

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
780

1984

AMENDEMENT 1
AMENDMENT 1

1991-10

Amendement 1

**Qualification des constituants électriques
du système de sûreté des centrales
électronucléaires**

Amendment 1

**Qualification of electrical items of the safety
system for nuclear power generating stations**

© CEI 1991 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le Sous-Comité 45A: Instrumentation des réacteurs, du Comité d'Études n° 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
45A(BC)121	45A(BC)124

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

Page 2

SOMMAIRE

Ajouter le titre du nouvel article 8 suivant:

8 Définition et choix des procédures d'essais de vieillissement accéléré

Page 38

Ajouter le nouvel article 8 suivant:

8 Définition et choix des procédures d'essais de vieillissement accéléré

8.1 Domaine d'application et objet

Le but de cet article est de compléter le paragraphe 5.3.3 de la CEI 780. Il précise et développe ce 5.3.3 relatif aux essais de vieillissement accéléré des composants et des équipements électriques employés dans les centrales nucléaires. Il ne concerne pas le paragraphe 5.3.4 relatif aux "radiations" qui fera l'objet d'un futur amendement.

Le présent article définit les méthodes employées dans un programme d'essais de vieillissement du matériel et des composants électriques autres que ceux des matériaux utilisés.

Conformément au premier alinéa de 5.3.3, cet article s'applique quand des essais de vieillissement accéléré s'avèrent nécessaires.

8.2 Historique

Les processus de vieillissement accéléré dépendent de concepts tels que l'énergie d'activation. Le processus de vieillissement pour un matériau spécifique ou un composant fonctionnant normalement à une certaine température peut être simulé par un environnement d'une température supérieure à la normale ou par des contraintes électriques équivalentes sur une période réduite. Les contraintes plus élevées augmentent le degré de vieillissement du matériau ou du composant.

L'accélération précise du vieillissement dépend à la fois de la connaissance détaillée des facteurs d'influence des composants des réacteurs et des synergies qui se produisent entre les grandeurs d'influence. Elle demande également une évaluation correcte des processus dominants de vieillissement pour chaque cas particulier. Cela signifie que le choix des essais de vieillissement peut être difficile et les tentatives de réalisation de fortes accélérations comprennent un risque notable d'erreur. Le vieillissement accéléré est utile pour éviter des défauts de conception et indique une probabilité d'erreur, sans toutefois pouvoir complètement remplacer la qualification par l'expérience.

Cette norme reconnaît ces facteurs et recommande les meilleures techniques actuellement disponibles. Elle ne tient pas compte des effets des rayonnements.

PREFACE

This amendment has been prepared by Sub-Committee 45A: Reactor instrumentation, of IEC Technical Committee No. 45: Nuclear instrumentation.

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

DIS	Report on voting
45A (CO) 121	45A (CO) 124

Full information on the voting for the approval of this amendment can be found in the Voting Report indicated in the above table.

Page 3

CONTENTS

Add the following title of new clause 8:

8 Definition and selection of accelerated ageing test procedures

Page 39

Add the following title of new clause 8:

8 Definition and selection of accelerated ageing test procedures

8.1 Scope and object

This clause is intended to complete subclause 5.3.3 of IEC 780. It develops in greater detail 5.3.3 relating to the accelerated ageing tests on the electrical components and equipment used in nuclear power-plants. It does not deal with subclause 5.3.4, concerning "radiation", which will be the subject of a later amendment.

The present clause defines the methods used in an ageing test program for electrical components and equipment as distinct from the materials used.

In accordance with the first paragraph of 5.3.3, this clause will apply in cases where accelerated ageing tests are required.

8.2 Background

Accelerated ageing processes depend on concepts such as activation energy. The ageing process for a specific material or component normally operated at a certain temperature may be simulated by a higher than normal temperature environment or equivalent electrical stresses for a reduced period. The higher stressing increases the ageing rate of the material or component.

Accurate acceleration of ageing depends on detailed knowledge of the factors which influence reactor components and of the synergies which take place between influence quantities. It also requires correct assessment of the dominant ageing processes in any particular case. This means that the selection of ageing tests can be difficult and that attempts to achieve large accelerations contain significant risk of error. Accelerated ageing is useful to avoid design deficiencies and indicate failure probability, but it cannot completely replace qualification by experience.

This standard recognizes these factors and recommends the best techniques available at the present time. It does not consider radiation effects.

8.3 *Distinction entre matériaux et matériels*

Pour les matériaux, les essais portent sur un seul produit à la fois. Cela permet de recourir à des lois théoriques du vieillissement et de son accélération lorsqu'il en existe d'applicables et à la seule condition de respecter leurs limites de validité, souvent étroites.

Les méthodes d'essais font l'objet de divers documents normatifs. Pour les isolants électriques notamment, on se reportera aux publications correspondantes de la CEI.

Pour les matériels, la situation est plus complexe puisqu'un matériel élémentaire comprend plusieurs matériaux différents dont les lois et les méthodes de vieillissement sont différentes, voire parfois contradictoires. De plus, ces matériaux peuvent avoir des réactions mutuelles (compatibilité) ayant de plus leurs propres lois d'accélération.

Il en résulte que les essais de vieillissement accéléré d'un matériel sont parfois très différents de ceux des divers matériaux le constituant.

8.4 *Essais simultanés et séquentiels*

Un essai simultané combine l'action des diverses contraintes retenues. Ses avantages sont une durée plus courte et la prise en compte automatique des synergies éventuelles. Ses inconvénients sont de rendre inextricable la simulation de contraintes ayant des lois d'accélération différentes et d'être spécifique à chaque modèle de matériel. Ce dernier point oblige à modifier plus ou moins l'essai pour chaque nouveau modèle de technologie suffisamment différente.

La méthode séquentielle fait subir au matériel une succession d'essais n'appliquant chacun qu'une cause de vieillissement. Ses avantages sont que chaque essai est plus facile à mettre au point et à interpréter et qu'un nombre réduit d'essais types couvre une large gamme de matériels de même usage. Ses inconvénients sont de n'induire que les vieillissements choisis, de donner une grande influence à l'ordre des essais et de compliquer la prise en compte des synergies (aggravation des sévérités, choix et ordre des essais).

Une variante de la méthode séquentielle consiste à introduire dans la succession d'essais individuels un essai combinant l'action de deux contraintes (exceptionnellement plus).

En pratique, les essais conçus pour l'étude du vieillissement des matériels sont presque toujours exécutés selon la méthode séquentielle ou la variante ci-dessus.

8.5 *Modalités d'essais*

Il convient que les modalités de chaque essai soient définies avec tous les détails possibles de manière à éviter toute ambiguïté sur les résultats, la validité de la qualification ou l'interprétation d'incidents éventuels.

Dans ce but, on utilise le plus possible les spécifications d'essai normalisées. En particulier, on a intérêt à se conformer à la CEI 68-1, la CEI 68-2 et la CEI 68-3 pour les essais climatiques et mécaniques et aux publications de la CEI concernant les divers matériels pour les essais spécifiques de chacun.

8.3 *Distinction between materials and equipment*

In tests on materials, only one product is studied at a time. This enables the use of theoretical laws relating to ageing and its acceleration in cases where such exist and provided the often limited scope of their validity is not exceeded.

The testing methods for materials are described in various other normative documents. For electrical insulators, in particular, information will be found in the corresponding IEC publications.

The situation for equipment is more complex since even simple equipment is always composed of several different materials for which laws and methods of ageing are not only different but sometimes contradictory. Moreover, these materials may give rise to mutual reactions (compatibility) which have their own laws of acceleration.

As a result, the accelerated ageing tests carried out on a set of equipment are often very different from those on the various materials of which it is composed.

8.4 *Simultaneous and sequential tests*

A simultaneous test combines the actions of the various stresses under consideration. Its advantages are shorter testing time and automatic inclusion of resulting synergies. The disadvantages are the impossibility of extricating the simulation of stresses subject to different acceleration laws and the specific nature of the test needed for each equipment unit tested. This latter point means that the test shall be modified for each model whose technical specifications are different.

The sequential method entails subjecting the equipment to a series of tests, each of which involves the application of only one cause of ageing. The advantages are that the specification and interpretation of each test are easier and that a reduced number of standard tests covers a large range of equipment put to identical use. The disadvantages are that only the selected types of ageing are induced, the order in which the tests are carried out becomes very important, and the inclusion of the synergies is complicated (increased severity, selection and order of tests).

A variant of the sequential method consists of including a test combining the action of two stresses (exceptionally more) in the series of individual tests.

In practice, the tests designed to study the ageing of equipment are almost always carried out according to the sequential method or the above variant.

8.5 *Test conditions*

The specifications of the conditions of each test should be as detailed as possible, to avoid all ambiguity in the results, the validity of the qualification, or to support the interpretation of any incidents which may occur.

Standardized test specifications should therefore be used wherever possible. In particular, it is advisable to follow IEC 68-1, IEC 68-2 and IEC 68-3 for the climatic and mechanical tests and those concerning the various materials for the tests specific to each one.

8.6 Catégories d'essais

Les essais de vieillissement peuvent être rangés dans les grandes catégories suivantes:

- a) Essais thermiques (par exemple chaleur sèche, froid, etc.) où le seul facteur agissant est la température, constante ou lentement variable.
- b) Essais thermiques à effet mécanique (par exemple essais cycliques, chocs thermiques, etc.) où des variations rapides de températures, avec des gradients divers, entraînent des contraintes mécaniques telles que des dilatations différentielles.
- c) Essais mécaniques (par exemple vibrations, chocs, etc.).
- d) Essais de corrosion (par exemple chaleur humide, brouillard salin, etc.) à action chimique.
- e) Essais de fonctionnement accéléré.
- f) Essai d'irradiation de vieillissement pour lequel on se reportera à 5.3.4.
- g) Autres essais, s'il y a lieu, ne rentrant dans aucune des catégories précédentes.

Pour les catégories a) à e), on se reportera notamment à la CEI 68-1, la CEI 68-2 et la CEI 68-3.

8.7 Mesures et vérifications

La qualification est obtenue lorsque le matériel a subi avec succès l'ensemble des essais prévus. Ce résultat final repose sur l'exploitation des mesures et vérifications effectuées à la fin de la séquence.

En complément aux mesures demandées, il convient de faire d'autres mesures et des vérifications pendant les essais de vieillissement, qui permettent:

- de s'assurer que le matériel est en état de poursuivre les essais;
- d'acquérir, à l'occasion et en marge de la qualification proprement dite, des informations sur le comportement du matériel soumis à des contraintes représentatives du service normal;
- de suivre, au fur et à mesure des essais, d'éventuelles dérives des caractéristiques ou des dégradations du matériel pour mieux interpréter:
 - les résultats, si l'équipement est en fonctionnement en dehors du domaine approuvé;
 - les défauts de fonctionnement qui en résulteraient lors des essais suivants.

Cela conduit à effectuer pendant ou après chaque essai les mesures ad hoc. On les limite à ce qui est nécessaire pour ne pas alourdir inutilement des procédures déjà longues et onéreuses. Il convient de choisir des mesures qui ne contraignent pas exagérément et inutilement le matériel.

8.8 Etapes de la préparation d'un programme d'essais de vieillissement

8.8.1 Rassemblement des informations amont

Les données amont portent sur les domaines suivants:

- matériel à qualifier: conception, matériaux, facteurs de dimensionnement;
- conditions de fonctionnement: types de fonctionnement et conditions d'environnement;
- normes (nucléaires ou autres) en relation avec le matériel à qualifier;
- expérience d'exploitation et d'essais de matériel similaires dans les domaines nucléaires et non nucléaires.

8.6 *Test categories*

The ageing tests can be classified according to the following general categories:

- a) Thermal tests (e.g. dry heat, cold, etc.) where the only determining factor is temperature, either constant or varying slowly.
- b) Thermal tests producing mechanical effects (e.g. cyclic tests, thermal shocks, etc.) where rapid temperature variations with different gradients give rise to mechanical stresses such as differential expansions.
- c) Mechanical tests (e.g. vibrations, shocks, etc.).
- d) Corrosion tests (e.g. humid heat, saline mist, etc.) producing chemical effects.
- e) Tests by accelerated operation.
- f) Radiation-induced ageing tests which are dealt within 5.3.4.
- g) Other tests, if necessary, not covered by any of the above categories.

Categories a) to e) are dealt with in detail in IEC 68-1, IEC 68-2 and IEC 68-3.

8.7 *Measurements and checks*

Qualification is obtained when the equipment has been submitted with success to all test sequences. This result is based on the measurements and verifications made at the end of the tests.

In addition to measurements required for the qualification process, other measurements and checks should be carried out during the ageing tests with the purpose of:

- ensuring that the equipment is in proper condition for testing;
- obtaining information (in addition to that required for the qualification itself) on the behaviour of the equipment when submitted to stresses representative of those encountered in normal service;
- tracking any changes in the characteristics and degradations of the equipment occurring during the series of tests and thus contributing to a better interpretation of:
 - the results, if the equipment is operated outside the approved range;
 - any operational faults which might result from them in subsequent tests.

This may lead to additional measurements during and after each test. They should be limited to what is strictly necessary in order to avoid needless additions to procedures which are already long and onerous. Special attention should be taken to ensure that only measurements which do not impose excessive and needless constraints on the equipment are selected.

8.8 *Definition stages of an ageing test programme*

8.8.1 *Gathering of upstream information*

The upstream information relates to the following domains:

- equipment to be qualified: design, materials, design factors;
- operating conditions: types of operation and environmental conditions;
- standards (nuclear or other) relating to the equipment to be qualified;
- operational and testing experience of similar equipment in nuclear and non nuclear fields.

8.8.2 *Analyse des données d'information amont*

L'analyse doit dégager principalement:

- les principaux facteurs de dimensionnement du matériel et les contraintes les plus critiques;
- les différents types de fonctionnement;
- lorsqu'elles sont applicables, les lois d'accélération du vieillissement avec leurs limites de validité et les valeurs des paramètres utilisables dans ce cas. On peut citer, comme exemple, la loi d'Arrhénius pour les contraintes thermiques ou la loi de Weibull pour les contraintes diélectriques;
- les synergies possibles en service;
- les principales causes de défaillance en exploitation (retour d'expérience, etc.);
- les méthodes d'essai mettant en jeu, directement ou indirectement, les contraintes les plus critiques et reproduisant les modes de défaillance en service normal.

8.8.3 *Choix des essais et de leur ordre d'exécution*

Compte tenu de l'analyse précédente, on choisit par type de matériel les essais prenant le mieux en compte:

- les grandeurs d'influence qui sont responsables d'un vieillissement significatif de l'équipement: ces grandeurs d'influence sont déduites des caractéristiques de dimensionnement les plus critiques et des modes opératoires;
- si un composant d'un équipement n'a pas de facteur de vieillissement significatif, les essais correspondant ne sont pas nécessaires;
- les modes probables de défaillance;
- l'expérience tirée d'essais antérieurs sur les matériels similaires.

Il convient que l'ordre de succession des essais soit tel qu'il révèle la conséquence la plus défavorable du vieillissement.

Lorsqu'il y a lieu, la prise en compte des synergies doit être en principe faite selon l'une des démarches suivantes:

- a) Essais mettant en jeu simultanément les grandeurs d'influence concernées par les synergies. Il faut alors vérifier que l'accélération des essais, par rapport au service réel, ne dénature pas les effets dus aux synergies. Il convient de remarquer que l'interprétation de chaque essai peut être rendue délicate, voire compromise, par l'existence de lois d'accélération différentes relatives aux divers facteurs. En pratique, ces difficultés limitent le nombre de facteurs simultanés à deux.
- b) Essais séquentiels ne mettant en jeu chacun qu'une seule des grandeurs d'influence concernées par les synergies. La sévérité de chaque essai est alors modifiée pour tenir compte de la non simultanéité des effets dus à la synergie en service réel.

8.8.4 *Corrélation avec le vieillissement naturel*

Le vieillissement accéléré a pour but de reproduire, pour la période de service envisagée, le vieillissement naturel sur les spécimens d'essai avant de les soumettre aux simulations d'accident. Cela implique le respect des conditions suivantes:

- les contraintes appliquées lors d'essais accélérés peuvent être, et sont en général, plus sévères qu'en service normal, mais ne doivent pas dépasser les limites propres à chaque matériau de façon à ne pas changer la nature des phénomènes;
- pendant et après les essais de vieillissement, l'état et l'opérabilité du matériel essayé doivent correspondre à ceux des matériels du même genre dont le comportement opérationnel est connu. Notamment, les essais ne doivent pas introduire de nouveaux modes de défaillances.

8.8.2 *Analysis of upstream information data*

The principal elements which the analysis shall reveal are:

- the principal design factors of the equipment and most critical stresses;
- the different types of operation;
- where applicable, the laws governing the acceleration of ageing, including the limits of their validity and the values of the parameters usable in this case; for example, Arrhenius' law for thermal stresses or Weibull's law for dielectric stresses;
- the possible synergies in service;
- the principal causes of failure in operation (experience feedback, etc.);
- the testing methods which, directly or indirectly, bring into force the most critical stresses and reproduce the failure modes in normal service.

8.8.3 *Selection of tests and of their sequence*

Bearing in mind the preceding analysis, the tests for each type of equipment shall take into account the following:

- the influence quantities which cause significant ageing of the equipment: these influence quantities are deduced from the most critical design features and from the operating modes;
- if an item of equipment does not have a significant ageing factor the corresponding tests are not necessary;
- the probable failure modes;
- experience from previous tests on similar equipment.

The sequence of the tests should be that which reveals the worst case consequence of ageing.

Wherever appropriate, the synergies should be considered according to one of the following procedures:

- a) Tests bringing into effect simultaneously the influence quantities involved in the synergies. In this case, measures shall be taken to check that the acceleration of the tests, compared with actual operating conditions, does not alter the effects due to the synergies. It should be noted that the interpretation of each test can be made difficult, or even compromised, by the existence of different acceleration laws relative to the various influence quantities. In practice, these difficulties restrict the number of simultaneous tests to two.
- b) Sequential tests, each of which brings into effect only one of the influence quantities involved in the synergies. In this case the severity of each test could be changed to compensate for the non-simultaneity of the effects due to synergies in actual operating conditions. This procedure should be justified.

8.8.4 *Correlation with natural ageing*

The purpose of accelerated ageing is to reproduce in the test specimens the natural ageing which would occur over the scheduled period of service before subjecting them to accident simulations. The following conditions shall therefore be complied with:

- the stresses applied during accelerated tests may be, and usually are, more severe than in normal service, but they shall not exceed the limits associated with each material in order to avoid changing the nature of the phenomena;
- during and after the ageing tests, the conditions and the operational ability of the equipment tested shall correspond to those of equipment of a similar nature whose operational behaviour is known; in particular, the failure modes shall be the same.