

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA C.E.I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I.E.C. RECOMMENDATION

Publication 56-1B

Première édition — First edition

1962

Règles de la C.E.I. pour les disjoncteurs à courant alternatif

**Modifications au Chapitre I: Règles relatives au fonctionnement lors de courts-circuits,
concernant le pouvoir de coupure asymétrique des disjoncteurs**

I.E.C. Specification for alternating current circuit-breakers

**Amendments to Chapter I: Rules for short-circuit conditions,
concerning the asymmetrical breaking capacity of circuit-breakers**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60056-1B:1962

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA C.E.I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I.E.C. RECOMMENDATION

Publication 56-1B

Première édition — First edition

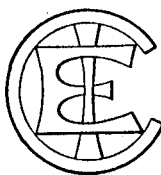
1962

Règles de la C.E.I. pour les disjoncteurs à courant alternatif

Modifications au Chapitre I: Règles relatives au fonctionnement lors de courts-circuits,
concernant le pouvoir de coupure asymétrique des disjoncteurs

I.E.C. Specification for alternating current circuit-breakers

Amendments to Chapter I: Rules for short-circuit conditions,
concerning the asymmetrical breaking capacity of circuit-breakers



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4

SECTION UN — INTRODUCTION

1. Courant de court-circuit dans les réseaux de transport d'énergie électrique	6
2. Pouvoir de coupure asymétrique des disjoncteurs	6

SECTION DEUX — MODIFICATIONS À LA PUBLICATION 56-1 (1954)

Article 37. Pouvoirs de coupure nominaux	8
Article 65. Cycles d'essais	10
Figure 2A	15

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

SECTION ONE — INTRODUCTION

1. The short-circuit current in power systems	7
2. The asymmetrical breaking capacity of circuit-breakers	7

SECTION TWO — AMENDMENTS TO PUBLICATION 56-1 (1954)

Clause 37. Rated breaking capacities	9
Clause 65. Test duties	11
Figure 2A	15

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÈGLES DE LA C.E.I. POUR LES DISJONCTEURS À COURANT
ALTERNATIF**

**Modifications au Chapitre I: Règles relatives au fonctionnement
lors de courts-circuits,
concernant le pouvoir de coupure asymétrique des disjoncteurs**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C.E.I. 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 cette unification internationale, la C.E.I. exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C.E.I. dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

Les modifications de la Publication 56-1 (1954) de la C.E.I. faisant l'objet de la présente publication furent discutées lors des réunions du Comité d'Etudes N° 17, Appareils d'interruption, à Ludvika en 1958 et à Madrid en 1959. Le projet résultant de ces discussions a été soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en janvier 1960.

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

Allemagne	Norvège
Autriche	Pays-Bas
Belgique	Pologne
Danemark	Roumanie
Etats-Unis d'Amérique	Royaume-Uni
Finlande	Suède
France	Suisse
Israël	Tchécoslovaquie
Italie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Japon	

Le Comité National du Canada a indiqué qu'il ne pourrait donner son accord que si des modifications étaient apportées aux données contenues dans ce document. Il n'a pas été possible pour le moment de donner satisfaction aux demandes canadiennes, mais il en sera tenu compte lors de l'établissement d'une prochaine édition.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**I.E.C. SPECIFICATION FOR ALTERNATING CURRENT
CIRCUIT-BREAKERS**

**Amendments to Chapter I: Rules for short-circuit conditions,
concerning the asymmetrical breaking capacity of circuit-breakers**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I.E.C. 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 this international unification, the I.E.C. expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I.E.C. recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

The amendments to I.E.C. Publication 56-1 (1954) contained in the present publication were discussed at the meetings of Technical Committee No. 17, Switchgear and controlgear, held in Ludvika in 1958 and in Madrid in 1959. The draft resulting from these discussions was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1960.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria	Netherlands
Belgium	Norway
Czechoslovakia	Poland
Denmark	Romania
Finland	Sweden
France	Switzerland
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America
Japan	

The Canadian National Committee stated that its approval was subject to alterations of the data contained in the document. It has not been found possible for the time being to meet the Canadian request, but it will be taken into further consideration for a future edition.

RÈGLES DE LA C.E.I. POUR LES DISJONCTEURS À COURANT ALTERNATIF

Modifications au Chapitre I: Règles relatives au fonctionnement lors de courts-circuits, concernant le pouvoir de coupure asymétrique des disjoncteurs

SECTION UN — INTRODUCTION

1. Courant de court-circuit dans les réseaux de transport d'énergie électrique

Le courant de court-circuit total d'un réseau diminue normalement en fonction du temps durant les premières périodes, principalement par suite de la décroissance de la composante apériodique du courant.

Dans les réseaux, la composante alternative symétrique varie également, mais d'une manière compliquée, en partie du fait du changement des réactances de l'alternateur au début de la période de court-circuit. Ce changement peut être considérable si le court-circuit se produit près d'un alternateur. Si, d'autre part, le court-circuit se produit là où les réactances constantes des transformateurs et des lignes aériennes forment la partie principale de la réactance totale, il peut pratiquement n'y avoir aucune variation.

2. Pouvoir de coupure asymétrique des disjoncteurs

a) Détermination de la valeur nominale

Le rapport requis entre le pouvoir de coupure asymétrique et le pouvoir de coupure symétrique d'un disjoncteur est une fonction du temps entre le début du court-circuit et le premier instant auquel le disjoncteur peut ouvrir ses contacts, du fait que la valeur efficace d'un courant de court-circuit asymétrique décroît avec le temps. Plus la durée d'ouverture du disjoncteur est longue, plus le rapport requis entre les pouvoirs de coupure asymétrique et symétrique est faible.

En vue de servir de base pour la détermination du pouvoir de coupure asymétrique des disjoncteurs, on devra admettre un décrement «normalisé» des courants de court-circuit dans les réseaux.

Pour fixer le pouvoir de coupure asymétrique nominal d'un disjoncteur normal, on admet que la composante symétrique alternative du courant de court-circuit est constante et que, de ce fait, la réduction de la valeur du courant total dépend seulement de la décroissance de la composante apériodique.

Les cas spéciaux, comme ceux par exemple dans lesquels le changement de la composante alternative symétrique est trop important pour être négligé, doivent faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur pour la détermination du pouvoir de coupure asymétrique et les conditions d'essai.

Dans le cas normal, il est admis que la composante apériodique tombe à 80 pour cent de sa valeur en 10 millisecondes, comme cela est indiqué à la courbe β de la figure 2A. Cette courbe a une constante de temps d'environ 0,04 seconde. Les valeurs du rapport $\frac{I_{\text{asym}}}{I_{\text{sym}}}$ (valeurs efficaces) sont données

à la courbe α de la figure 2A page 15, et correspondent aux valeurs de la composante apériodique données par la courbe β .

I.E.C. SPECIFICATION FOR ALTERNATING CURRENT CIRCUIT-BREAKERS

Amendments to Chapter I: Rules for short-circuit conditions, concerning the asymmetrical breaking capacity of circuit-breakers

SECTION ONE — INTRODUCTION

1. The short-circuit current in power systems

The total short-circuit current in a power system normally diminishes with time during the first few cycles, depending mainly on the decay of the d.c. component of the current.

In power systems, the a.c. symmetrical component also changes, but in a complicated manner, partly due to the change in the generator reactances at the beginning of the short-circuit period. This change may be considerable if the short circuit occurs near a generator. If, on the other hand, the short circuit occurs where the constant reactances of transformers and overhead lines form the main part of the total reactance, there may be practically no variation.

2. The asymmetrical breaking capacity of circuit-breakers

a) Rating

The required ratio of the asymmetrical breaking capacity to the symmetrical breaking capacity of a circuit-breaker is a function of the time from the start of the short circuit to the earliest time the circuit-breaker can part its contacts, because the r.m.s. value of an asymmetrical short-circuit current decreases with time. The longer the opening time of the circuit-breaker, the lower the required ratio of asymmetrical to symmetrical breaking capacity.

In order to form a basis for the asymmetrical rating of circuit-breakers, a “standard” decrement should be assumed for short-circuit currents in power systems.

In rating a standard circuit-breaker, it is assumed that the a.c. symmetrical component of the short-circuit current is constant and therefore the reduction of the total current value is dependent only on the decay of the d.c. component.

Special cases, for example, those where the change in the a.c. symmetrical component is too large to be disregarded, should be subject to agreement between user and manufacturer on the question of the asymmetrical rating and testing.

For the standard case, it is assumed that the d.c. component decays to an 80 per cent value in 10 milliseconds, as shown in Figure 2A, curve β . This curve has a time constant of approximately 0.04 second. The values of the ratio $\frac{I_{\text{asym}}}{I_{\text{sym}}}$ (r.m.s. values) are shown in Figure 2A, page 15, curve α and correspond to the values of the d.c. component given in curve β .

Le pouvoir de coupure asymétrique nominal d'un disjoncteur normal devrait être choisi d'après la courbe α de la figure 2A. Si la composante alternative symétrique constante correspond au pouvoir de coupure symétrique nominal, la courbe α indique le rapport du pouvoir de coupure asymétrique nominal au pouvoir de coupure symétrique nominal, pour autant que les conditions de tension selon la Publication 56-1 (1954) soient satisfaites.

En vue d'attribuer à un disjoncteur un pouvoir de coupure asymétrique nominal choisi d'après la courbe α , la valeur appropriée du temps τ qui est applicable à ce disjoncteur doit être soigneusement déterminée.

Cette valeur de τ doit être le plus court intervalle de temps entre le début du courant de court-circuit et l'instant de la séparation des contacts qui puisse être obtenu dans n'importe quelles conditions de service et pendant n'importe quel cycle de fonctionnement. Des durées d'ouverture mal définies dues à un fonctionnement défectueux du disjoncteur ne sont pas du domaine de cette spécification.

Si l'on tient compte des variations possibles de la durée d'ouverture du disjoncteur, la valeur de τ employée pour choisir le pouvoir de coupure asymétrique nominal devra être déterminée conformément aux notes a) et b) de la figure 2A (voir au bas de la page 12).

b) Essais

Pendant les essais de vérification du pouvoir de coupure asymétrique nominal, le disjoncteur doit être soumis sur au moins un pôle à des courants asymétriques ayant, à l'instant de la séparation des contacts, des valeurs totales efficaces correspondant au pouvoir de coupure asymétrique nominal. La composante apériodique du courant d'essai doit avoir, au moins dans une des phases, une valeur à l'instant de la séparation des contacts qui ne soit pas inférieure à la valeur obtenue d'après la courbe β de la figure 2A.

SECTION DEUX — MODIFICATIONS À LA PUBLICATION 56-1 (1954)

Conformément à la Section Un de cette publication, les articles 37 et 65 de la Publication 56-1 (1954) sont modifiés comme suit:

Article 37 — Pouvoirs de coupure nominaux

Les pouvoirs de coupure nominaux d'un disjoncteur sont ceux qui correspondent aux tensions nominales et à une tension transitoire de rétablissement de référence égale à la valeur nominale.

Chaque pouvoir de coupure nominal s'exprime par les deux valeurs suivantes:

- a) le pouvoir de coupure symétrique nominal, qui est le plus grand courant coupé symétrique que chaque pôle du disjoncteur peut couper;
- b) le pouvoir de coupure asymétrique nominal, qui est le plus grand courant coupé asymétrique que n'importe quel pôle du disjoncteur peut couper.

Sauf spécification contraire, le pouvoir de coupure asymétrique nominal à une tension nominale donnée est égal à α fois le pouvoir de coupure symétrique nominal à la même tension nominale, avec un rapport spécifié β des composantes apériodique et alternative.

Les valeurs des rapports α et β dépendent de la durée d'ouverture du disjoncteur et ces facteurs doivent être déterminés d'après la figure 2A.

The rated asymmetrical breaking capacity of a standard circuit-breaker should be selected from curve α Figure 2A. If the constant a.c. symmetrical component corresponds to the rated symmetrical breaking capacity, curve α will show the ratio of the rated asymmetrical breaking capacity to the rated symmetrical breaking capacity, provided that the voltage conditions according to Publication 56-1 (1954) are fulfilled.

In order to designate a circuit-breaker with a rating selected from curve α , the appropriate time value τ , which is applicable to that circuit-breaker, must be carefully determined.

This τ value shall be the shortest time interval between initiation of the short-circuit current and the instant of contact separation that may be obtained under any service conditions and during any operating duties. Indefinite opening times, due to defective operation of the circuit-breaker, are not covered by this specification.

Taking into account possible variations in the circuit-breaker opening time, the τ value used to select the rating should be determined in accordance with notes *a*) and *b*) of Figure 2A (see bottom of page 13).

b) Testing

During the tests to prove the rated asymmetrical breaking capacity, the circuit-breaker shall be subjected in at least one pole to asymmetrical currents having, at the instant of contact separation, total r.m.s. values corresponding to the rated asymmetrical breaking capacity. The d.c. component of the test current shall have, in at least one phase, a value at contact separation which is not less than the value obtained from Figure 2A, curve β .

SECTION TWO — AMENDMENTS TO PUBLICATION 56-1 (1954)

In accordance with Section One of this publication, Clauses 37 and 65 of I.E.C. Publication 56-1 (1954) are amended as follows:

Clause 37 — Rated breaking capacities

The rated breaking capacities of a circuit-breaker are those which correspond to the rated voltages and to a reference restriking-voltage equal to the rated value.

Each rated breaking capacity is expressed by two values, as below:

- a)* rated symmetrical breaking capacity, which is the highest symmetrical breaking current that each pole of the circuit-breaker shall be required to break;
- b)* rated asymmetrical breaking capacity, which is the highest asymmetrical breaking current that any one pole of the circuit-breaker shall be required to break.

Unless otherwise specified, the rated asymmetrical breaking capacity at a given rated voltage is equal to α times the rated symmetrical breaking capacity at the same rated voltage, with a specified ratio β of d.c. to a.c. components.

The values of the ratios α and β are dependent on the circuit-breaker opening time and should be determined from Figure 2A.

Le pouvoir de coupure symétrique nominal d'un disjoncteur peut, par commodité, être exprimé en MVA. C'est alors le produit du pouvoir de coupure nominal, exprimé en kiloampères (kA), par la tension nominale correspondante exprimée en kilovolts (kV) et par le coefficient relatif au type du circuit pour lequel l'appareil est prévu.

Ce coefficient est égal à :

- 1 pour un circuit monophasé,
- $\sqrt{3}$ pour un circuit triphasé,
- 2 pour un circuit diphasé.

En l'absence d'autre convention, les conditions suivantes doivent être satisfaites :

- i) Le pouvoir de coupure exprimé en ampères est inversement proportionnel à la tension pour toutes les tensions comprises entre les deux tensions nominales (celles qui sont marquées sur la plaque signalétique).

Lorsqu'il n'est indiqué qu'un seul pouvoir de coupure symétrique nominal et un seul pouvoir de coupure asymétrique nominal, cela implique que les pouvoirs de coupure correspondent à la tension nominale la plus élevée indiquée sur la plaque signalétique.

- ii) Pour les tensions de rétablissement inférieures à la tension nominale la plus basse, chacun des pouvoirs de coupure exprimés en ampères est constant et correspond à la tension nominale la plus basse.
- iii) Pour les tensions de rétablissement supérieures à la tension nominale la plus élevée, aucun pouvoir de coupure n'est garanti.

Note: Pour les disjoncteurs prévus pour être employés là où l'on peut s'attendre à ce que la constante de temps de la composante apériodique soit plus grande que celle correspondant à la figure 2A, et/ou là où le changement de la composante alternative symétrique du courant de court-circuit est trop important pour être négligé, se référer à l'article 65, Note au cycle d'essais N° 5.

Article 65 — Cycles d'essais

A l'article 65, seules les parties se référant aux essais en courant asymétrique sont modifiées.

La rédaction suivante doit être utilisée pour le dernier paragraphe de la page 50:

«Pour les cycles d'essais N°s 1, 2, 3, et 4, spécifiés ci-après, le courant coupé dans l'une quelconque des phases ne doit pas comprendre une composante apériodique (quantité I_{DC} sur la figure 2) excédant 20 pour cent de la composante alternative spécifiée (quantité I_{AC} sur la figure 2).

Pour le cycle d'essais N° 5, le courant coupé dans l'une quelconque des phases pendant chaque opération de coupure doit inclure une composante apériodique qui n'est pas inférieure à la valeur déterminée d'après la figure 2A. Cette composante apériodique doit être obtenue en choisissant l'instant approprié du déclenchement. Toutefois, pour un disjoncteur muni de déclencheurs série directs ou à maximum de courant, pour lesquels le début et la durée de l'opération d'ouverture dépendent entièrement de la valeur du courant de court-circuit et des caractéristiques propres du disjoncteur préparé pour l'essai comme indiqué à l'article 56, la composante apériodique peut être supérieure à celle spécifiée pour les cycles d'essais N°s 1 à 4.»

The rated symmetrical breaking capacity of a circuit-breaker may, for convenience, be expressed in MVA as the product of the rated breaking capacity (expressed in kA), the corresponding rated voltage (expressed in kV) and a factor depending on the type of circuit for which the apparatus is intended.

This factor is:

- 1 for a single-phase circuit,
- $\sqrt{3}$ for a three-phase circuit,
- 2 for a two-phase circuit.

Unless otherwise stated, the following conditions shall apply:

- i) The breaking capacities expressed in amperes are inversely proportional to the voltage for all voltages between the two rated voltages (the two voltages marked on the nameplate).

When only one value of rated symmetrical breaking capacity and only one value of rated asymmetrical breaking capacity are indicated, it implies that the breaking capacities are related to the higher rated voltage indicated on the nameplate.

- ii) For recovery-voltages below the lower rated voltage, each of the breaking capacities expressed in amperes has a constant value corresponding to the lower rated voltage.
- iii) For recovery-voltages above the higher rated voltage, no breaking capacity is guaranteed.

Note: For circuit-breakers intended to be used where it can be expected that the time constant of the d.c. components will be greater than that corresponding to Figure 2A and/or where the change in the a.c. symmetrical component of the short-circuit current is too large to be neglected, see Clause 65, Note to test duty No. 5.

Clause 65 — Test duties

In Clause 65, only those parts which refer to asymmetrical tests are amended.

The following wording is to be used for the last paragraph of page 51:

“For test duties Nos. 1, 2, 3 and 4, specified below, the breaking current in any phase shall not include a d.c. component (quantity I_{DC} in Figure 2) in excess of 20 per cent of the specified a.c. component (quantity I_{AC} in Figure 2).

For test duty No. 5, the breaking current in any one phase during each breaking operation shall include a d.c. component not less than the value determined from Figure 2A. This d.c. component can be obtained by selecting the appropriate tripping instant. However, for a circuit-breaker provided with series trips or over-current releases, for which the initiation of tripping and the time of operation depend entirely on the short-circuit current and the inherent characteristics of the circuit-breaker when in a condition for test, as set out in Clause 56, the d. c. component may be greater than that specified for test duties Nos. 1 to 4”.

La rédaction suivante doit être utilisée pour la spécification du cycle d'essais N° 5, page 54:

«Cycle d'essais N° 5:

0 — t — 0 — t' — 0

A au moins 100 pour cent du pouvoir de coupure asymétrique spécifié,

ou

0 — t'' — 0

ou

0 — θ — 0

suivant le cycle d'opération marqué sur la plaque signalétique.

Le cycle d'essais N° 5 ne doit être utilisé que pour les disjoncteurs qui présentent un intervalle de temps, déterminé en conformité avec les notes *a*) et *b*) de la figure 2A (voir au bas de cette page), entre le début du courant de court-circuit et l'instant de la séparation des contacts, inférieur à 80 ms.

Pour les disjoncteurs qui sont d'une conception telle qu'ils ne puissent pas atteindre leur position de complète fermeture lorsqu'ils établissent un courant de court-circuit, le cycle d'essais N° 5 doit être:

0 — t — CO — t' — CO

ou

CO — t'' — CO

ou

CO — θ — CO

en vue de vérifier le pouvoir de coupure asymétrique nominal du disjoncteur.

Note: Il convient d'effectuer les essais dans un circuit avec un facteur de puissance inductif de 0,07. Une augmentation de ce facteur de puissance jusqu'à 0,15 (voir l'article 62) est, toutefois, de peu d'importance.

Pour les disjoncteurs prévus pour être utilisés là où il faut s'attendre à ce que la constante de temps de la composante apériodique soit plus grande que celle correspondant à la figure 2A et/ou là où le changement de la composante alternative symétrique du courant de court-circuit est trop important pour être négligé, il peut être utile de procéder à un cycle d'essais additionnel moyennant un accord entre constructeur et utilisateur. Dans ce cycle d'essais, la composante apériodique ne doit pas être inférieure à 50 pour cent de la composante alternative symétrique, cette dernière étant réduite d'une quantité telle que la valeur efficace du courant total n'excède pas la valeur spécifiée au cycle d'essais N° 5. De tels cas peuvent se produire au voisinage des centres de production.»

Figure 2A

La valeur des rapports α et β doit être déterminée comme suit:

- a)* Pour un disjoncteur qui peut être déclenché par le courant de court-circuit sans l'aide d'une forme quelconque d'énergie auxiliaire, les rapports α et β doivent correspondre à un intervalle de temps τ égal à la durée d'ouverture minimale du disjoncteur.
- b)* Pour un disjoncteur qui ne peut être déclenché que par une forme quelconque d'énergie auxiliaire, les rapports α et β doivent correspondre à un intervalle de temps τ égal à la durée d'ouverture minimale du disjoncteur, à laquelle on ajoutera 10 ms.

La durée minimale d'ouverture mentionnée ci-dessus est la plus courte durée d'ouverture du disjoncteur qui puisse être obtenue dans n'importe quelles conditions de service et pendant n'importe quel cycle de fonctionnement.