



# TECHNICAL REPORT

# RAPPORT TECHNIQUE



---

**Electrochemical migration in printed wiring boards  
and assemblies – Mechanisms and testing**

**Migration électrochimique dans les cartes à circuits imprimés et assemblages –  
Mécanismes et essais**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XD**  
CODE PRIX

---

ICS 31.180

ISBN 978-2-8322-1559-3

**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.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Electrochemical migration.....	10
2.1 Operation failure of electronic and electric equipment.....	10
2.2 Name change of migration causing insulation degradation and nature of the degradation.....	11
2.2.1 History of naming with migration causing insulation degradation.....	11
2.2.2 Process of degradation by migration.....	11
2.3 Generation patterns of migration.....	11
3 Test conditions and specimens.....	13
3.1 Typical test methods.....	13
3.2 Specimens in migration tests.....	14
3.2.1 Design of test specimens.....	14
3.2.2 Specifications and selection of specimen materials.....	19
3.2.3 Remarks on the preparation of specimens.....	20
3.2.4 Storing of specimens.....	20
3.2.5 Pretreatment of the specimen (baking and cleaning).....	20
3.2.6 Care to be taken in handling specimens.....	21
3.3 Number of specimens required in a test.....	21
3.3.1 Specifications given in JPCA ET 01.....	21
3.3.2 Number of specimens in a test.....	22
3.3.3 Number of specimens for the different evaluation purposes of a test.....	22
4 Test methods.....	23
4.1 General.....	23
4.2 Steady state temperature and humidity test and temperature-humidity cyclic test.....	23
4.2.1 Purpose and outline of the test.....	23
4.2.2 Test profile.....	24
4.2.3 Test equipment.....	27
4.2.4 Remarks on testing.....	28
4.3 Unsaturated pressurized vapour test or HAST (highly accelerated temperature and humidity stress test).....	30
4.3.1 Purpose and outline of the test.....	30
4.3.2 Temperature-humidity-pressure profile.....	31
4.3.3 Structure of and remarks on the test equipment.....	32
4.3.4 Remarks on performing HAST.....	34
4.4 Saturated and pressurized vapour test.....	36
4.4.1 Purpose and outline of the test.....	36
4.4.2 Test profile.....	36
4.4.3 Remarks on test performing.....	36
4.5 Dew cyclic test.....	37
4.5.1 Purpose and outline of the test.....	37
4.5.2 Dew cycle test temperature-humidity profile.....	37
4.5.3 Structure of the test equipment.....	38
4.5.4 Remarks on the test method.....	38

4.5.5	An example of migration in the solder flux from the dew cycle test.....	41
4.6	Simplified ion migration tests .....	43
4.6.1	General .....	43
4.6.2	De-ionized water drop method .....	43
4.6.3	Diluted solution method .....	45
4.7	Items to be noted in migration tests .....	46
5	Electrical tests .....	49
5.1	Insulation resistance measurement .....	49
5.1.1	Standards of insulation resistance measurement .....	49
5.1.2	Measurement method of insulation resistance .....	49
5.1.3	Special remarks on insulation resistance measurement .....	52
5.2	Measurement of dielectric characteristics.....	55
5.2.1	General .....	55
5.2.2	Dielectric characteristics of board surface .....	55
5.2.3	Migration and dielectric characteristics of the printed wiring board surface 56	
5.2.4	Evaluation of migration by AC impedance measurement.....	59
6	Evaluation of failures and analysis.....	60
6.1	Criteria for failures .....	60
6.2	Data analysis .....	61
6.2.1	Analysis of experimental data .....	61
6.2.2	Relationship of the parameters in the experimental data and an example of the analysis .....	63
6.2.3	Electric field strength distribution .....	64
6.3	Analysis of specimen with a failure, methods of analysis and case study .....	65
6.3.1	General .....	65
6.3.2	Cross section.....	66
6.3.3	Optical observation.....	70
6.3.4	Analysis methods .....	72
6.3.5	Defect observation and analysis .....	72
6.4	Special remarks on the migration phenomenon after the test .....	77
Annex A (informative)	Life evaluation .....	80
A.1	Voltage dependence of life.....	80
A.2	Temperature dependence of life.....	80
A.3	Humidity dependence of life .....	80
A.3.1	General .....	80
A.3.2	Relation between temperature (°C), relative humidity ( %RH) and vapour pressure (hPa).....	81
A.4	Acceleration test of life and acceleration factor .....	81
A.5	Remarks .....	82
Annex B (informative)	Measurement of temperature-humidity .....	83
B.1	Measurement of temperature and humidity .....	83
B.1.1	General .....	83
B.1.2	Commonly used temperature-humidity measurement systems and their merits .....	83
B.1.3	Requirements for the humidity measurements in a steady-state temperature-humidity test chamber.....	83
B.2	Typical methods of temperature and humidity measurement .....	83
B.2.1	General .....	83

B.2.2	Checking procedure for temperature measurement.....	84
B.2.3	Checking procedure for humidity measurement .....	85
B.2.4	Derivation of temperature in a chamber .....	86
B.2.5	Definition of relative humidity in HAST .....	87
Bibliography.....		89
Figure 1	– Main causes of insulation degradation in electronic equipment.....	10
Figure 2	– Generation patterns of migration .....	12
Figure 3	– Basic comb pattern .....	14
Figure 4	– Comb type fine pattern .....	15
Figure 5	– ECM group comb type pattern (mm).....	16
Figure 6	– Comb pattern for insulation resistance of flexible printed wiring board.....	16
Figure 7	– Insulation evaluation pattern for through-holes and via holes .....	17
Figure 8	– Details of the insulation evaluation pattern of Figure 7 (cross section of 4 and 5).....	18
Figure 9	– Test pattern of the migration study group .....	18
Figure 10	– Recommended profiles of increasing temperature and humidity .....	24
Figure 11	– Humidity cyclic profile (12 h + 12 h).....	25
Figure 12	– Profiles of combined temperature-humidity cyclic test .....	26
Figure 13	– Structure of steady state temperature-humidity test equipment .....	27
Figure 14	– Specimen arrangement and air flow in test chamber .....	29
Figure 15	– Effective space in a test chamber.....	30
Figure 16	– HAST profile .....	31
Figure 17	– Two types of HAST equipment and their structures .....	32
Figure 18	– Difference in failure time among different test laboratories .....	33
Figure 19	– Colour difference of specimen surface among different laboratories (130 °C/85 %RH/DC 50 V) .....	34
Figure 20	– Resistance and pull-strength of cables used in HAST (130 °C 85 %RH).....	35
Figure 21	–Difference between unsaturated and saturation control of PCT equipment (relative humidity and average failure time).....	37
Figure 22	– Temperature-humidity profile of dew cycle test.....	38
Figure 23	– Structure of dew test equipment.....	39
Figure 24	– Dew-forming temperature and dew size.....	40
Figure 25	– Board surface at the best dew formation condition .....	41
Figure 26	– Surface state before test .....	42
Figure 27	– Surface state after 27 h.....	42
Figure 28	– SEM image of specimen surface after the test.....	42
Figure 29	– Element analysis of the surface after the test.....	43
Figure 30	– Circuit diagram of water drop test.....	44
Figure 31	– Migration generated in the water drop test .....	44
Figure 32	– Electroerosion test method using the diluted solution .....	45
Figure 33	– Current and concentration of electrolytic solution .....	46
Figure 34	– Precipitation on a specimen and its element analysis .....	46
Figure 35	– An example of insulation resistance measurement outside of the chamber.....	50

Figure 36 – Circuit diagram of insulation resistance measurement .....	51
Figure 37 – Examples of leakage current characteristics .....	52
Figure 38 – Relationship insulation resistance with charging time of capacitor mounted boards .....	53
Figure 39 – Comparison of insulation resistance measurement inside and outside a test chamber .....	53
Figure 40 – Relative humidity and insulation resistance .....	54
Figure 41 – Effect of interruption of measurement on insulation resistance (variation of insulation resistance with the time left in atmospheric environment).....	55
Figure 42 – Frequency response of dielectric characteristics of printed wiring board.....	57
Figure 43 – Temperature response of dielectric characteristics of printed wiring board .....	57
Figure 44 – Changes of static capacitance and $\tan \delta$ of a specimen through a deterioration test.....	58
Figure 45 – Test procedure of a dielectric characteristics test .....	59
Figure 46 – Comparison of dielectric characteristics of two types of flux .....	59
Figure 47 – Measurement principle of EIS (Electrical Insulation System) .....	60
Figure 48 – Gold (Au) plating, non-cleaning .....	60
Figure 49 – Bath tub curve.....	61
Figure 50 – Relation between the variation of insulation resistance and the weight changes by water absorption .....	64
Figure 51 – Distribution of electric field between line and plane .....	65
Figure 52 – Distribution of the electric field between lines .....	65
Figure 53 – Different observations of the same dendrite according to different cross section cutting planes .....	66
Figure 54 – An example of angle lapping .....	68
Figure 55 – Structure analysis of an angle lapped solder resist in the depth direction .....	69
Figure 56 – Observed images of dendrite with different illumination methods (without solder resist).....	73
Figure 57 – EPMA analysis of migration (dendrite) on a comb type electrode .....	73
Figure 58 – EPMA analysis of migration (dendrite) in the solder resist.....	74
Figure 59 – 3D shape measuring system .....	75
Figure 60 – Electrodes which migration was generated.....	75
Figure 61 – 3D observation of electrodes before and after the test .....	76
Figure 62 – 3D observation of dendrite .....	77
Figure A.1 – Temperature and saturated vapour pressure.....	81
Figure B.1 – Specification of sensors used in the test and their shapes .....	85
Figure B.2 – Calculation method of the average temperature (humidity), the average maximum temperature (humidity) and the average minimum temperature (humidity).....	86
Figure B.3 – Relative humidity in a pressurized chamber .....	88
Table 1 – Standards for migration tests.....	13
Table 2 – Standard comb type pattern (based on IPC-SM-840).....	15
Table 3 – Comb fine pattern (based on JPCA BU 01).....	15
Table 4 – Dimension of insulation evaluation pattern for through-holes .....	18
Table 5 – Surface pretreatment to printed wiring board.....	21

Table 6 – Number of specimens (JPCA ET 01) .....	22
Table 7 – Approximate number of specimens required depending on the purpose of the test 22	
Table 8 – Ionic impurity concentration of wick ( $10^{-6}$ ).....	29
Table 9 – Insulation covering materials for cables for voltage application.....	34
Table 10 – Dew cycle test condition .....	38
Table 11 – Dew formation condition and dew size .....	41
Table 12 – Dew cycle test condition .....	41
Table 13 – Water quality for test .....	47
Table 14 – Water quality change in steady-state temperature-humidity test ( $10^{-6}$ ) .....	47
Table 15 – Ionic impurities in voltage applying cables ( $10^{-6}$ ).....	48
Table 16 – Standards of insulation resistance measurement.....	49
Table 17 – Criteria of migration failure by insulation resistance.....	61
Table 18 – Various methods for optical observation of failures .....	70
Table 19 – Various methods for defect analysis .....	72
Table 20 – Board specification and test conditions.....	77
Table 21 – Effect of the overlap of electrodes .....	78
Table 22 – Effect of the area of the conductor.....	78
Table 23 – Effect of the shape of the tip of the electrodes.....	79
Table A.1 – Vapour pressure at test temperature and relative humidity .....	81
Table B.1 – Merits of and remarks on various humidity measuring methods (applicable to steady state temperature-humidity tests) .....	84
Table B.2 – Derivation of relative humidity from dry-and-wet bulb humidity meter .....	87

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

# ELECTROCHEMICAL MIGRATION IN PRINTED WIRING BOARDS AND ASSEMBLIES – MECHANISMS AND TESTING

### 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.

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

IEC/TR 62866, which is a technical report, has been prepared by IEC technical committee 91: Electronics assembly technology.

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

Enquiry draft	Report on voting
91/1102/DTR	91/1128/RVC

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

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

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

Electronic products including components nowadays are designed to satisfy the demands for miniaturization, high functionality and environmentally friendly products. Various types of degradation occur in the electronic products used in the field. Appropriate measures are required to mitigate such degradation from the standpoint of reliability assurance. A study has been carried out to develop the understanding of the phenomenon and has proposed test methods for electrochemical migration with the purpose of suppressing the migration in products used in the field.

This Technical Report is related to electrochemical migration including conductive anodic filament (CAF). Specifically, it explains:

- the preliminary test: the steady state temperature humidity test, the temperature humidity cycle test, the unsaturated pressurized vapor test, the saturated pressurized vapor pressure test, the dew condensation cycle test and the water drop test;
- the insulation resistance measurement method: manual measurement, automatic measurement, a dielectric characteristics method, and an AC impedance method. Moreover, the difference between the measurement while the specimen is kept in the testing environment and not taken out of the chamber for measurement, and the measurement of the resistance of a specimen while it is taken out of the test chamber, and the merit of an automatic measurement are also described;
- the equipment used for analysis, the observation method of a failure part, and examples which are used for analysis.

This Technical Report generates a number of benefits for the user:

Usefulness	the user can examine the electrochemical migration test in a short time, and can use it as an indicator of exact analysis.
Test method selection	since for the user the test method which responds to the operating condition of the equipment or the purpose is clearly demonstrated, comparison of test condition becomes easy. Compared to the measurement resistance of a specimen while it is taken out of the test chamber after the test chamber is return to the standard atmosphere condition, the measurement in the test chamber by automatic measurement does not experience the environmental change of a specimen at the time of measurement, and since continuous measurement can be carried out, the resistance change and failure time can be grasped correctly.
Avoidance of trouble	by observing the notice on the test, the user can avoid a trouble and carry out test and analysis efficiently.

## **ELECTROCHEMICAL MIGRATION IN PRINTED WIRING BOARDS AND ASSEMBLIES – MECHANISMS AND TESTING**

### **1 Scope**

This Technical Report describes the history of the degradation of printed wiring boards caused by electrochemical migration, the measurement method, observation of the failure and remarks to testing in detail.

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	97
INTRODUCTION.....	99
1 Domaine d'application .....	100
2 Migration électrochimique .....	100
2.1 Défaillance de fonctionnement des matériels électroniques et électriques.....	100
2.2 Changement de nom de la migration provoquant une dégradation d'isolement et nature de la dégradation.....	101
2.2.1 Histoire de la dénomination de la migration provoquant une dégradation d'isolement .....	101
2.2.2 Processus de dégradation par la migration .....	101
2.3 Tracés de création de migration.....	101
3 Conditions et éprouvettes d'essai .....	103
3.1 Méthodes d'essai types.....	103
3.2 Éprouvettes dans des essais de migration .....	104
3.2.1 Conception des éprouvettes d'essai.....	104
3.2.2 Spécifications et choix des matériaux des éprouvettes .....	109
3.2.3 Remarques relatives à la préparation des éprouvettes.....	110
3.2.4 Stockage des éprouvettes .....	110
3.2.5 Prétraitement de l'éprouvette (cuisson et nettoyage) .....	111
3.2.6 Soins à prendre pour manipuler les éprouvettes .....	112
3.3 Nombre requis d'éprouvettes dans un essai.....	112
3.3.1 Spécification donnée dans la JPCA ET 01 .....	112
3.3.2 Considération relative au nombre d'éprouvettes dans un essai .....	113
3.3.3 Considération relative aux nombres d'éprouvettes pour différents buts d'évaluation pour un essai .....	113
4 Méthodes d'essai.....	114
4.1 Généralités .....	114
4.2 Essai continu de température et d'humidité et essai cyclique de température et d'humidité .....	114
4.2.1 But et grandes lignes de l'essai .....	114
4.2.2 Profil d'essai.....	115
4.2.3 Matériel d'essai .....	118
4.2.4 Remarques relatives aux essais .....	120
4.3 Essai de vapeur pressurisée non saturée ou essai HAST (Essai fortement accéléré de contrainte de température et d'humidité) .....	122
4.3.1 But et grandes lignes de l'essai .....	122
4.3.2 Profil de température-humidité-pression .....	123
4.3.3 Structure du matériel d'essai et remarques sur celui-ci .....	124
4.3.4 Remarques relatives à l'exécution de l'essai HAST.....	127
4.4 Essai de vapeur pressurisée et saturée .....	130
4.4.1 But et grandes lignes de l'essai .....	130
4.4.2 Profil d'essai.....	130
4.4.3 Remarques relatives à l'exécution de l'essai.....	130
4.5 Essai cyclique de rosée .....	131
4.5.1 But et grandes lignes de l'essai .....	131
4.5.2 Profil de température et d'humidité dans l'essai cyclique de rosée .....	131
4.5.3 Structure du matériel d'essai .....	132

4.5.4	Remarques relatives à la méthode d'essai .....	132
4.5.5	Exemple de migration du flux de soudure dans l'essai cyclique de rosée .....	135
4.6	Essais simplifiés de migration d'ions .....	137
4.6.1	Généralités .....	137
4.6.2	Méthode à la goutte d'eau déionisée.....	137
4.6.3	Méthode à la solution diluée .....	139
4.7	Éléments devant être notés dans les essais de migration .....	140
5	Essais électriques .....	143
5.1	Mesure de résistance d'isolement .....	143
5.1.1	Normes de mesure de résistance d'isolement .....	143
5.1.2	Méthode de mesure de résistance d'isolement.....	143
5.1.3	Remarques spéciales relatives à la mesure de résistance d'isolement.....	146
5.2	Mesure des caractéristiques diélectriques.....	149
5.2.1	Généralités .....	149
5.2.2	Caractéristiques diélectriques de la surface d'une carte.....	149
5.2.3	Migration et caractéristiques diélectriques de la surface d'une carte à circuit imprimée .....	150
5.2.4	Évaluation de la migration par mesure d'impédance en courant alternatif c.a. ....	153
6	Évaluation des défaillances et analyse .....	154
6.1	Critères pour les défaillances.....	154
6.2	Analyse des données.....	155
6.2.1	Analyse des données expérimentales .....	155
6.2.2	Relation des paramètres dans les données expérimentales et exemple d'analyse .....	157
6.2.3	Distribution de l'intensité de champ électrique .....	158
6.3	Analyse d'éprouvette avec une défaillance, méthodes d'analyse et étude de cas.....	160
6.3.1	Généralités .....	160
6.3.2	Section transversale .....	160
6.3.3	Observation optique.....	164
6.3.4	Méthodes d'analyse .....	166
6.3.5	Observation et analyse de défauts.....	166
6.4	Remarques spéciales relatives au phénomène de migration après l'essai .....	171
Annexe A (informative)	Évaluation de la durée de vie .....	175
A.1	Dépendance de la durée de vie vis-à-vis de la tension .....	175
A.2	Dépendance de la durée de vie vis-à-vis de la température .....	175
A.3	Dépendance de la durée de vie vis-à-vis de l'humidité .....	175
A.3.1	Généralités .....	175
A.3.2	Relation entre température (°C), humidité relative (% HR) et pression de vapeur (hPa).....	176
A.4	Essai d'accélération de la durée de vie et facteur d'accélération .....	177
A.5	Remarques .....	177
Annexe B (informative)	Mesure de température et d'humidité.....	178
B.1	Mesure de température et d'humidité .....	178
B.1.1	Généralités .....	178
B.1.2	Systèmes de mesure de la température et de l'humidité communément utilisés et leurs mérites .....	178
B.1.3	Exigences relatives aux mesures de l'humidité dans une chambre d'essai continu de température et d'humidité .....	178

B.2	Méthodes types de mesure de la température et de l'humidité .....	178
B.2.1	Généralités .....	178
B.2.2	Procédure de vérification pour la mesure de la température .....	179
B.2.3	Procédure de vérification pour la mesure de l'humidité .....	180
B.2.4	Dérivation de la température dans une chambre .....	182
B.2.5	Définition de l'humidité relative dans l'essai HAST .....	183
	Bibliographie.....	185

Figure 1	– Principales causes de la dégradation d'isolement dans les matériels électroniques .....	100
Figure 2	– Tracés de production de la migration .....	102
Figure 3	– Tracé en peigne de base.....	104
Figure 4	– Tracé fin de type peigne.....	105
Figure 5	– Tracé du type peigne du Groupe ECM (mm).....	106
Figure 6	– Tracé en peigne pour la résistance d'isolement d'une carte souple à circuit imprimé.....	106
Figure 7	– Tracé d'évaluation de l'isolement pour les trous débouchants et les trous d'interconnexion.....	107
Figure 8	– Détails du tracé d'évaluation d'isolement de la Figure 7 (coupe de 4 et 5).....	108
Figure 9	– Tracé d'essai du groupe d'étude de la migration.....	108
Figure 10	– Profil recommandé d'augmentation de la température et de l'humidité.....	115
Figure 11	– Profil cyclique d'humidité (12 h+ 12 h).....	116
Figure 12	– Profils d'essai cyclique de température et d'humidité combinées .....	117
Figure 13	– Structure du matériel pour l'essai continu de température et d'humidité .....	118
Figure 14	– Disposition des éprouvettes et flux d'air dans la chambre d'essai .....	120
Figure 15	– Espace efficace dans une chambre d'essai .....	122
Figure 16	– Profil d'essai HAST .....	124
Figure 17	– Deux types de matériel d'essai HAST et leurs structures.....	125
Figure 18	– Différence de durée de défaillance dans différents laboratoires d'essais .....	126
Figure 19	– Différence de couleur de la surface des éprouvettes dans différents laboratoires (130 °C/85 %HR/50 V c.c.) .....	127
Figure 20	– Résistance et résistance à la traction des câbles utilisés dans l'essai HAST (130 °C 85 % HR) .....	128
Figure 21	– Différence entre la commande dans des conditions de non-saturation et de saturation du matériel PCT (humidité relative et durée moyenne de défaillance).....	131
Figure 22	– Profil de température et d'humidité de l'essai cyclique de rosée .....	132
Figure 23	– Structure du matériel d'essai de rosée .....	133
Figure 24	– Température de formation de rosée et taille de rosée.....	134
Figure 25	– Surface de la carte dans la meilleure condition de formation de rosée .....	135
Figure 26	– État de la surface avant l'essai.....	136
Figure 27	– État de la surface après 27 h.....	136
Figure 28	– Image MEB de la surface de l'éprouvette après l'essai .....	137
Figure 29	– Analyse élémentaire de la surface après l'essai .....	137
Figure 30	– Schéma de circuit de l'essai à la goutte d'eau .....	138
Figure 31	– Migration générée dans l'essai à la goutte d'eau .....	138
Figure 32	– Méthode d'essai d'électroérosion utilisant la solution diluée .....	139

Figure 33 – Courant et concentration de la solution électrolytique.....	140
Figure 34 – Formation de précipité sur une éprouvette et son analyse élémentaire.....	140
Figure 35 – Exemple de mesure de résistance d'isolement à l'extérieur de la chambre .....	144
Figure 36 – Schéma de circuit de la mesure de résistance d'isolement .....	145
Figure 37 – Exemples de caractéristiques de courant de fuite.....	146
Figure 38 – Variation de la résistance d'isolement en fonction de la durée de charge des cartes montées sur des condensateurs .....	147
Figure 39 – Comparaison des mesures de la résistance d'isolement à l'intérieur et à l'extérieur d'une chambre d'essai .....	147
Figure 40 – Humidité relative et résistance d'isolement.....	148
Figure 41 – Effet de l'interruption de la mesure sur la résistance d'isolement (variation de la résistance d'isolement avec la durée de séjour dans l'environnement atmosphérique).....	149
Figure 42 – Réponse en fréquence des caractéristiques diélectriques de la carte à circuit imprimé .....	151
Figure 43 – Réponse en température des caractéristiques diélectriques de la carte à circuit imprimé .....	151
Figure 44 – Variations de la capacité statique et de $\tan \delta$ d'une éprouvette pendant un essai de détérioration .....	152
Figure 45 – Procédure d'essai pour un essai de caractéristiques diélectriques .....	153
Figure 46 – Comparaison des caractéristiques diélectriques de deux types de flux .....	153
Figure 47 – Principe de mesure de SIE (Système d'isolation électrique) .....	154
Figure 48 – Placage d'or (Au), non-nettoyage .....	154
Figure 49 – Courbe en baignoire.....	155
Figure 50 – Relation entre la variation de la résistance d'isolement et les variations de poids par absorption d'eau.....	158
Figure 51 – Distribution du champ électrique entre une ligne et un plan.....	159
Figure 52 – Distribution du champ électrique entre de lignes .....	159
Figure 53 – Différentes observations de la même dendrite selon différents plans de coupe de section transversale.....	160
Figure 54 – Exemple de rodage oblique à l'abrasif.....	162
Figure 55 – Analyse de structure d'un masque de soudure rodée obliquement à l'abrasif dans le sens de la profondeur.....	163
Figure 56 – Images de dendrite observées par différentes méthodes d'éclairage (sans masque de soudure) .....	167
Figure 57 – Analyse par EPMA de la migration (dendrite) sur une électrode du type peigne .....	167
Figure 58 – Analyse par EPMA de la migration (dendrite) dans le masque de soudure .....	168
Figure 59 – Système de mesure 3D .....	169
Figure 60 – Électrodes sur lesquelles la migration a été créée.....	169
Figure 61 – Observation 3D des électrodes avant et après l'essai.....	170
Figure 62 – Observation 3D d'une dendrite .....	171
Figure A.1 – Température et pression de vapeur saturée .....	176
Figure B.1 – Spécification des capteurs utilisés dans l'essai et leurs formes .....	181
Figure B.2 – Méthode de calcul de la température (l'humidité) moyenne, de la température (l'humidité) maximale moyenne et de la température (l'humidité) minimale moyenne.....	181

Figure B.3 – Humidité relative dans une chambre pressurisée .....	184
Tableau 1 – Normes pour les essais de migration .....	103
Tableau 2 – Tracé normalisé de type peigne (basé sur l'IPC-SM-840) .....	105
Tableau 3 – Tracé fin de type peigne (basé sur la JPCA BU 01) .....	105
Tableau 4 – Dimension du tracé d'évaluation d'isolement pour les trous débouchants .....	108
Tableau 5 – Prétraitement de surface pour carte à circuit imprimé .....	112
Tableau 6 – Nombre d'éprouvettes (JPCA ET 01) .....	113
Tableau 7 – Nombre approché des éprouvettes requises en fonction du but de l'essai.....	113
Tableau 8 – Concentration des impuretés ioniques d'une mèche ( $10^{-6}$ ) .....	120
Tableau 9 – Matériaux de couverture d'isolation pour les câbles dans une application de tension électrique.....	128
Tableau 10 – Condition d'essai cyclique de rosée .....	132
Tableau 11 – Condition de formation de rosée et taille de la rosée .....	135
Tableau 12 – Condition d'essai cyclique de rosée .....	136
Tableau 13 – Qualité de l'eau pour l'essai.....	141
Tableau 14 – Variation de la qualité de l'eau dans l'essai continu de température et d'humidité ( $10^{-6}$ ) .....	141
Tableau 15 – Impuretés ioniques dans les câbles d'application de tension ( $10^{-6}$ ).....	142
Tableau 16 – Normes de mesure de résistance d'isolement .....	143
Tableau 17 – Critères de défaillance de migration par résistance d'isolement .....	155
Tableau 18 – Diverses méthodes d'observation optique des défaillances .....	164
Tableau 19 – Diverses méthodes d'analyse de défauts .....	166
Tableau 20 – Spécification de la carte et conditions d'essai .....	171
Tableau 21 – Effet du chevauchement des électrodes.....	172
Tableau 22 – Effet de l'aire du conducteur .....	173
Tableau 23 – Effet de la forme du bout des électrodes.....	174
Tableau A.1 – Pression de vapeur à la température et à l'humidité relative de l'essai .....	176
Tableau B.1 – Mérites et remarques relatives aux diverses méthodes de mesure de l'humidité (applicables aux essais continus de température et d'humidité) .....	179
Tableau B.2 – Dérivation de l'humidité relative à partir d'un hygromètre à bulbes sec et humide.....	183

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

# MIGRATION ÉLECTROCHIMIQUE DANS LES CARTES A CIRCUITS IMPRIMÉS ET ASSEMBLAGES – MÉCANISMES ET ESSAIS

## AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC 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 tâche principale des comités d'études de l'IEC est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

L'IEC/TR 62866, qui est un rapport technique, a été établie par le comité d'études 91 de l'IEC: Techniques d'assemblage des composants électroniques.



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

Projet d'enquête	Rapport de vote
91/1102/DTR	91/1128/RVC

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

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

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 l'IEC 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.**

## INTRODUCTION

De nos jours, les produits électroniques comprenant des composants sont conçus pour satisfaire aux demandes de miniaturisation, de fonctionnalité élevée et de produits respectant l'environnement. Différents types de dégradation se produisent dans les produits électroniques utilisés dans le domaine. Des mesures appropriées sont requises pour atténuer une telle dégradation du point de vue de l'assurance de la fiabilité. Une étude a été menée pour développer la compréhension du phénomène et a proposé des méthodes d'essai pour la migration électrochimique en vue de supprimer la migration dans les produits utilisés sur le terrain.

Ce Rapport technique est relatif à la migration électrochimique comprenant le filament anodique conducteur (CAF (conductive anodic filament)). Spécifiquement, il se présente comme suit:

- Non seulement l'essai continu d'humidité et de température, mais aussi l'essai cyclique d'humidité et de température, l'essai de vapeur pressurisée non saturée, l'essai de pression de vapeur pressurisée saturée, l'essai cyclique de condensation de rosée et l'essai à la goutte d'eau sont expliqués pour l'essai préliminaire.
- Pour ce qui concerne la méthode de mesure de la résistance d'isolement, des explications sont données non seulement pour la mesure manuelle, mais aussi pour une mesure automatique, une méthode relative aux caractéristiques diélectriques et une méthode relative à l'impédance en courant alternatif (c.a.). En outre, la différence entre la mesure pendant que l'éprouvette est maintenue dans l'environnement d'essai et pas extraite de la chambre pour la mesure et la mesure de la résistance d'une éprouvette pendant qu'elle est extraite de la chambre d'essai ainsi que le mérite d'une mesure automatique sont également décrits.
- Le matériel utilisé pour l'analyse, la méthode d'observation de pièce défailante et les exemples qui sont utilisés pour l'analyse sont expliqués.

Ce Rapport technique génère un certain nombre d'avantages pour l'utilisateur:

Utilité	l'utilisateur peut examiner l'essai de migration électrochimique en un court laps de temps, et peut l'utiliser comme un indicateur de l'analyse exacte.
Choix de la méthode d'essai	la comparaison des conditions d'essai devient facile, car l'utilisateur trouve clairement la méthode d'essai qui répond à la condition d'exploitation du matériel ou à l'objectif. En comparaison à la résistance de mesure d'une éprouvette pendant qu'elle est extraite de la chambre d'essai après retour de la chambre d'essai aux conditions atmosphériques normalisées, la mesure dans la chambre d'essai par mesure automatique ne subit pas le changement environnemental d'une éprouvette au moment de la mesure et, puisqu'il peut effectuer la mesure en continu, le changement de résistance et la durée de défaillance peuvent être correctement appréhendés.
Évitement des problèmes	en observant la notice relative à l'essai, l'utilisateur peut éviter les problèmes et exécuter l'essai et l'analyse de manière efficace.

## **MIGRATION ÉLECTROCHIMIQUE DANS LES CARTES A CIRCUITS IMPRIMÉS ET ASSEMBLAGES – MÉCANISMES ET ESSAIS**

### **1 Domaine d'application**

Le présent Rapport technique décrit dans le détail l'histoire de la dégradation des cartes à circuits imprimés provoquée par la migration électrochimique, la méthode de mesure, l'observation de la défaillance et les remarques relatives aux essais.