

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 409

Première édition — First edition

1972

**Guide pour l'inclusion de clauses de fiabilité
dans les spécifications de composants (ou pièces détachées)
pour l'équipement électronique**

**Guide for the inclusion of reliability clauses
into specifications for components (or parts)
for electronic equipment**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60409:1972

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 409

Première édition — First edition

1972

**Guide pour l'inclusion de clauses de fiabilité
dans les spécifications de composants (ou pièces détachées)
pour l'équipement électronique**

**Guide for the inclusion of reliability clauses
into specifications for components (or parts)
for electronic equipment**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Objet	6
2. Préambule	6
3. Procédures	8
3.1 Procédure 1 — Essais de séries de lots	8
3.2 Procédure 2 — Essai de lots individuels	12
4. Niveau de taux de défaillance estimé	12
4.1 Niveaux prescrits pour les taux de défaillance estimés	12
5. Niveaux de confiance associés aux taux de défaillance estimés	14
6. Méthodes d'essais de fiabilité	16
6.1 Facteurs d'accélération	16
6.2 Méthodes dépendant de la distribution des défaillances dans le temps	16
6.3 Essai censuré (Essai avec nombre de défaillances fixé)	18
6.4 Essai avec des limites resserrées	18
6.5 Méthode d'analyse par variables	18
7. Niveaux des contraintes d'essai	18
7.1 Spécification des niveaux de contrainte d'essai	18
7.2 Niveaux de contrainte d'essai supérieurs aux conditions limites	20

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Foreword	7
3. Procedures	9
3.1 Procedure No. 1—Series lots testing	9
3.2 Procedure No. 2—Individual lot testing	13
4. Assessed failure rate level	13
4.1 Prescribed levels for assessed failure rates	13
5. Confidence levels of the assessed failure rate	15
6. Reliability testing methods	17
6.1 Acceleration factors	17
6.2 Methods depending upon the distribution of failures with time	17
6.3 Censored testing (Fixed failure number testing)	19
6.4 Tightened limits testing	19
6.5 Variables analysis methods	19
7. Test stress levels	19
7.1 Test stress level specification	19
7.2 Test stress levels above maximum rated conditions	21

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**GUIDE POUR L'INCLUSION DE CLAUSES DE FIABILITÉ
DANS LES SPÉCIFICATIONS DE COMPOSANTS (OU PIÈCES DÉTACHÉES)
POUR L'ÉQUIPEMENT ÉLECTRONIQUE**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 56 de la CEI: Fiabilité des composants et des matériels électroniques.

Un projet fut discuté lors de la réunion tenue à Hambourg en juillet 1966. Trois projets successifs ont été discutés au cours des réunions tenues à Prague en 1967 et à Paris en 1969. A la suite de cette dernière réunion, un nouveau projet, document 56 (Bureau Central) 21, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1969.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud	Italie
Australie	Japon
Belgique	Suisse
Canada	Tchécoslovaquie
Danemark	Turquie
Finlande	Union des Républiques
France	Socialistes Soviétiques
Israël	

Les Etats-Unis d'Amérique ont voté contre la publication car ils estiment que le texte est incomplet sans annexe explicative. Cette annexe est à l'étude.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDE FOR THE INCLUSION OF RELIABILITY CLAUSES
INTO SPECIFICATIONS FOR COMPONENTS (OR PARTS)
FOR ELECTRONIC EQUIPMENT**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 56, Reliability of Electronic Components and Equipment.

A first draft was discussed at the meeting held in Hamburg in July 1966. Three successive drafts were discussed at the meetings held in Prague in 1967 and in Paris in 1969. As a result of this latter meeting, a new draft, document 56 (Central Office) 21, was circulated to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1969.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Italy
Belgium	Japan
Canada	South Africa
Czechoslovakia	Switzerland
Denmark	Turkey
Finland	Union of Soviet
France	Socialist Republics
Israel	

The United States of America voted against publication because it felt that the text was incomplete without a clarifying appendix. Such an appendix is under consideration.

GUIDE POUR L'INCLUSION DE CLAUSES DE FIABILITÉ DANS LES SPÉCIFICATIONS DE COMPOSANTS (OU PIÈCES DÉTACHÉES) POUR L'ÉQUIPEMENT ÉLECTRONIQUE

1. Objet

Ce document a pour objet de guider, plutôt que de limiter, les rédacteurs de spécifications et les Comités d'Etudes dans la prise en considération des facteurs dont il faudrait tenir compte lors de la préparation des clauses de fiabilité dans les spécifications de composants pour équipements électroniques.

Il décrit deux procédures. La procédure 1 applicable aux essais d'une série continue de lots et la procédure 2 applicable aux essais d'un lot individuel.

Dans les deux procédures, les clauses de fiabilité peuvent être basées sur deux principes différents (désignés ci-après par A et B) mais pouvant être l'un et l'autre utilisés pour déterminer si un niveau donné de taux de défaillance estimé a été dépassé ou non. Le principe A, décrit dans les procédures 1A et 2A, est basé sur l'énoncé du niveau de taux de défaillance estimé qui est exigé. Le principe B, décrit dans les procédures 1B et 2B, est basé sur l'énoncé du nombre de composants-heures qu'il faut accumuler et des données dont il faut rendre compte, à partir desquels le taux de défaillance estimé peut être calculé.

Note. — Le taux peut être rapporté à une durée (heures), une distance, un nombre de cycles ou toute autre grandeur ou unité appropriée.

Dans les deux cas, l'objectif est toujours de comparer, à un niveau de confiance donné, le taux de défaillance estimé du produit à une série fixe de taux de défaillance ou à un taux de défaillance donné.

2. Préambule

Critères de défaillance dans les clauses de fiabilité

L'obligation de définir le moment où un composant est considéré comme ayant eu une défaillance est essentiellement du ressort du rédacteur de la spécification. Cependant, afin que le taux de défaillance estimé puisse avoir une signification compréhensible pour l'utilisateur du composant, les éléments suivants devraient être pris en considération :

- 2.1 En l'absence de toute indication contraire dans la spécification, la non-satisfaction à plus d'un critère, pour un même spécimen, sera considérée comme une seule défaillance.
- 2.2 Si nécessaire, deux ou plusieurs critères de défaillance peuvent être spécifiés pour un paramètre donné d'un composant particulier; l'un au moins concernera la défaillance complète du composant. (Les calculs de taux de défaillance relatifs aux défaillances partielles devraient inclure les défaillances totales.) Ainsi, le taux de défaillance se rapporte au nombre total de défaillances qui sont apparues.
- 2.3 Seuls les paramètres jugés importants au point de vue des conditions d'emploi typiques pour lesquelles le composant a été conçu feront l'objet des spécifications de mesures destinées à déterminer les défaillances.
- 2.4 Dans certaines conditions, il peut être souhaitable de spécifier plusieurs taux de défaillance pour les composants ayant plusieurs paramètres spécifiés pour la détermination des défaillances.

GUIDE FOR THE INCLUSION OF RELIABILITY CLAUSES INTO SPECIFICATIONS FOR COMPONENTS (OR PARTS) FOR ELECTRONIC EQUIPMENT

1. Scope

This document is intended to guide rather than limit writers of specifications and Technical Committees in the consideration of factors which should be taken into account in the preparation of reliability clauses in specifications for components for electronic equipment.

It describes two procedures: Procedure 1 applicable to the testing of a continuing series of lots, and Procedure 2 applicable to the testing of an individual lot.

In both procedures the reliability clauses may be based on two different principles (further indicated as A and B) but both can be used to determine whether or not a stated level of assessed failure rate has been exceeded. According to Principle A, described in Procedures 1A and 2A, the basis is a statement of the assessed failure rate level required. According to Principle B, described in Procedures 1B and 2B, the basis is a statement of the number of part hours to be accumulated and the data to be reported, from which the assessed failure rate may be calculated.

Note. — The rate may be expressed in terms of hours, distance, cycles or other quantities or units as may be appropriate.

In both cases the purpose is always to compare, at a given confidence level, the assessed failure rate of the product to a fixed set of failure rate levels or to a stated failure rate.

2. Foreword

Failure criteria in reliability

The obligation to define when a component is considered to have failed rests primarily with the specification writer. However, in order that the assessed failure rate may have a meaning which is intelligible to the component user, the following should be considered:

- 2.1 In the absence of any specification to the contrary, failure in respect to more than one criterion on a single specimen shall be considered only as one failure.
- 2.2 Where appropriate, two or more failure criteria may be specified for a given parameter of a particular component; at least one failure criterion shall apply to complete failure of a component. (Calculation of failure rates related to partial failures shall include complete failures.) The failure rate then refers to the total number of failures which have occurred.
- 2.3 Only those parameters judged to be important under the typical use conditions for which the component is designed should be specified to be measured for determining the failures.
- 2.4 Under certain conditions, it may be desirable to specify multiple failure rates for components having several parameters specified as defining component failure.

- 2.5 Pour les composants à très faible taux de défaillance, un contact bilatéral entre client et fournisseur peut être utile.

3. Procédures

Ce guide reconnaît deux méthodes fondamentales pour l'assurance de fiabilité des composants: la procédure 1 et la procédure 2.

3.1 Procédure 1 — Essais de séries de lots

La procédure 1 ne devrait être utilisée que lorsque le composant est fabriqué en production essentiellement continue; elle exige que les processus soient sous contrôle afin d'assurer la stabilité de la fiabilité. Dans ce contexte, le terme « processus » signifie l'ensemble des procédures relatives à la conception, la fabrication, les essais et le contrôle de qualité.

3.1.1 Procédure 1A — Essais de séries de lots basés sur le principe¹ de niveaux de taux de défaillance spécifiés.

Description

Dans la procédure 1A, il est spécifié d'effectuer sur chaque lot un essai d'endurance (durée de vie) de façon que des données soient accumulées en quantité suffisante pour déterminer si le composant est qualifié ou non à un des niveaux de taux de défaillance spécifique figurant dans une série. Lorsqu'il a été qualifié à un niveau de taux de défaillance prescrit, des essais d'endurance (durée de vie) sont effectués sur chaque lot consécutif ou suivant une périodicité spécifiée. Les résultats d'essais sont accumulés pour évaluer le niveau du taux de défaillance sur une base continue. Les données nécessaires et la durée maximale durant laquelle elles peuvent être accumulées seront spécifiées.

Les critères qui doivent être satisfaits sont déterminés par le niveau de taux de défaillance pour lequel la qualification a été accordée et par le niveau de confiance. Les données accumulées sont comparées à un critère donné pour déterminer si le composant demeure qualifié au niveau de taux de défaillance spécifié. Cette décision est prise à la fin de l'essai d'endurance (durée de vie) de chaque lot successif. Lorsqu'il arrive que les défaillances soient en nombre supérieur à la limite permise, le composant est considéré comme non conforme au niveau de taux de défaillance de sa qualification.

Exemple (hypothèse d'un taux de défaillance constant)

Pour la qualification avec niveau de confiance de 60% au niveau 1×10^{-5} par heure, il est nécessaire d'accumuler soit

- 91 600 unité-heures avec 0 défaillance, soit
- 202 000 unité-heures avec 1 défaillance au plus, soit
- 311 000 unité-heures avec 2 défaillances au plus.

Sur une base continue, le niveau de confiance peut être abaissé à 10%, pour estimer le taux de défaillance du composant.

Les essais d'endurance (durée de vie) sur des lots avec niveau de confiance de 10% exigent, pour le niveau de taux de défaillance cité ci-dessus, 53 200 unité-heures avec 1 défaillance ou moins, ou 110 000 unité-heures avec 2 défaillances ou moins.

De plus, la spécification peut donner des critères pour l'acceptation ou le refus de chaque lot séparément, selon un plan d'échantillonnage normalisé pour inspection par attributs.

Conséquences

Dans le cas où le nombre de défaillances excède la limite permise, les résultats d'essai peuvent être reconsidérés dans le but d'établir la qualification à un nouveau taux de défaillance plus élevé et correspondant aux données disponibles.

- 2.5 For components with very low failure rates, a bilateral contact between manufacturer and customer can be of assistance.

3. Procedures

This guide recognizes two fundamental approaches to assurance of component reliability: Procedure 1 and Procedure 2.

3.1 Procedure 1—Series lots testing

Procedure 1 should be used only when the component is manufactured in essentially continuous production and requires that the processes are under control in order to ensure stability of reliability. In this context, the term “processes” means the complete design, manufacture, testing and quality control procedures.

3.1.1 Procedure 1A—Series lot testing based on the principle of specified failure rate levels

Description

In Procedure 1A, an endurance (life) test is specified to be performed on each lot so that sufficient data are accumulated to determine whether or not the component is qualified to one of a series of specific failure rate levels. Having been qualified at a prescribed failure rate level, endurance (life) tests are run on each subsequent lot or at specific calendar intervals. The test results are accumulated to evaluate the failure rate level on a continuing basis. The quantity of data and the maximum time over which these data may be accumulated shall be specified.

The criteria which shall be set are determined by the failure rate level to which qualified, and the confidence level. The accumulated data are compared to a given criterion to determine if the component remains qualified at the specified failure rate level. This decision is made after each successive lot has completed the endurance (life) test. In the event of the number of failures exceeding the allowed limit, the component will be considered as not complying to its qualified failure rate level.

Example (assuming a constant failure rate)

For qualification at 60% confidence of a level of 1×10^{-5} per hour:

91 600 unit hours with 0 failure, or
202 000 unit hours with max 1 failure, or
317 000 unit hours with max 2 failures.

On a continuing basis, the confidence level might be dropped to 10% to evaluate the failure rate level of the component.

Endurance (life) tests on lots with 10% confidence require, for the above-mentioned failure rate level, 53 200 unit hours with 1 failure or less, or 110 000 unit hours with 2 failures or less.

In addition, the specification may give criteria for acceptance or rejection of each separate lot according to a standard sampling plan for inspection by attributes.

Consequences

In the event of the number of failures exceeding the allowed limit, the test results may be reviewed for purposes of establishing qualification to a new and higher failure rate level appropriate to the available data.

Les données accumulées peuvent être aussi utilisées pour octroyer la qualification à un niveau de taux de défaillance plus faible.

Information

De plus, les résultats peuvent être regroupés avec ceux de périodes antérieures et les taux de défaillance observés et estimés peuvent être calculés pour cette plus longue période.

Un résumé des résultats d'essais devrait être à la disposition de tous les utilisateurs et la périodicité de mise à jour de ces informations, par exemple trimestriellement, semestriellement, devrait être spécifiée.

3.1.2 Procédure 1B — Essais de séries de lots basés sur le principe d'un volume d'essai spécifié

Description

Par opposition à la procédure 1A, la procédure 1B ne décrit pas d'exigence relative au niveau de taux de défaillance et posée a priori.

Dans la procédure 1B, il est spécifié d'effectuer un essai d'endurance (durée de vie) sur chaque lot. Les résultats obtenus sur chaque lot seront utilisés pour l'acceptation ou le rejet de ces lots.

A échéance déterminée, par exemple tous les 6 mois, les résultats accumulés sont utilisés pour calculer le taux de défaillance observé et le taux de défaillance estimé à un niveau de confiance spécifié.

L'accumulation d'une quantité minimale de résultats d'essais d'endurance (durée de vie) (nombre de pièces, nombre d'heures et nombre de défaillances) à partir du cumul des résultats obtenus sur chaque lot peut être utilisée pour déterminer le niveau de taux de défaillance atteint (par comparaison avec les nombres maximaux de défaillances permis).

Possibilité de qualification

Lorsque cela est requis, la qualification du produit essayé suivant la procédure 1B peut être obtenue lorsqu'un nombre spécifié de lots a passé tous les essais spécifiés.

Il y a une valeur limite pratique au taux de défaillance qui peut être démontré dans le cadre de chaque spécification. Pour des valeurs de taux de défaillance inférieures à cette limite, une ou plusieurs spécifications supplémentaires devront être préparées, qui contiendront des exigences d'échantillonnage en rapport avec la possibilité pratique de démontrer la ou les valeurs désirées.

Exemple (admettant un taux de défaillance constant)

Ce qui suit est un exemple de l'utilisation de la procédure 1B.

L'essai spécifié sur chaque lot pourrait être mis en œuvre en s'appuyant sur un plan d'échantillonnage normalisé pour inspection par attributs. Pour un lot de 5 000 pièces, ceci pourrait conduire à mettre en essai un échantillon de 32 pièces et à rejeter le lot s'il y a 4 défaillances ou plus au cours d'un essai de 1 000 heures.

Si des lots de 5 000 pièces étaient soumis à l'essai chaque semaine durant une période de 6 mois, 26 lots seraient ainsi contrôlés, représentant une durée cumulée de $26 \times 32 \times 1\,000$ composants-heures. Si trois défaillances avaient été observées durant cette période, le taux de défaillance observé serait de $3,6 \times 10^{-6}$ par heure. Le taux de défaillance estimé à 90 % de confiance serait $7,8 \times 10^{-6}$ par heure et, à 60 % de confiance, de $4,9 \times 10^{-6}$ par heure.

En tenant compte des résultats d'essai des semestres précédents, la durée cumulée pourrait être de 2 400 000 composants-heures avec 10 défaillances. Le taux de défaillance observé pour cette période plus longue serait de $4,2 \times 10^{-6}$ par heure, et le taux de défaillance estimé de $6,4 \times 10^{-6}$ à 90 % de niveau de confiance et $4,8 \times 10^{-6}$ par heure à 60 % de niveau de confiance. Ces pièces peuvent alors être désignées comme conformes à un niveau de taux de défaillance prescrit de 1×10^{-5} par heure.

The accumulated data may also be used to establish qualification to a lower failure rate level.

Information

In addition, results can be aggregated with those of previous intervals and the observed and assessed failure rates can be calculated for the longer period.

A summary of the test data should be available to all users and the time intervals for up-dating this information, e.g., quarterly, half-yearly, should be specified.

3.1.2 Procedure 1B—Series lot testing based on the principle of specified amounts of testing

Description

In contrast with Procedure 1A, in Procedure 1B there is no failure rate level requirement stated beforehand.

In Procedure 1B, an endurance (life) test is specified to be performed on each lot. The results per lot will be used for the acceptance or rejection of that lot.

After particular intervals, e.g. 6 months, the accumulated data are used to calculate the observed failure rate and the assessed failure rate at a specified confidence level.

Accumulation of a minimum amount of endurance (life) test data (number of units, number of hours, and number of failures) from the cumulative results per lot can be used to ascertain which failure rate level is met (by comparison with maximum numbers of failures allowed).

Possibility of qualification

When it is required, qualification of the product tested according to Procedure 1B can be achieved when a specified number of lots have passed all the specified tests.

There is a practical limiting value to the failure rate demonstrable under any given specification. For values of failure rates beyond this limiting value, one or more additional specifications will have to be prepared containing sampling requirements consistent with the practical demonstration of the desired value or values.

Example (assuming a constant failure rate)

The following is an example of the use of Procedure 1B.

The specified test on each lot might be applied in accordance with a standard sampling plan for inspection by attributes. For a lot size of 5 000, this could mean that a sample of 32 would be tested and 4 or more failures on a 1 000 hours test would cause rejection of the lot.

If lots of 5 000 components were submitted to a test at weekly intervals in a six months' period, maybe 26 lots would be tested, giving a cumulative time of $26 \times 32 \times 1\,000$ component hours. If three failures had been observed in that time, the observed failure rate would be 3.6×10^{-6} per hour and the assessed failure rate 7.8×10^{-6} per hour at 90% confidence and 4.9×10^{-6} per hour at 60% confidence.

Taking account of test results from previous six months' periods, the cumulative time might be 2 400 000 component hours with 10 failures. The observed rate for the longer period would be 4.2×10^{-6} per hour and the assessed failure rate 6.4×10^{-6} at 90% confidence and 4.8×10^{-6} per hour at 60% confidence. These parts may then be identified as complying with a prescribed failure rate level of 1×10^{-5} per hour.

Conséquences

L'effet d'une augmentation du taux de défaillance peut aussi être illustré. Un taux de défaillance supérieur à $4,0 \times 10^{-5}$ par heure causerait de fréquents rejets de lots et entraînerait l'introduction du contrôle renforcé. Une augmentation jusqu'à, par exemple, 2×10^{-5} par heure n'empêcherait pas la livraison des lots.

Cependant, il deviendrait vite évident au fabricant du composant que son taux de défaillance a crû et qu'il doit immédiatement y porter remède ou subir la sanction d'avoir à publier un taux de défaillance nettement plus élevé que $3,6 \times 10^{-6}$ par heure à la fin du prochain semestre et d'avoir à déclarer la conformité au niveau de taux de défaillance supérieur, soit 10^{-4} par heure.

Information

De plus, les résultats peuvent être regroupés avec ceux de périodes précédentes et les taux de défaillance observés et estimés peuvent être calculés pour cette plus longue période.

Un résumé des résultats d'essais devrait être à la disposition de tous les utilisateurs et la périodicité de mise à jour de ces informations, par exemple trimestriellement, semestriellement, devrait être spécifiée.

3.2 Procédure 2 — Essai de lots individuels

La procédure 2 est utilisée lorsque l'une des conditions suivantes est réalisée:

- a) La procédure 1 n'est pas applicable;
- b) Les taux de défaillance prévus sont tels que cette approche est économiquement réalisable.

Pour un taux de défaillance estimé donné, la procédure 2 est habituellement plus coûteuse que la procédure 1.

3.2.1 Procédure 2A — Essais de lots individuels basés sur le principe de niveaux de taux de défaillance spécifiés.

Dans la procédure 2A, il est spécifié d'effectuer un essai d'endurance (durée de vie) sur le lot individuel de façon telle qu'une masse suffisante de données soit obtenue pour déterminer l'acceptabilité du lot au niveau spécifié de taux de défaillance.

3.2.2 Procédure 2B — Essais de lots individuels basés sur le principe d'un volume d'essai spécifié.

Dans la procédure 2B, il n'y a pas d'exigence relative au niveau du taux de défaillance. Il est spécifié de réaliser un essai d'endurance (durée de vie) sur le lot individuel, et de rendre compte des résultats suivant la méthode prescrite.

4. Niveau de taux de défaillance estimé

L'énoncé des niveaux de taux de défaillance estimé, soit en tant qu'exigence, soit en tant que niveaux pouvant être démontrés par un volume d'essai donné, fera partie de la spécification du composant. Cet énoncé devra clairement indiquer le(s) niveau(x) de taux de défaillance, le(s) niveau(x) de confiance impliqué(s) et le(s) niveau(x) de contrainte(s) applicable(s). Ces niveaux de taux de défaillance seront utilisés dans les contrats d'achat de composants à fiabilité spécifiée.

Note. — Il serait dangereux pour les projeteurs d'équipements chargés d'établir les calculs prévisionnels de Moyenne des temps de hors-fonctionnement (MTBF) d'utiliser sans précautions les taux de défaillance ainsi définis.

4.1 Niveaux prescrits pour les taux de défaillance estimés

Lorsqu'un niveau de taux de défaillance estimé est spécifié, les valeurs préférentielles suivantes devraient être utilisées pour la limite supérieure de l'intervalle de confiance:

1×10^{-5} , 1×10^{-6} , 1×10^{-7} , 1×10^{-8} et 1×10^{-9} par heure.

Consequences

The effect of an increase in the failure rate can also be illustrated. A failure rate higher than 4.0×10^{-5} per hour would cause frequent lot rejections and the introduction of tightened sampling. An increase to, say, 2×10^{-5} per hour would not prevent release of lots.

However, it would quickly become apparent to the components manufacturer that the failure rate had increased and he must correct this immediately or suffer the penalty of publishing a failure rate much higher than 3.6×10^{-6} per hour at the end of the six months' period, and reporting compliance to the higher failure rate level of 10^{-4} per hour.

Information

In addition, results can be aggregated with those of previous intervals and the observed and assessed failure rates can be calculated for the longer period.

A summary of the test data should be available to all users and the time intervals for updating this information, e.g. quarterly, half-yearly, should be specified.

3.2 *Procedure 2—Individual lot testing*

Procedure 2 is used when either of the following conditions apply:

- a) Procedure 1 is not applicable;
- b) The expected failure rates are such that this approach is economically feasible.

For a given assessed failure rate, Procedure 2 is usually more expensive than Procedure 1.

3.2.1 *Procedure 2A—Individual lot testing based on the principle of a specified failure rate level*

In Procedure 2A, an endurance (life) test is specified to be performed on the individual lot so that sufficient data are generated to determine the acceptability of the lot at the specified failure rate level.

3.2.2 *Procedure 2B—Individual lot testing based on the principle of specified amounts of testing.*

In Procedure 2B, there is no failure rate level requirement. An endurance (life) test is specified to be performed on the individual lot together with the method to be employed for reporting the results.

4. **Assessed failure rate level**

A statement of the assessed failure rate levels, either as a requirement or which can be demonstrated by a stated amount of testing, shall be included in the specification for components. This statement should clearly indicate the failure rate level(s), the confidence level(s) involved, and the applicable stress level(s). These failure rate levels shall be used in purchasing components of a specified reliability.

Note. — It would be hazardous for equipment designers responsible for making preliminary calculations of Mean Times Between Failures (MTBF) to use the failure rates so defined without suitable precautions.

4.1 *Prescribed levels for assessed failure rates*

When an assessed failure rate level is specified, the following preferred values of the upper confidence limit should be used:

1×10^{-5} , 1×10^{-6} , 1×10^{-7} , 1×10^{-8} and 1×10^{-9} per hour.

Sauf lorsque le taux de défaillance est constant, les niveaux de taux de défaillance s'appliquent seulement pour des périodes de temps déterminées.

Dans le cas où des niveaux de taux de défaillance intermédiaires sont souhaitables pour une classe particulière de composants, de tels niveaux peuvent être spécifiés à condition que chaque niveau de taux de défaillance soit identifié avec les exigences spécifiques de l'essai d'acceptation correspondant. Dans chaque cas, pour une même spécification particulière de composant on ne fournira pas plus de cinq niveaux.

On ne se propose pas de spécifier des niveaux de taux de défaillance plus bas que ce qui peut être envisageable, dans l'état actuel de la technique, pour une classe particulière de composant.

5. Niveaux de confiance associés aux taux de défaillance estimés

Les taux de défaillance estimés seront déterminés en utilisant l'intervalle de confiance unilatéral dont la limite supérieure correspond à 60 % ou 90 % de niveau de confiance pour la qualification et 10 %, 60 % ou 90 % pour l'évaluation sur une base continue.

Le choix d'un niveau de confiance est une décision technico-économique complexe. Une confiance élevée peut exiger de grands échantillons, particulièrement lorsque le taux de défaillance estimé exigé est faible.

De même, pour réduire le risque de rejet dû à une estimation du taux de défaillance supérieur à celui de la population, un critère d'acceptation élevé peut devoir être employé. En contrepartie, le choix de plans avec critère d'acceptation élevé, quel que soit le niveau de confiance, augmente l'effectif d'échantillons et le coût des essais.

Le tableau suivant montre dans la colonne 3 le rapport entre les deux effectifs d'échantillons correspondant respectivement à la première et à la seconde valeur du paramètre variable données dans la colonne 2.

TABLEAU I

Paramètre constant	Paramètre variable	Rapports des effectifs d'échantillons
Critère d'acceptation $c = 0$ Taux de défaillance constant	Niveau de confiance: 90 % et 60 %	2,5
Critère d'acceptation $c = 2$ Taux de défaillance constant	Niveau de confiance: 90 % et 60 %	1,7
Niveau de confiance 60 % Taux de défaillance constant	$c = 2$ et 0	3,4
Niveau de confiance et critère d'acceptation constants	Taux de défaillance 0,1 % et 1 %	10

Le coût de base doit aussi être considéré dans ce choix. Une multiplication par 5 d'un coût faible peut avoir de moindres conséquences qu'une augmentation de 10 % sur un coût élevé. Les coûts de base étant variables avec le type particulier de composant concerné, aucune décision ne peut être prise sans considérer le cas de chaque composant.

Except where the failure rate is constant, the failure rate levels apply to fixed time periods only.

In the event that intermediate failure rate levels are desirable for a particular component class, such levels may be specified provided that each failure rate level is identified with specific acceptance test requirements. In any event, no more than five levels shall be provided for in a single specification for a component.

It is not intended that failure rate levels lower than the foreseeable state of the art for a particular component class be specified.

5. Confidence levels of the assessed failure rate

The assessed failure rate shall be determined using the one-sided confidence interval of which the upper limit is related to 60% or 90% confidence level for qualification and 10%, 60%, or 90% for evaluating on a continuing basis.

The choice of a confidence level is a complex technical economic decision. High confidence may require large samples, particularly where the assessed failure rate requirement is low.

Similarly, to reduce the risk of rejection because the assessed failure rate is higher than the population failure rate, high acceptance numbers may have to be used. On the other hand, higher acceptance number plans for any given confidence level increase the sample sizes and testing cost.

The following table shows in column 3 the ratio of the sample size required for the first value of the variable parameter in column 2 to the sample size required for the second value.

TABLE I

Constant parameters	Variable parameters	Sample size ratio
Acceptance number $c = 0$ Constant failure rate	Confidence level: 90% and 60%	2.5
Acceptance number $c = 2$ Constant failure rate	Confidence level: 90% and 60%	1.7
Confidence level 60% Constant failure rate	$c = 2$ and 0	3.4
Confidence level and acceptance number are constant	Failure rate 0.1 % and 1 %	10

“ Base ” cost must also be considered. A five-fold increase in a small cost can be of a much smaller consequence than a 10% increase in a large cost. Since “ base ” costs vary with the particular part type involved, decisions cannot be made apart from the consideration of the component.

6. Méthodes d'essais de fiabilité

Le choix d'une méthode d'essai de fiabilité à inclure dans la spécification dépendra du degré de connaissance relatif aux facteurs d'accélération applicables au type de composant et à la loi d'apparition des défaillances dans le temps.

6.1 Facteurs d'accélération

6.1.1 Lorsque le facteur d'accélération a été établi quantitativement

Dans les clauses d'information et d'acceptation, on doit spécifier les essais à effectuer pour contrôler la stabilité de sa valeur.

De tels essais peuvent être requis périodiquement dans le temps (par exemple annuellement ou semestriellement) ou périodiquement selon le nombre (par exemple après la production d'une quantité spécifiée) plutôt que lot par lot. Dans cette éventualité, on doit spécifier l'échantillon à prélever sur tous les lots de fabrication pour constituer les échantillons à soumettre aux essais.

6.1.2 Lorsque la valeur quantitative du facteur d'accélération n'est pas connue

Dans les clauses d'information seulement, la spécification définira les règles (entre autres, tests statistiques de comparaison des résultats) à suivre et les essais à effectuer pour établir les valeurs appropriées relatives à un composant particulier; ces essais peuvent être entrepris avant le commencement de la livraison ou au cours d'une phase de livraison lorsque l'acceptation est basée sur des essais non accélérés.

6.2 Méthodes dépendant de la distribution des défaillances dans le temps

Les distributions des défaillances dans le temps peuvent être caractérisées par un taux de défaillance constant, croissant ou décroissant durant les intervalles de temps particuliers. Dans quelques cas, la distribution des défaillances dans le temps peut ne pas être connue. La façon d'aborder les essais de fiabilité dépendra, en partie, de la nature de ces distributions et de leur connaissance.

6.2.1 Essais de durée variable

Dans cette méthode, la distribution des défaillances dans le temps est estimée. Cela peut être fait en essayant un échantillon pendant un intervalle de temps fixé et en mesurant durant cet intervalle la date d'apparition de chaque défaillance. D'une autre manière, on peut essayer un nombre d'échantillons selon un programme de différents intervalles de temps. La proportion de défaillants de chaque échantillon à la fin de l'intervalle de temps correspondant est alors mesurée.

En cas d'apparition de défaillances précoces, l'évaluation du taux de défaillance doit partir de la fin de la période de défaillances précoces.

6.2.2 Essai de durée exprimée en heures $\times$ composants cumulées

Cette méthode est valable dans les cas où l'on sait qu'il existe un taux de défaillance constant. Des essais de différentes durées peuvent être effectués. Les résultats de tous les essais pour tous les intervalles de temps sont rassemblés et on calcule les taux de défaillance à partir des résultats accumulés.

Le nombre d'unités exposées à chaque période de temps est multiplié par la durée de la période et on détermine le produit unités $\times$ heures (unité-heure). Les produits unités $\times$ heures sont totalisés pour toutes les périodes de temps, afin d'obtenir une somme unique d'unités $\times$ heures représentant l'ensemble de tous les essais.

6.2.3 Essai tronqué (essai sur un intervalle de temps fixé)

Cette méthode est préférée dans les cas où l'on sait que le taux de défaillance n'est pas constant, et dans les cas où il ne peut raisonnablement être supposé constant. Tous les essais doivent être

6. Reliability testing methods

The selection of a reliability test method for incorporation in the specification will be dependent upon the state of knowledge relating to acceleration factors applicable to the component type and to the failure-in-time distribution.

6.1 Acceleration factors

6.1.1 When the acceleration factor has been proven quantitatively

The information clauses and acceptance requirements shall specify the test to be performed to control the stability of this value.

Such tests may be required periodically in time (e.g. half-yearly or yearly), or periodically according to the number (such as after a specified quantity has been produced), rather than lot by lot. In such a case, the sample to be taken from each production batch to make up the test samples shall be specified.

6.1.2 When the acceleration factor is quantitatively unknown

In the information clauses only, the specification will define the rules (among others, statistical tests for comparing results) and the tests to be carried out to establish the values appropriate to a particular component; these tests may be performed before commencing delivery, or at a phase of delivery where acceptance is based on non-accelerated tests.

6.2 Methods depending upon the distribution of failures with time

Failure-in-time distributions may be categorized by a constant, increasing or decreasing failure rate during particular time intervals. In some cases, the failure-in-time distribution may be unknown. The approach to reliability testing will, in part, be dependent on the nature of such distributions and the knowledge of them.

6.2.1 Variable time testing

In this method, the distribution of failures in time is estimated. This may be done by testing a sample for a fixed time interval and during this interval measuring the time of occurrence of each failure. Alternatively, a number of samples can be tested for a series of different time periods. The proportion of each sample failed at the end of its time period is then measured.

In the case of the occurrence of early failures, the failure rate should be calculated from the end of the early-failure period.

6.2.2 Accumulated component-time testing

This method is valid in those cases where a constant failure rate is known to exist. Tests may be performed for varying lengths of time. The results of all tests for all time periods are collected together and the failure rate calculated from the accumulated results.

The number of units exposed for each time period is multiplied by the duration of the period and a unit $\times$ hours product (unit hours) is determined. The unit hour products for all time periods are totalled to obtain a single unit hour sum representing the aggregate of all testing experience.

6.2.3 Truncated testing (fixed time interval testing)

This method is preferred in those cases where the failure rate is either known to be other than constant or where it cannot reasonably be assumed to be constant. All tests must be performed for

effectués pendant des périodes de temps fixées. Les estimations résultant de taux de défaillance et la qualification sont limitées à la durée de chaque essai particulier. Par exemple, un essai réalisé avec une durée de 500 heures permettra de calculer le taux de défaillance estimé et de l'exprimer par exemple sous la forme 10^{-5} par heure pour 500 heures. Aucune estimation ne peut être faite directement à partir des résultats pour un taux de défaillance par 1 000 heures ou toute autre base de temps.

6.2.4 Essai séquentiel

Cette méthode peut être basée soit sur la distribution des défaillances dans le temps, soit sur la loi binominale. Lorsqu'elle est basée sur la distribution des défaillances dans le temps, un certain nombre de composants sont soumis à l'essai jusqu'à ce que le temps cumulé et le nombre de défaillances soient suffisants pour permettre une décision. Lorsque la méthode est basée sur la loi binominale, les composants sont essayés pendant une durée fixe.

6.3 Essai censuré (essai avec nombre de défaillances fixé)

Cette méthode impose de soumettre un nombre spécifié de spécimens aux conditions d'essai jusqu'à ce qu'un nombre de défaillances fixé à l'avance soit apparu.

Il est normalement nécessaire de mesurer le temps écoulé jusqu'à l'apparition de chaque défaillance.

Cette méthode est surtout applicable lorsque des composants coûteux sont impliqués ou lorsqu'une détermination très précise des moments d'apparition des défaillances est exigée.

6.4 Essai avec des limites resserrées

Pour les composants dont on suppose que le (ou les) paramètre(s) caractérisant les défaillances dérivera (ont) au cours de l'essai d'endurance (durée de vie) à une vitesse connue et prévisible, le temps nécessaire pour permettre une décision peut être écourté en resserrant les limites utilisées comme critère de défaillance pour ce ou ces paramètre(s).

6.5 Méthode d'analyse par variables

L'emploi des méthodes d'analyse par variables devrait être pris en considération lorsque les conditions d'application en sont réunies.

En général, ces conditions comprennent une connaissance détaillée de la distribution des caractéristiques concernées, et en particulier de la forme des queues de distributions et des éléments aberrants pour définir les taux de défaillance.

7. Niveaux des contraintes d'essai

7.1 Spécification des niveaux de contrainte d'essai

En général, les contraintes spécifiées pour l'essai doivent être celles des conditions nominales de fonctionnement du composant. Dans les industries où traditionnellement sont spécifiées les conditions limites pour le composant, à des niveaux nettement supérieurs aux conditions d'emploi typiques, les cas suivants peuvent être considérés:

- 7.1.1 L'essai peut être spécifié aux conditions limites et le taux de défaillance donné pour ces conditions.
- 7.1.2 L'essai peut être spécifié aux conditions limites et le taux de défaillance donné pour les conditions d'emploi typiques. Les conditions d'emploi typiques doivent être données, le facteur d'accélération doit être connu et les conditions du paragraphe 6.1 doivent être applicables.
- 7.1.3 L'essai peut être spécifié à des conditions plus sévères que les conditions limites avec les mêmes réserves que celles données au paragraphe 7.1.2.