



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Electric components – Reliability – Reference conditions for failure rates and stress models for conversion

Composants électriques – Fiabilité – Conditions de référence pour les taux de défaillance et modèles de contraintes pour la conversion

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.020

ISBN 978-2-8322-3902-5

**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.....	9
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	12
2 Normative references	12
3 Terms, definitions and symbols	12
3.1 Terms and definitions.....	12
3.2 Symbols.....	16
4 Context and conditions	17
4.1 Failure modes and mechanisms.....	17
4.2 Thermal modelling	18
4.3 Mission profile consideration.....	18
4.3.1 General	18
4.3.2 Operating and non-operating conditions	18
4.3.3 Dormancy	19
4.3.4 Storage	19
4.4 Environmental conditions	19
4.5 Components choice	21
4.6 Reliability growth during the deployment phase of new equipment	22
4.7 How to use this document.....	23
5 Generic reference conditions and stress models.....	24
5.1 Recommended generic reference conditions.....	24
5.2 Generic stress models	25
5.2.1 General	25
5.2.2 Stress factor for voltage dependence, π_U	26
5.2.3 Stress factor for current dependence, π_I	26
5.2.4 Stress factor for temperature dependence, π_T	26
5.2.5 Environmental application factor, π_E	28
5.2.6 Dependence on switching rate, π_S	28
5.2.7 Dependence on electrical stress, π_{ES}	29
5.2.8 Other factors of influence	29
6 Integrated semiconductor circuits	29
6.1 Specific reference conditions	29
6.2 Specific stress models	31
6.2.1 General	31
6.2.2 Voltage dependence, factor π_U	32
6.2.3 Temperature dependence, factor π_T	32
7 Discrete semiconductors	35
7.1 Specific reference conditions	35
7.2 Specific stress models	36
7.2.1 General	36
7.2.2 Voltage dependence for transistors, factor π_U	37
7.2.3 Temperature dependence, factor π_T	37
8 Optoelectronic components	39

8.1	Specific reference conditions	39
8.2	Specific stress models	41
8.2.1	General	41
8.2.2	Voltage dependence, factor π_U	41
8.2.3	Current dependence, factor π_I	41
8.2.4	Temperature dependence, factor π_T	42
9	Capacitors	44
9.1	Specific reference conditions	44
9.2	Specific stress model	44
9.2.1	General	44
9.2.2	Voltage dependence, factor π_U	44
9.2.3	Temperature dependence, factor π_T	46
10	Resistors and resistor networks	47
10.1	Specific reference conditions	47
10.2	Specific stress models	48
10.2.1	General	48
10.2.2	Temperature dependence, factor π_T	48
11	Inductors, transformers and coils	49
11.1	Reference conditions	49
11.2	Specific stress model	49
11.2.1	General	49
11.2.2	Temperature dependence, factor π_T	49
12	Microwave devices	50
12.1	Specific reference conditions	50
12.2	Specific stress models	51
13	Other passive components	51
13.1	Specific reference conditions	51
13.2	Specific stress models	51
14	Electrical connections	51
14.1	Specific reference conditions	51
14.2	Specific stress models	52
15	Connectors and sockets	52
15.1	Reference conditions	52
15.2	Specific stress models	52
16	Relays	52
16.1	Reference conditions	52
16.2	Specific stress models	53
16.2.1	General	53
16.2.2	Dependence on switching rate, factor π_S	53
16.2.3	Dependence on electrical stress, factor π_{ES}	54
16.2.4	Temperature dependence, factor π_T	55
17	Switches and push-buttons	55
17.1	Specific reference conditions	55
17.2	Specific stress model	56
17.2.1	General	56

17.2.2	Dependence on electrical stress, factor π_{ES}	56
18	Signal and pilot lamps	57
18.1	Specific reference conditions	57
18.2	Specific stress model	57
18.2.1	General	57
18.2.2	Voltage dependence, factor π_U	58
19	Printed circuit boards (PCB)	58
20	Hybrid circuits	58
Annex A	(normative) Failure modes of components	59
Annex B	(informative) Thermal model for semiconductors	62
B.1	Thermal model	62
B.2	Junction temperature calculation	63
B.3	Thermal resistance evaluation	64
B.4	Power dissipation of an integrated circuit P	65
Annex C	(informative) Failure rate prediction	68
C.1	General	68
C.2	Failure rate prediction for assemblies	68
C.2.1	General	68
C.2.2	Assumptions and limitations	69
C.2.3	Process for failure rate prediction	69
C.2.4	Prediction models	70
C.2.5	Other methods of reliability prediction	71
C.2.6	Validity considerations of reliability models and predictions	72
C.3	Component considerations	73
C.3.1	Component model	73
C.3.2	Components classification	73
C.4	General consideration about failure rate	73
C.4.1	General	73
C.4.2	General behaviour of the failure rate of components	74
C.4.3	Expected values of failure rate	75
C.4.4	Sources of variation in failure rates	75
Annex D	(informative) Considerations on mission profile	77
D.1	General	77
D.2	Dormancy	77
D.3	Mission profile	78
D.4	Example of mission profile	79
Annex E	(informative) Useful life models	80
E.1	General	80
E.2	Power transistors	80
E.3	Optocouplers	80
E.3.1	Useful life L	80
E.3.2	Factor L_0	81
E.3.3	Factor κ_0	81
E.3.4	Factor κ_1	82
E.3.5	Factor κ_2	82
E.3.6	Factor κ_3	82
E.4	LED and LED modules	83

E.4.1	Useful life L	83
E.4.2	Factor L_0	83
E.4.3	Factor κ_0	84
E.4.4	Factor κ_1	84
E.4.5	Factor κ_2	85
E.4.6	Factor κ_3	85
E.5	Aluminium, non-solid electrolyte capacitors	85
E.6	Relays	86
E.7	Switches and keyboards	86
E.8	Connectors	86
Annex F (informative)	Physics of failure	87
F.1	General	87
F.2	Failure mechanisms of integrated circuits	88
Annex G (informative)	Considerations for the design of a data base on failure rates	89
G.1	General	89
G.2	Data collection acquisition – collection process	89
G.3	Which data to collect and how to collect it	89
G.4	Calculation and decision making	90
G.5	Data descriptions	90
G.6	Identification of components	90
G.6.1	General	90
G.6.2	Component identification	91
G.6.3	Component technology	91
G.7	Specification of components	91
G.7.1	General	91
G.7.2	Electrical specification of components	91
G.7.3	Environmental specification of components	92
G.8	Field related issues data	92
G.8.1	General	92
G.8.2	Actual field conditions	92
G.8.3	Data on field failures	92
G.9	Test related issues data	93
G.9.1	General	93
G.9.2	Actual test conditions	93
G.9.3	Data on test failures	93
G.10	Failure rate database attributes	94
Annex H (informative)	Potential sources of failure rate data and methods of selection	96
H.1	General	96
H.2	Data source selection	96
H.3	User data	97
H.4	Manufacturer's data	97
H.5	Handbook reliability data	98
H.5.1	General	98
H.5.2	Using handbook data with this document	98
H.5.3	List of available handbooks	99
Annex I (informative)	Overview of component classification	102
I.1	General	102
I.2	The IEC 61360 system	102

I.3	Other systems.....	110
I.3.1	General	110
I.3.2	NATO stock numbers.....	110
I.3.3	UNSPSC codes	110
I.3.4	STEP/EXPRESS.....	110
I.3.5	IECQ	110
I.3.6	ECALS	111
I.3.7	ISO 13584	111
I.3.8	MIL specifications.....	111
Annex J (informative)	Presentation of component reliability data.....	112
J.1	General.....	112
J.2	Identification of components	112
J.2.1	General	112
J.2.2	Component identification	113
J.2.3	Component technology	113
J.3	Specification of components	113
J.3.1	General	113
J.3.2	Electrical specification of components	113
J.3.3	Environmental specification of components	113
J.4	Test related issues data.....	113
J.4.1	General	113
J.4.2	Actual test conditions	114
J.5	Data on test failures.....	114
Annex K (informative)	Examples	116
K.1	Integrated circuit.....	116
K.2	Transistor	116
K.3	Capacitor	116
K.4	Relay.....	117
Bibliography.....		118
Figure 1 – Comparison of the temperature dependence of π_T for CMOS IC.....		24
Figure 2 – Selection of stress regions in accordance with current and voltage-operating conditions		54
Figure 3 – Selection of stress regions in accordance with current and voltage-operating conditions		56
Figure B.1 – Temperatures inside equipment.....		63
Figure B.2 – Thermal resistance model.....		64
Figure D.1 – Mission profile		79
Table 1 – Basic environments		20
Table 2 – Values of environmental parameters for basic environments		21
Table 3 – Recommended reference conditions for environmental and mechanical stresses		25
Table 4 – Environmental application factor, π_E		28
Table 5 – Memory.....		30
Table 6 – Microprocessors and peripherals, microcontrollers and signal processors		30
Table 7 – Digital logic families and bus interfaces, bus driver and receiver circuits		30

Table 8 – Analog ICs	31
Table 9 – Application-specific ICs (ASICs).....	31
Table 10 – Constants for voltage dependence	32
Table 11 – Factor π_U for digital CMOS-family ICs.....	32
Table 12 – Factor π_U for bipolar analog ICs	32
Table 13 – Constants for temperature dependence	32
Table 14 – Factor π_T for ICs (without EPROM; FLASH-EPROM; OTPROM; EEPROM; EAROM)	34
Table 15 – Factor π_T for EPROM; FLASH-EPROM; OTPROM; EEPROM; EAROM.....	34
Table 16 – Transistors common, low frequency.....	35
Table 17 – Transistors, microwave, (e.g. RF > 800 MHz)	35
Table 18 – Diodes.....	36
Table 19 – Power semiconductors	36
Table 20 – Constants for voltage dependence of transistors	37
Table 21 – Factor π_U for transistors	37
Table 22 – Constants for temperature dependence of discrete semiconductors	37
Table 23 – Factor π_T for transistors, reference and microwave diodes	38
Table 24 – Factor π_T for diodes (without reference and microwave diodes) and power semiconductors.....	38
Table 25 – Optoelectronic semiconductor signal receivers	39
Table 26 – LEDs, IREDS, laser diodes and transmitter components	39
Table 27 – Optocouplers and light barriers.....	40
Table 28 – Passive optical components	40
Table 29 – Transceiver, transponder and optical sub-equipment.....	40
Table 30 – Constants for voltage dependence of phototransistors.....	41
Table 31 – Factor π_U for phototransistors	41
Table 32 – Constants for current dependence of LEDs and IREDS.....	42
Table 33 – Factor π_I for LEDs and IREDS.....	42
Table 34 – Constants for temperature dependence of optoelectronic components	42
Table 35 – Factor π_T for optical components.....	43
Table 36 – Capacitors	44
Table 37 – Constants for voltage dependence of capacitors.....	45
Table 38 – Factor π_U for capacitors	45
Table 39 – Constants for temperature dependence of capacitors	46
Table 40 – Factor π_T for capacitors.....	47
Table 41 – Resistors and resistor networks.....	48
Table 42 – Constants for temperature dependence of resistors.....	48
Table 43 – Factor π_T for resistors	49
Table 44 – Inductors, transformers and coils.....	49
Table 45 – Constants for temperature dependence of inductors, transformers and coils	49
Table 46 – Factor π_T for inductors, transformers and coils	50

Table 47 – Microwave devices	50
Table 48 – Other passive components	51
Table 49 – Electrical connections.....	52
Table 50 – Connectors and sockets	52
Table 51 – Relays.....	53
Table 52 – Factor π_{ES} for low current relays	54
Table 53 – Factor π_{ES} for general purpose relays	54
Table 54 – Factor π_{ES} for automotive relays.....	55
Table 55 – Constants for temperature dependence of relays.....	55
Table 56 – Factor π_T for relays	55
Table 57 – Switches and push-buttons.....	56
Table 58 – Factor π_{ES} for switches and push-buttons for low electrical stress.....	57
Table 59 – Factor π_{ES} for switches and push-buttons for higher electrical stress	57
Table 60 – Signal and pilot lamps	57
Table 61 – Factor π_U for signal and pilot lamps.....	58
Table A.1 – Failure modes: ICs (digital).....	59
Table A.2 – Failure modes: transistors, diodes, optocouplers.....	60
Table A.3 – Failure modes: LEDs.....	60
Table A.4 – Failure modes: laser diodes and modules	60
Table A.5 – Failure modes: photodiodes and receiver modules	60
Table A.6 – Failure modes: capacitors	61
Table A.7 – Failure modes: resistors, inductive devices, relays.....	61
Table B.1 – Thermal resistance as a function of package type, pin number and airflow factor	65
Table B.2 – Typical values of ν are K	65
Table B.3 – Values of P_{DC} and P_f	66
Table E.1 – Useful life limitations for switches and keyboards.....	86
Table F.1 – Failure mechanism for Integrated circuits	88
Table G.1 – Reliability prediction database attributes.....	95
Table H.1 – Result of calculation for transistors common, low frequency.....	99
Table H.2 – Sources of reliability data (in alphabetical order).....	99
Table I.1 – Classification tree (IEC 61360-4).....	103

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRIC COMPONENTS – RELIABILITY – REFERENCE CONDITIONS FOR FAILURE RATES AND STRESS MODELS FOR CONVERSION

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 61709 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 2011. This edition constitutes a technical revision. This third edition is a merger of IEC 61709:2011 and IEC TR 62380:2004.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) addition of 4.5 Components choice, 4.6 Reliability growth during the deployment phase of new equipment, 4.7 How to use this document, and of Clause 19 Printed circuit boards (PCB) and Clause 20 Hybrid circuits with respect to IEC TR 62380;
- b) addition of failure modes of components in Annex A;

- c) modification of Annex B, Thermal model for semiconductors, adopted and revised from IEC TR 62380;
- d) modification of Annex D, Considerations on mission profile;
- e) modification of Annex E, Useful life models, adopted and revised from IEC TR 62380;
- f) revision of Annex F (former B.2.6.4), Physics of failure;
- g) addition of Annex G (former Annex C), Considerations for the design of a data base on failure rates, complemented with parts of IEC 60319;
- h) addition of Annex H, Potential sources of failure rate data and methods of selection;
- i) addition of Annex J, Presentation of component reliability data, based on IEC 60319.

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

FDIS	Report on voting
56/1714/FDIS	56/1721/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.

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.

The contents of the corrigendum of October 2019 have been included in this copy.

INTRODUCTION

This document is intended for the reliability prediction of electric components as used in equipment and is aimed at organizations that have their own data and describes how to state and use that data in order to perform reliability predictions.

It can also be used to allow an organization to set up a failure rate database and describes the reference conditions for which field failure rates should be stated. The reference conditions adopted in this document are typical of the majority of applications of components in equipment however when components operate under other conditions the users may consider stating these conditions as their reference conditions.

Using the presented stress models allows extrapolation of failure rates from reference conditions to other operating conditions which in turn permits the prediction of failure rates at assembly level. This allows estimation of the effect of design changes or changes in the environmental conditions on component reliability. Reliability prediction is most useful in the early design phase of equipment. It can be used, for example, to identify potential reliability problems, the planning of logistic support strategies and the evaluation of designs.

The stress models contained herein are generic and are as simple as possible while still being comparable with more complex equations contained in other models. The predictions generated using this document have a wide range of prediction accuracy.

This document does not contain failure rates, but it describes how they can be stated and used. This approach allows a user to select the most relevant and up to date failure rates for the prediction from a source that they select. This document also contains information on how to select the data that can be used in the presented models.

The failure rates considered in this document are assumed to be constant, either for an unlimited period of operation (general case) or for limited periods. The limitation of life is called useful life and applies only for some few component families, reaching the wear-out failure period (during which the failure rate is increasing) within the normal period of use. It is hence assumed that during useful life, the failure rate can be considered constant for any practical use.

For the purposes of this document the term electric component includes the commonly used terms “electronic component”, “electrical component” and “electro-mechanical component”.

ELECTRIC COMPONENTS – RELIABILITY – REFERENCE CONDITIONS FOR FAILURE RATES AND STRESS MODELS FOR CONVERSION

1 Scope

This document gives guidance on the use of failure rate data for reliability prediction of electric components used in equipment.

The method presented in this document uses the concept of reference conditions which are the typical values of stresses that are observed by components in the majority of applications.

Reference conditions are useful since they provide a known standard basis from which failure rates can be modified to account for differences in environment from the environments taken as reference conditions. Each user can use the reference conditions defined in this document or use their own. When failure rates stated at reference conditions are used it allows realistic reliability predictions to be made in the early design phase.

The stress models described herein are generic and can be used as a basis for conversion of failure rate data given at these reference conditions to actual operating conditions when needed and this simplifies the prediction approach. Conversion of failure rate data is only possible within the specified functional limits of the components.

This document also gives guidance on how a database of component failure data can be constructed to provide failure rates that can be used with the included stress models. Reference conditions for failure rate data are specified, so that data from different sources can be compared on a uniform basis. If failure rate data are given in accordance with this document then additional information on the specified conditions can be dispensed with.

This document does not provide base failure rates for components – rather it provides models that allow failure rates obtained by other means to be converted from one operating condition to another operating condition.

The prediction methodology described in this document assumes that the parts are being used within its useful life. The methods in this document have a general application but are specifically applied to a selection of component types as defined in Clauses 6 to 20 and I.2.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-192:2015, *International electrotechnical vocabulary – Part 192: Dependability*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	130
INTRODUCTION.....	132
1 Domaine d'application	133
2 Références normatives	133
3 Termes, définitions et symboles	134
3.1 Termes et définitions	134
3.2 Symboles.....	137
4 Contexte et conditions	139
4.1 Modes de défaillance et mécanismes.....	139
4.2 Modélisation thermique	139
4.3 Considérations relatives au profil de mission	140
4.3.1 Généralités.....	140
4.3.2 Conditions de fonctionnement et de non-fonctionnement	140
4.3.3 Dormance.....	140
4.3.4 Stockage	140
4.4 Conditions d'environnement.....	141
4.5 Choix des composants.....	143
4.6 Croissance de la fiabilité pendant la phase de déploiement du nouvel équipement.....	144
4.7 Méthode d'utilisation du présent document	145
5 Conditions de référence et modèles de contraintes génériques	146
5.1 Conditions de référence génériques recommandées	146
5.2 Modèles de contraintes génériques.....	147
5.2.1 Généralités.....	147
5.2.2 Facteur de contrainte applicable à l'influence de la tension, π_U	148
5.2.3 Facteur de contrainte applicable à l'influence du courant, π_I	148
5.2.4 Facteur de contrainte applicable à l'influence de la température, π_T	149
5.2.5 Facteur d'environnement, π_E	150
5.2.6 Influence de la fréquence de manœuvre, π_S	151
5.2.7 Influence des contraintes électriques, π_{ES}	151
5.2.8 Autres facteurs d'influence	151
6 Circuits intégrés à semiconducteurs	152
6.1 Conditions de référence spécifiques	152
6.2 Modèles de contraintes spécifiques	154
6.2.1 Généralités.....	154
6.2.2 Influence de la tension, facteur π_U	154
6.2.3 Influence de la température, facteur π_T	155
7 Composants discrets à semiconducteurs	157
7.1 Conditions de référence spécifiques	157
7.2 Modèles de contraintes spécifiques	158
7.2.1 Généralités.....	158
7.2.2 Influence de la tension pour les transistors, facteur π_U	159
7.2.3 Influence de la température, facteur π_T	159

8	Composants optoélectroniques	161
8.1	Conditions de référence spécifiques	161
8.2	Modèles de contraintes spécifiques	163
8.2.1	Généralités	163
8.2.2	Influence de la tension, facteur π_U	164
8.2.3	Influence du courant, facteur π_I	164
8.2.4	Influence de la température, facteur π_T	164
9	Condensateurs	167
9.1	Conditions de référence spécifiques	167
9.2	Modèle de contrainte spécifique	167
9.2.1	Généralités	167
9.2.2	Influence de la tension, facteur π_U	168
9.2.3	Influence de la température, facteur π_T	169
10	Résistances et réseaux de résistances	171
10.1	Conditions de référence spécifiques	171
10.2	Modèles de contraintes spécifiques	172
10.2.1	Généralités	172
10.2.2	Influence de la température, facteur π_T	172
11	Inductances, transformateurs et bobines	173
11.1	Conditions de référence	173
11.2	Modèle de contrainte spécifique	173
11.2.1	Généralités	173
11.2.2	Influence de la température, facteur π_T	173
12	Dispositifs pour hyperfréquences	174
12.1	Conditions de référence spécifiques	174
12.2	Modèles de contraintes spécifiques	175
13	Autres composants passifs	175
13.1	Conditions de référence spécifiques	175
13.2	Modèles de contraintes spécifiques	176
14	Connexions électriques	176
14.1	Conditions de référence spécifiques	176
14.2	Modèles de contraintes spécifiques	176
15	Connecteurs et supports	177
15.1	Conditions de référence	177
15.2	Modèles de contraintes spécifiques	177
16	Relais	177
16.1	Conditions de référence	177
16.2	Modèles de contraintes spécifiques	178
16.2.1	Généralités	178
16.2.2	Influence de la fréquence de manœuvre, facteur π_S	178
16.2.3	Influence des contraintes électriques, facteur π_{ES}	178
16.2.4	Influence de la température, facteur π_T	179
17	Commutateurs et boutons poussoirs	180
17.1	Conditions de référence spécifiques	180
17.2	Modèle de contrainte spécifique	180

17.2.1	Généralités	180
17.2.2	Influence des contraintes électriques, facteur π_{ES}	181
18	Lampes de signalisation et lampes témoins	182
18.1	Conditions de référence spécifiques	182
18.2	Modèle de contrainte spécifique	182
18.2.1	Généralités	182
18.2.2	Influence de la tension, facteur π_U	182
19	Cartes de circuits imprimés (PCB)	183
20	Circuits hybrides	183
	Annexe A (normative) Modes de défaillances des composants	184
	Annexe B (informative) Modèle thermique pour semiconducteurs	188
B.1	Modèle thermique	188
B.2	Calcul de la température de jonction	189
B.3	Évaluation de la résistance thermique	190
B.4	Puissance dissipée d'un circuit intégré P	191
	Annexe C (informative) Prévision des taux de défaillance	194
C.1	Généralités	194
C.2	Prévision des taux de défaillance pour les ensembles	194
C.2.1	Généralités	194
C.2.2	Hypothèses et limites	195
C.2.3	Processus de prévision du taux de défaillance	196
C.2.4	Modèles de prévision	196
C.2.5	Autres méthodes de prévision de fiabilité	198
C.2.6	Considérations relatives à la validité des modèles et des prévisions de fiabilité	199
C.3	Considérations relatives aux composants	200
C.3.1	Modèle de composant	200
C.3.2	Classification des composants	200
C.4	Considérations d'ordre général relatives au taux de défaillance	200
C.4.1	Généralités	200
C.4.2	Comportement général du taux de défaillance des composants	201
C.4.3	Valeurs prévues du taux de défaillance	202
C.4.4	Sources de variation des taux de défaillance	203
	Annexe D (informative) Considérations sur le profil de mission	204
D.1	Généralités	204
D.2	Dormance	204
D.3	Profil de mission	205
D.4	Exemple de profil de mission	206
	Annexe E (informative) Modèles de durée de vie	208
E.1	Généralités	208
E.2	Transistors de puissance	208
E.3	Optocoupleurs	208
E.3.1	Durée de vie L	208
E.3.2	Facteur L_0	209
E.3.3	Facteur κ_0	209
E.3.4	Facteur κ_1	210
E.3.5	Facteur κ_2	210

E.3.6	Facteur κ_3	210
E.4	LED et modules de LED	211
E.4.1	Durée de vie L	211
E.4.2	Facteur L_0	211
E.4.3	Facteur κ_0	212
E.4.4	Facteur κ_1	212
E.4.5	Facteur κ_2	213
E.4.6	Facteur κ_3	213
E.5	Condensateurs à l'aluminium à électrolyte non solide	213
E.6	Relais	214
E.7	Commutateurs et claviers	214
E.8	Connecteurs	214
Annexe F (informative)	Physique de défaillance	215
F.1	Généralités	215
F.2	Mécanismes de défaillance des circuits intégrés	216
Annexe G (informative)	Considérations sur la conception d'une base de données concernant les taux de défaillance	217
G.1	Généralités	217
G.2	Acquisition de données – processus de collecte	217
G.3	Type de données à collecter et méthode de collecte des données	217
G.4	Calcul et processus décisionnel	218
G.5	Descriptions des données	218
G.6	Identification des composants	219
G.6.1	Généralités	219
G.6.2	Identification des composants	219
G.6.3	Technologie du composant	219
G.7	Spécification des composants	220
G.7.1	Généralités	220
G.7.2	Spécification électrique des composants	220
G.7.3	Spécification environnementale des composants	220
G.8	Données d'exploitation	220
G.8.1	Généralités	220
G.8.2	Conditions réelles d'exploitation	220
G.8.3	Données relatives aux défaillances en exploitation	221
G.9	Données d'essai	221
G.9.1	Généralités	221
G.9.2	Conditions d'essai réelles	222
G.9.3	Données relatives aux défaillances en essai	222
G.10	Éléments de la base de données de taux de défaillance	223
Annexe H (informative)	Sources potentielles de données de taux de défaillance et méthodes de sélection	225
H.1	Généralités	225
H.2	Sélection des sources de données	225
H.3	Données de l'utilisateur	226
H.4	Données du fabricant	226
H.5	Données de fiabilité issues de recueils	227
H.5.1	Généralités	227
H.5.2	Utilisation des données issues de recueils avec le présent document	227
H.5.3	Liste de recueils disponibles	228

Annexe I (informative) Présentation générale de la classification des composants.....	231
I.1 Généralités	231
I.2 Système décrit dans l'IEC 61360.....	231
I.3 Autres systèmes	240
I.3.1 Généralités	240
I.3.2 Numéros de nomenclature OTAN	240
I.3.3 Code SPSC des Nations unies	240
I.3.4 STEP/EXPRESS.....	240
I.3.5 IECQ	240
I.3.6 ECALS	240
I.3.7 ISO 13584	241
I.3.8 Spécifications militaires (MIL).....	241
Annexe J (informative) Présentation des données de fiabilité des composants	242
J.1 Généralités	242
J.2 Identification des composants	242
J.2.1 Généralités.....	242
J.2.2 Identification des composants.....	243
J.2.3 Technologie du composant.....	243
J.3 Spécification des composants	243
J.3.1 Généralités.....	243
J.3.2 Spécification électrique des composants	243
J.3.3 Spécification environnementale des composants	244
J.4 Données d'essai	244
J.4.1 Généralités.....	244
J.4.2 Conditions d'essai réelles	244
J.5 Données relatives aux défaillances en essai	244
Annexe K (informative) Exemples	246
K.1 Circuit intégré	246
K.2 Transistor	246
K.3 Condensateur	246
K.4 Relais	247
Bibliographie.....	248
Figure 1 – Comparaison des facteurs π_T traduisant l'influence de la température pour les circuits intégrés CMOS.....	146
Figure 2 – Choix des zones de contraintes conformément aux conditions de fonctionnement du courant et de la tension	178
Figure 3 – Choix des zones de contraintes conformément aux conditions de fonctionnement du courant et de la tension.....	181
Figure B.1 – Températures à l'intérieur de l'équipement	189
Figure B.2 – Modèle de résistance thermique	190
Figure D.1 – Profil de mission.....	206
Tableau 1 – Environnements de base	142
Tableau 2 – Valeurs des agents environnementaux pour des environnements de base.....	143
Tableau 3 – Conditions de référence recommandées pour les contraintes environnementales et mécaniques	147

Tableau 4 – Facteur d'environnement, π_E	151
Tableau 5 – Mémoire	152
Tableau 6 – Microprocesseurs et périphériques, microcontrôleurs et processeurs de signaux	152
Tableau 7 – Familles logiques numériques et interfaces de bus, circuit de commande et circuit récepteur de bus	153
Tableau 8 – Circuits intégrés analogiques	153
Tableau 9 – Circuits intégrés spécifiques (ASIC)	154
Tableau 10 – Constantes pour l'influence de la tension	155
Tableau 11 – Facteur π_U pour les circuits intégrés numériques CMOS	155
Tableau 12 – Facteur π_U pour les circuits intégrés analogiques bipolaires	155
Tableau 13 – Constantes pour l'influence de la température	155
Tableau 14 – Facteur π_T pour les circuits intégrés (sauf mémoire EPROM, FLASH-EPROM, OTPROM, EEPROM, EAROM)	156
Tableau 15 – Facteur π_T pour mémoires EPROM, FLASH-EPROM, OTPROM, EEPROM, EAROM	156
Tableau 16 – Transistors communs, à basse fréquence	157
Tableau 17 – Transistors, hyperfréquences (par exemple RF > 800 MHz)	157
Tableau 18 – Diodes	158
Tableau 19 – Semiconducteurs de puissance	158
Tableau 20 – Constantes pour l'influence de la tension pour les transistors	159
Tableau 21 – Facteur π_U pour les transistors	159
Tableau 22 – Constantes pour l'influence de la température pour les composants discrets à semiconducteurs	159
Tableau 23 – Facteur π_T pour les transistors, les diodes de référence et les diodes pour hyperfréquences	160
Tableau 24 – Facteur π_T pour les diodes (sauf les diodes de référence et les diodes pour hyperfréquences) et les semiconducteurs de puissance	160
Tableau 25 – Récepteurs de signaux optoélectroniques à semiconducteurs	161
Tableau 26 – LED (diodes électroluminescentes), IRED (diodes infrarouges), diodes laser et composants d'émetteurs	162
Tableau 27 – Optocoupleurs et barrières photoélectriques	162
Tableau 28 – Composants optiques passifs	162
Tableau 29 – Émetteur-récepteur, transpondeur et sous-équipement optique	163
Tableau 30 – Constantes pour l'influence de la tension sur les phototransistors	164
Tableau 31 – Facteur π_U pour les phototransistors	164
Tableau 32 – Constantes pour l'influence du courant sur les LED et IRED	164
Tableau 33 – Facteur π_I pour les LED et les IRED	164
Tableau 34 – Constantes pour l'influence de la température sur les composants optoélectroniques	165
Tableau 35 – Facteur π_T pour les composants optiques	166
Tableau 36 – Condensateurs	167
Tableau 37 – Constantes pour l'influence de la tension sur les condensateurs	168

Tableau 38 – Facteur π_U pour les condensateurs	169
Tableau 39 – Constantes pour l'influence de la température sur les condensateurs	170
Tableau 40 – Facteur π_T pour les condensateurs	171
Tableau 41 – Résistances et réseaux de résistances	172
Tableau 42 – Constantes pour l'influence de la température sur les résistances	172
Tableau 43 – Facteur π_T pour les résistances	173
Tableau 44 – Inductances, transformateurs et bobines	173
Tableau 45 – Constantes pour l'influence de la température sur les inductances, transformateurs et bobines	174
Tableau 46 – Facteur π_T pour les inductances, transformateurs et bobines	174
Tableau 47 – Dispositifs pour hyperfréquences	175
Tableau 48 – Autres composants passifs	176
Tableau 49 – Connexions électriques	176
Tableau 50 – Connecteurs et supports	177
Tableau 51 – Relais	177
Tableau 52 – Facteur π_{ES} pour les relais à faible courant	179
Tableau 53 – Facteur π_{ES} pour relais d'usage général	179
Tableau 54 – Facteur π_{ES} pour les relais pour l'automobile	179
Tableau 55 – Constantes pour l'influence de la température sur les relais	180
Tableau 56 – Facteur π_T pour les relais	180
Tableau 57 – Commutateurs et boutons-poussoirs	180
Tableau 58 – Facteur π_{ES} pour les commutateurs et boutons poussoirs pour faibles contraintes électriques	181
Tableau 59 – Facteur π_{ES} pour les commutateurs et boutons poussoirs pour contraintes électriques plus élevées	182
Tableau 60 – Lampes de signalisation et lampes témoins	182
Tableau 61 – Facteur π_U pour les lampes de signalisation et les lampes témoins	183
Tableau A.1 – Modes de défaillances: Circuits intégrés (numériques)	184
Tableau A.2 – Modes de défaillances: transistors, diodes, optocoupleurs	185
Tableau A.3 – Modes de défaillances: diodes électroluminescentes (LED)	185
Tableau A.4 – Modes de défaillances: diodes laser et modules	185
Tableau A.5 – Modes de défaillances: modules de photodiodes et de récepteurs	186
Tableau A.6 – Modes de défaillances: condensateurs	186
Tableau A.7 – Modes de défaillances: résistances, appareils inductifs, relais	187
Tableau B.1 – Résistance thermique en fonction du type de boîtier, du numéro de broche et du facteur de circulation d'air	191
Tableau B.2 – Valeurs typiques de ν et K	191
Tableau B.3 – Valeurs de R_{DC} et R_f	192
Tableau E.1 – Limitations de la durée de vie des commutateurs et claviers	214
Tableau F.1 – Mécanismes de défaillance des circuits intégrés	216
Tableau G.1 – Éléments d'une base de données pour la prévision de fiabilité	224
Tableau H.1 – Résultat du calcul pour les transistors communs à basse fréquence	228

Tableau H.2 – Sources de données de fiabilité (par ordre alphabétique).....	228
Tableau I.1 – Arbre de classification (IEC 61360-4)	232

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPOSANTS ÉLECTRIQUES – FIABILITÉ – CONDITIONS DE RÉFÉRENCE POUR LES TAUX DE DÉFAILLANCE ET MODÈLES DE CONTRAINTES POUR LA CONVERSION

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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 Norme internationale IEC 61709 a été établie par le comité d'études 56 de l'IEC: Sûreté de fonctionnement.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition, parue en 2011. Cette édition constitue une révision technique. Cette troisième édition constitue une fusion entre l'IEC 61709:2011 et l'IEC TR 62380:2004.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) ajout de 4.5 Choix des composants, 4.6 Croissance de la fiabilité pendant la phase de déploiement du nouvel équipement, 4.7 Méthode d'utilisation du présent document et de l'Article 19 Circuits imprimés (PCB) et de l'Article 20 Circuits hybrides par rapport à l'IEC TR 62380;

- b) ajout des modes de défaillance des composants à l'Annexe A;
- c) modification de l'Annexe B, Modèle thermique pour semiconducteurs, adoptée de l'IEC TR 62380 et révisée;
- d) modification de l'Annexe D, Considérations sur le profil de mission;
- e) modification de l'Annexe E, Modèles de durée de vie, adoptée de l'IEC TR 62380 et révisée;
- f) révision de l'Annexe F (ancien Paragraphe B.2.6.4), Physique de défaillance;
- g) ajout de l'Annexe G (ancienne Annexe C), Considérations sur la conception d'une base de données de taux de défaillance, complétée par des parties de l'IEC 60319;
- h) Ajout de l'Annexe H, Sources potentielles de données de taux de défaillance et méthodes de sélection;
- i) Ajout de l'Annexe J, Présentation des données de fiabilité des composants, d'après l'IEC 60319.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
56/1714/FDIS	56/1721/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/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. À 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.

Le contenu du corrigendum d'octobre 2019 a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTRODUCTION

Le présent document est destiné aux prévisions de fiabilité des composants électriques utilisés dans les équipements et s'adresse aux organismes qui disposent de leurs propres données. Il décrit par ailleurs les méthodes pour établir et utiliser ces données afin de réaliser des prévisions de fiabilité.

Le présent document peut également permettre à un organisme d'établir une base de données de taux de défaillance et de décrire les conditions de référence pour lesquelles il convient d'établir des taux de défaillance en exploitation. Les conditions de référence adoptées dans le présent document sont typiques de la plupart des applications de composants dans des équipements. Toutefois, lorsque les composants sont utilisés dans d'autres conditions, les utilisateurs peuvent vouloir déclarer ces conditions comme leurs conditions de référence.

L'application des modèles de contraintes présentés permet d'extrapoler les taux de défaillance des conditions de référence à d'autres conditions de fonctionnement qui, à leur tour, permettent de prévoir les taux de défaillance à l'étape de la fabrication. Ceci permet d'estimer l'effet des modifications de conception ou des changements observés dans les conditions d'environnement sur la fiabilité des composants. La prévision de fiabilité se révèle très utile dans la première phase de conception des matériels. Elle peut servir, par exemple, à mettre en évidence de possibles défauts de fiabilité, à mettre au point les principes de logistique de maintenance et à évaluer des conceptions.

Les modèles de contraintes exposés dans le présent document sont génériques et aussi simples que possible, tout en pouvant toujours être comparés aux équations plus complexes propres à d'autres modèles. Les prévisions générées à l'aide du présent document affichent un niveau d'exactitude élevé.

Le présent document ne présente pas de taux de défaillance, mais décrit les méthodes qui permettent de les établir et de les utiliser. Cette approche permet à un utilisateur de choisir les taux de défaillance les plus appropriés et actualisés à partir desquels il peut établir des prévisions à partir d'une source de son choix. Le présent document apporte également des informations sur la méthode de sélection des données pouvant être utilisées dans les modèles présentés.

Il est fait l'hypothèse que les taux de défaillance envisagés dans le présent document sont constants, soit pendant une période de fonctionnement illimitée (cas général), soit pendant des périodes limitées. La limitation de la vie est appelée durée de vie utile et s'applique uniquement à certaines familles de composants qui atteignent la période de défaillance par usure (au cours de laquelle le taux de défaillance augmente) pendant la période normale d'utilisation. Par conséquent, il est fait l'hypothèse que pendant la durée de vie, le taux de défaillance peut être considéré comme constant pour une utilisation pratique quelconque.

Pour les besoins du présent document, le terme composant électrique inclut les termes "composant électronique", "composant électrique" et "composant électromécanique" couramment utilisés.

COMPOSANTS ÉLECTRIQUES – FIABILITÉ – CONDITIONS DE RÉFÉRENCE POUR LES TAUX DE DÉFAILLANCE ET MODÈLES DE CONTRAINTES POUR LA CONVERSION

1 Domaine d'application

Le présent document donne des recommandations concernant l'utilisation des données de taux de défaillance pour les prévisions de fiabilité de composants électriques utilisés dans les équipements.

La méthode exposée dans le présent document utilise le concept des conditions de référence, qui sont les valeurs typiques des contraintes observées sur les composants dans la plupart des applications.

Les conditions de référence sont utiles dans la mesure où elles fournissent une base normalisée connue à partir de laquelle les taux de défaillance peuvent être modifiés afin de prendre en compte les différences observées dans l'environnement en fonction des environnements pris comme conditions de référence. Chaque utilisateur peut appliquer les conditions de référence définies dans le présent document ou bien appliquer ses propres conditions de référence. Lorsque les taux de défaillance indiqués dans les conditions de référence sont utilisés, cela permet de réaliser des prévisions de fiabilité réalistes dès la première phase de conception.

Les modèles de contraintes décrits dans le présent document sont génériques et peuvent être utilisés comme base de conversion des données de taux de défaillance dans ces conditions de référence, dans des conditions de fonctionnement réelles si nécessaire, ce qui simplifie l'approche prévisionnelle. La conversion des données de taux de défaillance n'est possible que dans les limites de fonctionnement spécifiées pour les composants.

Le présent document donne également des recommandations concernant les méthodes pour constituer une base de données de taux de défaillance des composants afin que les taux fournis puissent être employés avec les modèles de contraintes fournis. Les conditions de référence pour les données de taux de défaillance sont définies, de façon à permettre de comparer, dans des conditions uniformes, des données d'origines différentes. Si les données de taux de défaillance sont fournies conformément au présent document, il est possible de se dispenser d'information supplémentaire sur les conditions définies.

Le présent document ne fournit pas des taux de défaillance de base pour les composants; elle fournit en revanche des modèles qui permettent de convertir les taux de défaillance obtenus par d'autres moyens d'une condition de fonctionnement à l'autre.

La méthodologie de prévision décrite dans le présent document pose comme hypothèse l'utilisation des éléments au cours de leur durée de vie. Les méthodes décrites dans le présent document ont une application générale, mais s'appliquent spécifiquement à une sélection de types de composants définis de l'Article 6 à l'Article 20 et en I.2.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. 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).

