disassembly – 1 st iteration	Échantillonnage/désassemblage/démontage - 1 ^{ère} itération
Separate parts (use screwdriver, knife, pliers, etc.) to separate each constituent part. Remove outer cover to reveal motor, internal wiring, switches, etc.	Séparer les pièces (utiliser tournevis, couteau, pinces, etc.) pour séparer chaque pièce constitutive. Enlever capot extérieur pour révéler moteur, câblage intérieur, commutateurs, etc.
PCB and components	PCB et composants
Individual plastics	Plastique individuel
Solder bonds	Liaisons de soudure
Cables/wires	Câbles/fils
Motor	Moteur
Switches	Commutateurs
Metal parts (screws, etc.)	Pièces métalliques (vis, etc.)
Remove by cutting	Retirer par découpe
Remove by cutting	Retirer par découpe
Remove insulation by cutting scraping or abrasion	Retirer l'isolation par découpe grattage ou abrasion
Dismantle to main parts (case, bearing, shaft, etc.)	Démonter en pièces principales (boîtier, palier, arbre, etc.)
Dismantle switches (knife etc.) to expose internal materials	Démonter commutateurs (couteau, etc.) pour exposer matériaux internes
Separate (unscrew, etc.)	Séparer (dévissage, etc.)
Screen to determine where substances are located	Détection pour déterminer l'emplacement des substances
IEC 62321 Clause 6	CEI 62321 Article 6
Assessment	Évaluation
Sampling/disjointment/disassembly – 2 nd iteration	Échantillonnage/désassemblage/démontage – 2 ^{ème} itération
Further dismantling of components – see components example	Autre démontage de composants – voir exemple de composants
Assessment	Évaluation

Anglais	Français
IEC 62321 Clause 6	CEI 62321 Article 6
Decide strategy – 2 nd iteration	Décider d'une stratégie – 2 ^{ème} itération
Further analysis?	Autre analyse?
Yes	Oui
No	Non
Take no further action	Pas d'autre action
Further analysis?	Autre analyse?
Yes	Oui
No	Non
IEC 62321	CEI 62321

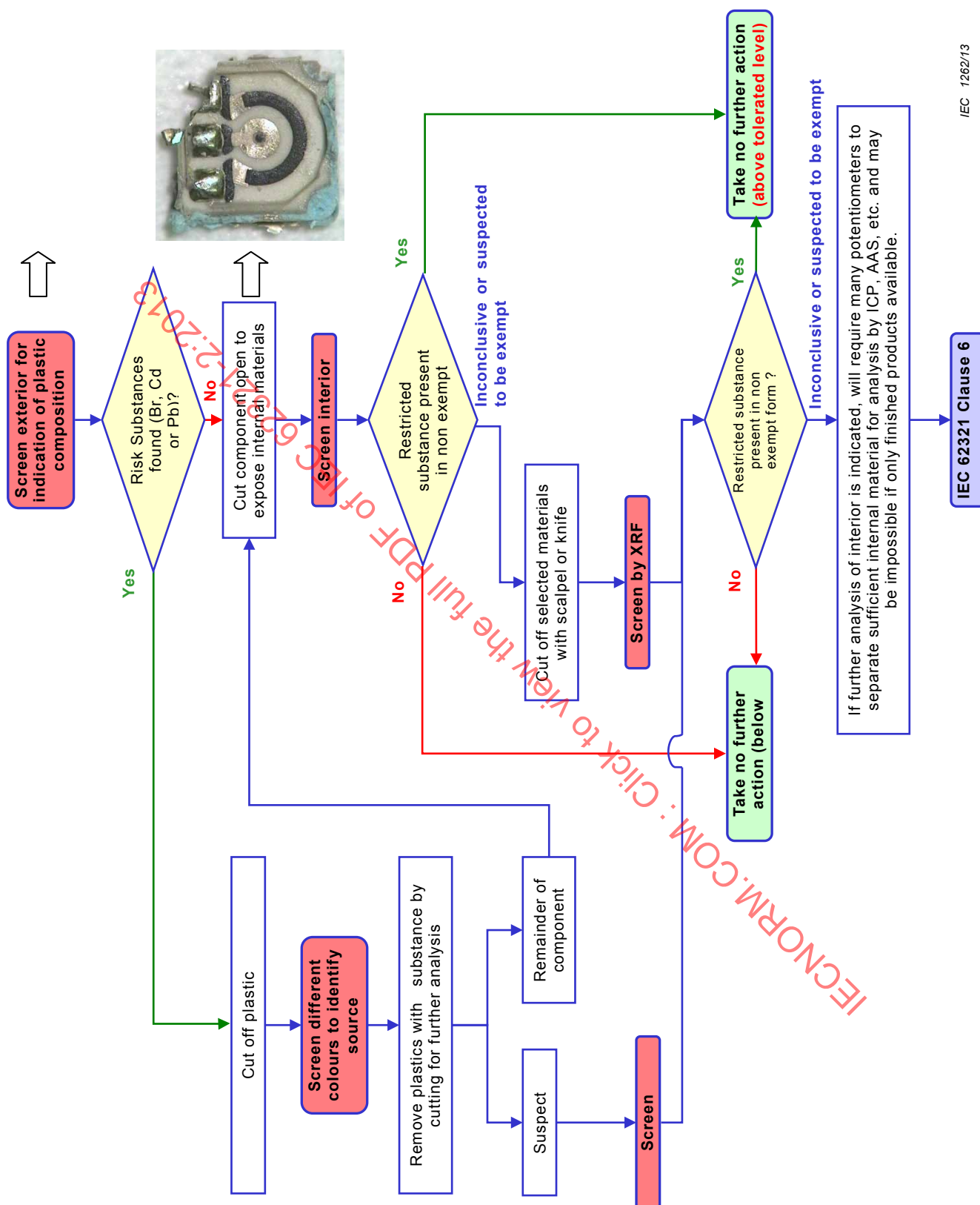
Figure A.6 – Échantillonnage d'un ventilateur de bureau



Légende

Anglais	Français
Screen whole component	Détection composant entier
Pb found?	Pb trouvé?
No	Non
Yes	Oui
Consider other elements found using similar method	Traiter les autres éléments trouvés en utilisant une méthode similaire
Possible sources of Pb: - Solder – tin – lead solder - End termination coating – tin lead solder - Glaze – exempt (lead in glass) - Resistive layer below glaze – exempt (lead in ceramic) - End termination – exempt (lead in glass)	Sources possibles de Pb: - Soudure – soudure plomb – étain - Dépôt d'extrémité des terminaisons – soudure plomb – étain - Poli – exempt (plomb dans le verre) - Couche résistive sous poli – exempt (plomb dans la céramique) - Terminaison d'extrémité – exempt (plomb dans le verre)
Need to check end termination coating and solder only – may not be possible if component is very small	Nécessité de vérifier seulement le revêtement des terminaisons et la soudure – peut être impossible si le composant est très petit
Take no further action	Pas d'autre action
Pb present?	Pb présent?
Yes	Oui
No	Non
Inconclusive	Pas de conclusion
Take no further action (above tolerated level)	Pas d'autre action (au-dessus du niveau toléré)
Solder remove with scalpel blade and analyse by XRF, etc. Termination coating may be possible to remove residual coating by abrasion. Analyse abraded powder by ICP or AAS if sufficient material.	Retirer soudure avec lame de scalpel et analyser par XRF, etc. Dépôt des terminaisons, possibilité d'enlever le dépôt résiduel par abrasion. Analyse poudre d'abrasion par ICP ou AAS si matériau en quantité suffisante.
IEC 62321	CEI 62321

Figure A.7 – Échantillonnage de composants – Résistance à film mince



Légende

Anglais	Français
Screen exterior for indication of plastic composition	Détection indication de composition plastique à l'extérieur
Risk substances found (Br, Cd or Pb)?	Substances à risque trouvées (Br, Cd ou Pb)?
Yes	Oui
No	Non
Cut off plastic	Découper plastique
Screen different colours to identify source	Détection couleurs différentes pour identifier source
Remove plastics with substances by cutting for further analysis	Enlever plastique avec substances par découpe pour analyse supplémentaire
Suspect	Suspect
Remainder of component	Reste du composant
Screen	Détection
Cut component open to expose internal materials	Couper composant ouvert pour exposer les matériaux internes
Screen interior	Détection intérieur
Restricted substance present in non exempt form?	Substance restreinte présente sous forme non exemptée?
Yes	Oui
No	Non
Inconclusive or suspected to be exempt	Pas de conclusion ou suspectée être exemptée
Cut off selected materials with scalpel or knife	Découper matériaux sélectionnés avec couteau de scalpel
Screen by XRF	Détection par XRF
Take no further action (below tolerated level)	Pas d'autre action (sous le niveau toléré)
Restricted substance present in non exempt form?	Substance restreinte présente sous forme non exemptée?
Yes	Oui
No	Non
Take no further action. (below tolerated level)	Pas d'autre action (sous le niveau toléré)
Inconclusive or suspected to be exempt	Pas de conclusion ou suspectée être exemptée
If further analysis of interior is indicated, will require many potentiometers to separate sufficient internal material for analysis by ICP, AAS, etc. and may be impossible if only finished products available	Si autre analyse de l'intérieur indiquée, nécessite un grand nombre de potentiomètres pour séparer suffisamment de matériau intérieur pour analyse par ICP, AAS, etc. et peut être impossible si seuls des produits finis sont disponibles
IEC 62321 Clause 6	CEI 62321 Article 6

Figure A.8 – Échantillonnage de composants – Potentiomètre CMS

Annexe B (informative)

Probabilité de présence de certaines substances

B.1 Remarques introductives

De nombreux produits électrotechniques contiennent un grand nombre de types de matériaux et de substances différents. La connaissance de la présence ou de l'absence de certaines substances dans les composants et matériaux des produits électrotechniques est ainsi avantageuse pour la vérification de la conformité, car celle-ci permet d'optimiser l'échantillonnage et l'analyse comme décrit à l'Annexe A. La connaissance des éléments suivants peut constituer une ligne directrice dans l'approche correcte d'échantillonnage et d'essai:

- la fonction d'une substance dans un ensemble de matériaux;
- la compatibilité chimique d'une substance dans son matériau de matrice;
- les transformations chimiques apparaissant pendant le traitement/la fabrication d'une substance/d'un matériau;
- ainsi que d'autres aspects.

L'efficacité est obtenue en éliminant l'essai des substances dont on sait qu'elles ne sont pas présentes dans un matériau ou un composant particulier, par exemple des retardateurs de flamme PBB/PBDE dans des composants métalliques. Les matériaux et les composants ayant une plus grande probabilité de présence de certaines substances nécessitent généralement une analyse plus fréquente et complète.

Le Tableau B.1 est une présentation des matériaux et composants types dans des produits électrotechniques avec leur probabilité de présence pour six substances problématiques. Il donne une indication initiale des zones d'échantillonnage pertinentes. Ce tableau n'a pas pour objet d'être exhaustif, car de nouveaux matériaux sont constamment introduits grâce aux innovations technologiques et sur les produits.

Tableau B.1 – Probabilité de présence de certaines substances dans des matériaux et composants utilisés dans des produits électrotechniques (1 de 4)

Composants et matériaux	Certaines substances ^a						Nombre de matériaux homogènes ^b	Remarques
	Hg	Cd	Pb	Cr (VI)	PBB	PBDE		
Pièces mécaniques								
Châssis – métal							1	Sans peinture
Boîtier – plastique	L	L	L	L	L	M	1	
Cordon/câble d'alimentation	L	H	H	L	L	M	>1	
Capteur à film épais	L	H	M	L	L	M	>1	
Dissipateur de chaleur	L	L	L	L	N/A	N/A	1	
Vis, rondelle, fixation – métal	L	M	M	H	N/A	N/A	1 et >1	Certaines sont enrobées, par exemple de chromate noir et jaune

Tableau B.1 (2 de 4)

Composants et matériaux	Certaines substances ^a						Nombre de matériaux homogènes ^b	Remarques
	Hg	Cd	Pb	Cr (VI)	PBB	PBDE		
Verre – TRC, joint verre-métal de lampe	L	M	H	L	N/A	N/A	>1	Le Pb dans le verre peut être exempté
Dépôt phosphorescent (par exemple TRC)	L	H	L	L	N/A	N/A	>1	
Carte de circuit imprimé (PWB)								
Panneau/écran LCD	H	L	H	H	L	L	>1	
Panneau/écran plasma	H	L	H	H	L	L	>1	Le Pb dans le verre peut être exempté
Lampes, rétroéclairage	H	L	H	M	N/A	N/A	>1	Le Hg utilisé dans les rétroéclairages peut être exempté
Tête magnétique	L	L	H	M	N/A	N/A	>1	
Carte de câblage imprimé (PWB)								
Substrat/couches de PWB	L	L	L	L	L	N/A	>1	
Connecteur	M	L	H	L	L	H	>1	
Condensateur – électrolytique	L	M	H	L	L	M	>1	
Condensateur – type puce	L	M	M	L	L	M	>1	
Résistance – type IMT	L	M	H	L	L	L	>1	
Résistance – type puce	L	H	M	L	L	L	>1	
Diode	L	M	M	L	L	L	>1	
Fusible	L	M	H	L	L	L	>1	
Soudure (processus et soudage manuel)	L	M	H	L	N/A	N/A	1	
Colle (rouge et blanche)	L	L	M	L	M	M	1	Utilisée pour fixer des composants
Dépôt sur les terminaisons des composants	L	H	H	L	N/A	N/A	1 et >1	
Moulages des composants	L	L	L	L	L	H	1 et >1	
Circuit intégré (CI) et BGA	L	L	H	L	L	L	> 1	
Relais – mercure	H	L	M	L	L	L	> 1	
Relais – électromagnétique	L	H	M	L	L	L	> 1	
Commutateur – mercure	H	L	M	L	L	L	> 1	
Commutateur – mécanique	M	H	M	L	L	L	> 1	

Tableau B.1 (3 de 4)

Composants et matériaux	Certaines substances ^a						Nombre de matériaux homogènes ^b	Remarques
	Hg	Cd	Pb	Cr (VI)	PBB	PBDE		
Thermostats	H	M	M	L	L	L	> 1	
Détecteurs de flamme	H	M	M	L	L	L	> 1	
Semiconducteurs d'imagerie thermique	H	M	M	L	L	L	> 1	
Transformateur (LOT)	L	M	H	L	L	M	> 1	
Accessoires								
Télécommandes	L	H	H	L	L	L	>1	
Câble extérieur (par exemple SCART, USB, cinch)	L	H	H	L	L	L	>1	
Alimentation extérieure	L	H	H	L	L	M	>1	
Matériaux								
Peinture, encre et dépôt similaire	L	H	H	M	L	L	1	
Adhésif			M		L	M	1	
Polyuréthane – glacé	H	M	M	L	L	M	>1	
Chlorure de polyvinyle (PVC)	L	H	H	M	L	M	1	
Styrène, polystyrène (PS-HI), ABS, polyéthylène (PE), polyester	L	M	M	L	L	H	1	
Caoutchouc	L	M	M	L	L	M	1	
Plastique – autre	L	M	M	L	L	M	1	
Colorants (tous plastiques) rouge, orange, jaune, rose, vert	M	H	H	H	N/A	N/A	1	
Métal	L	M	H	H	N/A	N/A	1 et >1	
Acier – autre	L	L	L	H	N/A	N/A	1	
Acier – usinage libre	L	L	H	L	N/A	N/A	1	
Alliage de cuivre	L	H	H	L	N/A	N/A	1	Le Pb dans un métal peut être exempté
Alliage d'aluminium	L	L	H	L	N/A	N/A	1	Le Pb dans un métal peut être exempté
Placage de chrome métallique	L	L	L	L	N/A	N/A	>1	
Dépôt de zinc	L	H	H	H	N/A	N/A	>1	
Autres dépôts métalliques	L	H	L	H	N/A	N/A	>1	
Verre – autre	L	M	H	M	N/A	N/A	U	Le Pb peut être exempté
Céramique	L	M	H	L	N/A	N/A	U	Le Pb peut être exempté

Tableau B.1 (4 de 4)

NOTE Il convient d'utiliser ce tableau comme guide pour faciliter le choix des composants/matériaux d'essai ayant une forte probabilité de contenir une certaine substance. Toutes les parties énumérées dans ce tableau ne nécessitent pas d'être soumises à essai et toutes les substances de « haute » probabilité ne sont pas destinées à être soumises à essai. Voir 4.3 pour des directives supplémentaires sur la stratégie d'échantillonnage (par exemple, le Tableau 2). Il est très important d'identifier toutes les exceptions applicables avant de commencer l'essai pour assurer une interprétation exacte des résultats analytiques et éviter un essai de suivi inutile.

^a	L	Faible probabilité – Pas d'utilisation de l'historique de la certaine substance.
	M	Probabilité moyenne – Utilisation de l'historique de la certaine substance, mais d'autres substances sont généralement utilisées.
	H	Forte probabilité – Utilisation de l'historique de la certaine substance pour laquelle il n'y a pas d'alternative connue, ou les alternatives ne sont pas couramment utilisées.
	N/A	Non applicable.
^b	1	Un matériau homogène.
	> 1	Deux matériaux homogènes ou plus.
	U	Inconnu.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62321-2:2013