

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
193A

Première édition
First edition
1972

Premier complément à la Publication 193 (1965)

**Code international concernant les essais
de réception sur modèle des turbines
hydrauliques**

First supplement to Publication 193 (1965)

**International code for model acceptance tests
of hydraulic turbines**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 193A: 1972

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Accès en ligne)*

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line access)*

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
193A

Première édition
First edition
1972

Premier complément à la Publication 193 (1965)

**Code international concernant les essais
de réception sur modèle des turbines
hydrauliques**

First supplement to Publication 193 (1965)

**International code for model acceptance tests
of hydraulic turbines**

© CEI 1972 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 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

P

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

AVA Documents
Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4

CHAPITRE XI: ESSAIS DE CAVITATION

INTRODUCTION	6
------------------------	---

Articles

1. Objet et domaine d'application	6
2. Garanties concernant l'influence de la cavitation	6
3. Installation d'essai	8
4. Caractéristiques de l'eau	10
5. Conditions d'essai	12
6. Exécution des essais de cavitation	22
7. Interprétation des essais	24

Witholdam

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

CHAPTER XI: CAVITATION TESTS

INTRODUCTION	7
------------------------	---

Clause

1. Object and scope	7
2. Guarantees for the influence of cavitation	7
3. Test installations	9
4. Conditions of the water	11
5. Test conditions	13
6. Execution of the cavitation tests	23
7. Interpretation of tests	25

Witholdam

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PREMIER COMPLÉMENT A LA PUBLICATION 193 (1965)
CODE INTERNATIONAL CONCERNANT LES ESSAIS DE RÉCEPTION
SUR MODÈLE DES TURBINES HYDRAULIQUES

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 cette unification internationale, la CEI 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 CEI 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

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 4 de la CEI : Turbines hydrauliques.

Un Groupe de Travail fut constitué en 1961 à Interlaken en vue de « définir le coefficient de cavitation et les méthodes pour le mesurer ». Au fur et à mesure de l'avancement des travaux, la nécessité d'élargir leur domaine d'application est apparue. Cette évolution conduisit à la présente recommandation qui a la forme d'un chapitre additionnel de la Publication 193 de la CEI, intitulée « Code international concernant les essais de réception sur modèle des turbines hydrauliques ». Cette dernière publication ayant déjà paru, la présente recommandation a été établie sous forme de complément séparé à la Publication 193 * de la CEI. Lors de la révision de celle-ci, le Chapitre XI y sera inséré pour former une recommandation.

A la suite de plusieurs révisions, ce projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1969.

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

Allemagne	Italie
Australie	Japon
Autriche	Norvège
Belgique	Pologne
Canada	Royaume-Uni
Etats-Unis	Suède
d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Turquie
Hongrie	Union des Républiques
Israël	Socialistes Soviétiques

* Les numéros du tableau et des figures de la présente publication suivent l'ordre de la Publication 193 de la CEI.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIRST SUPPLEMENT TO PUBLICATION 193 (1965)
INTERNATIONAL CODE FOR MODEL ACCEPTANCE TESTS
OF HYDRAULIC TURBINES

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 this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC 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

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 4, Hydraulic Turbines.

A Working Group was established in 1961 at Interlaken to "Define the cavitation factor and the methods of measuring it". As the work progressed, the need for expanding the scope of the work became apparent. This development led to the present Recommendation which is in the form of an added Chapter to IEC Publication 193, International Code for Model Acceptance Tests of Hydraulic Turbines. Since the latter document has already been published, the present Recommendation has been prepared as a separate supplement to IEC Publication 193 *. When Publication 193 is revised, Chapter XI will be incorporated with it as one Recommendation.

After several revisions, this final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1969.

The following countries voted explicitly in favour of publication :

Australia	Italy
Austria	Japan
Belgium	Norway
Canada	Poland
Czechoslovakia	Sweden
Finland	Switzerland
France	Turkey
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Hungary	United Kingdom
Israel	United States of America

* The numbering of the Table and Figures in this publication follows the sequence in IEC Publication 193.

PREMIER COMPLÉMENT A LA PUBLICATION 193 (1965)

CODE INTERNATIONAL CONCERNANT LES ESSAIS DE RÉCEPTION SUR MODÈLE DES TURBINES HYDRAULIQUES

CHAPITRE XI : ESSAIS DE CAVITATION

INTRODUCTION

Pour être vraiment complet et représentatif, un essai de réception sur modèle réduit devrait aussi comporter un essai de cavitation sur le même modèle ou un modèle semblable. L'objet de ce chapitre est de donner les recommandations appropriées, basées sur une théorie et une expérience bien établies.

Les principes et méthodes faisant encore l'objet de recherches ou n'étant pas encore généralement acceptés ont été omis ou ont été traités d'une façon générale en évitant les prises de position trop strictes ou trop formelles.

1. **Objet et domaine d'application**

1.1 L'objet de ce chapitre est :

- de définir les principes permettant d'établir des garanties concernant l'influence de la cavitation sur les caractéristiques de fonctionnement et essentiellement sur le rendement (paragraphe III.2.2.1) d'une turbine hydraulique dans des conditions de marche déterminées. Le contrôle de telles garanties doit être possible par des essais sur modèle ;
- de décrire les méthodes et les procédures d'essais de cavitation ;
- de définir les méthodes d'interprétation de tels essais de cavitation sur modèle et les procédés pour leur comparaison finale aux garanties.

1.2 Ce chapitre s'applique, d'une manière générale, à toutes les turbines hydrauliques à réaction pour lesquelles des essais de cavitation sur modèle doivent être exécutés.

1.3 Bien que l'objet primaire des essais de cavitation décrits ici soit la vérification de certaines garanties de fonctionnement, il est recommandé que les mêmes principes et les mêmes méthodes soient appliqués pour les essais comparatifs et les essais de recherche.

1.4 Les problèmes d'instabilité, même lorsqu'ils résultent des effets de la cavitation, sont exclus de ce chapitre. Ils ne peuvent en effet être traités valablement dans les conditions de similitude prises en considération dans ce chapitre.

2. **Garanties concernant l'influence de la cavitation**

2.1 *Généralités*

Dans tous les cas où les essais de réception sont faits sur modèle, il est nécessaire de contrôler l'influence de la cavitation sur les rendements du modèle, mesurés conformément aux recommandations énoncées dans les chapitres précédents. Il est nécessaire de spécifier clairement dans le contrat si les rendements garantis du modèle sont donnés, en ce qui concerne les niveaux d'eau, dans les conditions hydrauliques particulières prévalant à l'usine, communément exprimées sous la forme des valeurs du coefficient de cavitation d'installation (paragraphe XI.5.1.1), ou pour des valeurs suffisamment élevées de ce coefficient, éliminant l'influence de la cavitation sur les caractéristiques (voir paragraphe III.2.2.1).

FIRST SUPPLEMENT TO PUBLICATION 193 (1965)
INTERNATIONAL TEST CODE FOR CAVITATION ACCEPTANCE TESTS
FOR MODEL HYDRAULIC TURBINES

CHAPTER XI: CAVITATION TESTS

INTRODUCTION

To be truly complete and representative, an acceptance model test should include a cavitation model test with the same or a similar model turbine. The purpose of this chapter is to provide suitable recommendations for such a test, based on well established theory and practice.

Principles and methods, which are still subject to research or not yet generally accepted, have been omitted or have been dealt with in a general way, avoiding too strict or formal statements.

1. Object and scope

1.1 The object of this chapter is:

- to lay down the principles enabling guarantees to be given relating to the influence of cavitation on the performance characteristics and essentially on efficiency (Sub-clause III.2.2.1) of hydraulic turbines under specified running conditions. The checking of such guarantees shall be possible by means of model tests;
- to describe the methods and procedures of cavitation model tests;
- to define the methods of interpretation for cavitation model tests and the procedure for their final comparison with guarantees.

1.2 This chapter applies generally to all hydraulic turbines of the reaction type on which cavitation model tests are to be carried out.

1.3 Whilst primarily the scope of cavitation tests here described will be the verification of certain performance guarantees, it is recommended that the same principles and methods be applied for comparative tests and research tests.

1.4 Problems of behaviour and stability even when these are the result of cavitation effects are excluded from this chapter. They cannot in effect, be treated validly with the conditions of similitude taken into consideration in this chapter.

2. Guarantees for the influence of cavitation

2.1 General

In cases where the efficiency acceptance tests are made on a model, it is necessary to check the influence of cavitation on the model efficiencies as obtained by tests performed in accordance with the previous chapters. It is necessary to state clearly in the contract whether model guaranteed efficiencies are given under specified hydraulic conditions with respect to prevailing water levels at site, usually expressed in the form of plant cavitation factor values (See Sub-clause XI.5.1.1) or for sufficiently high cavitation factor values to exclude cavitation influence on performance. (See Sub-clause III.2.2.1)

There is not yet a commonly accepted theory for the transposition of cavitation model test results to prototype conditions ; therefore, guarantees applicable to cavitation model tests must be given for a model turbine of a given size to be treated under a head within a given head range.

2.2 *Guarantees concerning alteration of efficiency*

A guarantee is generally given concerning model efficiency under hydraulic conditions corresponding to water levels at site.

2.3 *Guarantees concerning runaway speed and/or discharge*

A separate guarantee for runaway speed and/or discharge may be given. As cavitation very often has a decisive influence on runaway characteristics, the guarantee should refer to a given range of cavitation factor σ (See Sub-clause XI.5.1.1) prevailing in the prototype installation.

The maximum runaway speed and maximum runaway discharge are the highest speed and discharge the turbine could ever reach when rotating at zero torque under the above-mentioned conditions.

In the case of adjustable blade turbines, additional guarantees may be given for the runaway speed and/or discharge for the condition in which correct combination between runner blades and guide vanes is maintained.

2.4 *Limitation of guarantees for cavitation*

Cavitation may effect the behaviour of a hydraulic turbine in several ways. It may cause noise, vibrations, material damage (pitting) and alteration of performance, as defined by changes of efficiency, output, discharge, runaway speed and runaway discharge.

When separate guarantees are made with respect to pitting, noise or vibrations, they shall always be referred to the full scale machine. Such guarantees are subject to separate checking by field investigation.

2.5 *Additional information not subject to guarantee*

In addition, the contract may stipulate, to establish during acceptance tests, a certain number of curves of efficiency against cavitation factor corresponding to predetermined operating conditions. These would generally be near the limits of the contractual range of operation for the turbine.

Depending on the type of turbine and the range of operation, these curves may have very different shapes. But for low cavitation factor, they generally show a characteristic drop in efficiency corresponding to developed cavitation. It may therefore be possible to define from these curves the characteristic values of a cavitation factor as described in Sub-clause XI.7.3.1.4, which may then be compared with the value of the plant cavitation factor.

3. **Test installations**

3.1 *General characteristics of the circuit*

The circuit shall be such that when cavitation appears in the model turbine it shall not occur elsewhere to an extent where it affects the stability or the satisfactory operation of the installation or the measurement of the model performance.

It must be ensured that cavitation and the bubbles and degassing produced by cavitation in the model do not affect the functioning of instrumentation particularly the flow measuring device.

Il n'existe pas encore de théorie communément acceptée pour une transposition des essais de cavitation du modèle aux conditions du prototype ; c'est pourquoi les garanties applicables aux essais de cavitation sur modèle doivent être données pour un modèle de turbines de dimensions données essayé dans une gamme de chute bien définie.

2.2 *Garanties concernant l'altération des rendements*

Il existe généralement une garantie concernant les rendements du modèle dans les conditions hydrauliques correspondant aux niveaux d'eau à l'usine.

2.3 *Garanties concernant la vitesse d'emballement et/ou le débit d'emballement*

Il peut exister une garantie séparée pour la vitesse d'emballement et/ou le débit d'emballement. Comme la cavitation a une influence décisive sur les caractéristiques d'emballement, la garantie doit se rapporter à un domaine déterminé de coefficient de cavitation σ (voir paragraphe XI.5.1.1) prévalant dans l'installation prototype.

La vitesse maximale d'emballement et le débit maximal d'emballement sont la plus grande vitesse ou le plus grand débit que la turbine peut atteindre en tournant à couple nul dans les conditions précisées ci-dessus.

Dans le cas des turbines à pales mobiles, une garantie supplémentaire peut être donnée pour la vitesse et/ou le débit d'emballement dans les conditions pour lesquelles une conjugaison correcte est maintenue, entre les pales de la roue et les aubes du distributeur.

2.4 *Limitation des garanties concernant la cavitation*

La cavitation peut affecter le comportement d'une turbine hydraulique de différentes façons. Elle peut être la cause de bruit, de vibrations, de dommages matériels (érosion) et d'altération des caractéristiques, c'est-à-dire plus précisément du rendement, de la puissance, du débit, de la vitesse et du débit d'emballement.

Quand des garanties séparées seront données respectivement pour l'érosion, le bruit ou les vibrations, elles concerneront toujours le prototype. De telles garanties feront l'objet de contrôles séparés sur place.

2.5 *Informations additionnelles n'étant pas sujettes à garantie*

En complément, le contrat peut prévoir que quelques courbes de rendement en fonction du coefficient de cavitation soient relevées durant les essais de réception. Ces courbes correspondront à des conditions de fonctionnement prédéterminées de la turbine et généralement voisines des limites de la zone de fonctionnement contractuelle de la turbine.

Ces courbes peuvent présenter des allures diverses, selon le type de turbine de la zone de fonctionnement. Cependant, elles indiquent généralement une chute de rendement significative correspondant à un développement de cavitation prononcé lorsque le coefficient de cavitation atteint des valeurs basses. Il peut de ce fait être possible de définir sur ces courbes des valeurs caractéristiques d'un coefficient de cavitation, telles que celles décrites au paragraphe XI.7.3.1.4, qui pourront être comparées à la valeur de ce même coefficient de cavitation particulier à l'usine.

3. **Installation d'essai**

3.1 *Caractéristiques générales du circuit*

Le circuit doit être tel que lorsque la cavitation apparaît dans le modèle de turbine, elle ne doit pas se développer ailleurs dans une proportion telle qu'elle affecterait la stabilité ou le fonctionnement satisfaisant de l'installation d'essai ou la mesure des performances du modèle.

On devra s'assurer que la cavitation, les bulles et le dégazage produits par la cavitation dans le modèle n'affectent pas le fonctionnement des instruments, particulièrement celui de l'appareil de mesure du débit.