

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 41

Deuxième édition — Second edition

1963

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

International code for the field acceptance tests of hydraulic turbines



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

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 41

Deuxième édition — Second edition

1963

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

International code for the field acceptance tests of hydraulic turbines



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	8
PRÉFACE	8
PREMIÈRE PARTIE — RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES	
CHAPITRE I — OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION	
1. Types de turbines	12
2. Essais de réception	12
3. Sujets exclus	12
CHAPITRE II — TERMINOLOGIE, DÉFINITIONS, SYMBOLES ET UNITÉS	
1. Systèmes de mesure	14
2. Terminologie	14
2.1 Débit	14
2.2 Section	14
2.3 Vitesse moyenne	14
2.4 Pression	14
2.5 Poids spécifique de l'eau	16
2.6 Hauteur de chute et charges	16
2.7 Puissance absorbée et fournie	24
2.8 Rendement	24
2.9 Vitesse	24
2.10 Variation de vitesse	26
2.11 Variation de pression	26
2.12 Cavitation	28
3. Clarifications	28
4. Plaque signalétique	28
Tableau I: Variation de γ de l'eau	30
Tableau II: Variation de l'accélération g	32
CHAPITRE III — NATURE ET ÉTENDUE DES GARANTIES TECHNIQUES	
1. Généralités	34
2. Garanties principales	34
2.1 Puissance	34
2.2 Rendement	34
3. Autres garanties	34
3.1 Variations de vitesse et de pression	34
3.2 Vitesse d'emballement	36
3.3 Erosion par cavitation	36
4. Durée des garanties	36
CHAPITRE IV — CONDITIONS A REMPLIR POUR LES ESSAIS	
1. Dispositions à prévoir sur l'installation	38
2. Ecart admissible par rapport aux conditions contractuelles	38
2.1 Exploitation pratique de la centrale	38
2.2 Fluctuations pendant un essai individuel	38
2.3 Ecart par rapport à la chute spécifiée	38
2.4 Niveau aval	40
3. Examen sur place	40

CONTENTS

	Pages
FOREWORD	9
PREFACE	9

PART 1 — GENERAL RECOMMENDATIONS

CHAPTER I — OBJECT AND SCOPE

1. Types of turbines	13
2. Acceptance tests	13
3. Excluded topics	13

CHAPTER II — TERMS, DEFINITIONS, SYMBOLS AND UNITS

1. Measuring systems	15
2. List of terms	15
2.1 Rate of flow or discharge	15
2.2 Area	15
2.3 Mean velocity	15
2.4 Pressure	15
2.5 Specific weight of water	17
2.6 Head	17
2.7 Input and output	25
2.8 Efficiency	25
2.9 Speed	25
2.10 Speed variations	27
2.11 Pressure variations	27
2.12 Cavitation	29
3. Clarifications	29
4. Nameplate	29
Table I: Variation of γ of water	31
Table II: Variation of the acceleration g	33

CHAPTER III — NATURE AND EXTENT OF TECHNICAL GUARANTEES

1. General	35
2. Main guarantees	35
2.1 Output	35
2.2 Efficiency	35
3. Other guarantees	35
3.1 Speed and pressure variations	35
3.2 Runaway speed	37
3.3 Cavitation erosion	37
4. Period of guarantee	37

CHAPTER IV — TEST CONDITIONS TO BE FULFILLED

1. Adequate provision for the test when the plant is designed	39
2. Permissible deviation from specified conditions	39
2.1 Practical plant operation	39
2.2 Fluctuations during individual test run	39
2.3 Deviation from specified head	39
2.4 Tailwater level	41
3. Investigation at the site	41

	Pages
CHAPITRE V — MODALITÉS D'EXÉCUTION DES ESSAIS	
1. Personnel	42
1.1 Autorité pour les essais	42
1.2 Chef des essais	42
1.3 Personnel, nombre et compétence	42
1.4 Représentation aux essais	42
2. Préparation des essais	42
2.1 Communication des dessins et documents	42
2.2 Inspection sur place	42
2.3 Mesures préalables	44
2.4 Examen après les essais	44
3. Accord sur le programme d'essais	44
3.1 Accord préalable	44
3.2 Programme général	44
3.2.1 Etendue et durée probable des essais	44
3.2.2 Nombre de groupes à essayer	44
3.2.3 Détails des mesures	44
3.2.4 Turbines Kaplan, avec ou sans came	44
3.2.5 Dispositions concernant les rendements pondérés	46
4. Instruments	46
4.1 Fourniture des appareils	46
4.2 Etalonnage des appareils	46
5. Relevés	46
6. Signature des comptes rendus	48
7. Procédure en cas de contestation ou de répétition	48
CHAPITRE VI — CALCUL DES RÉSULTATS	
1. Conversion aux conditions garanties	50
2. Incertitudes de mesure	50
3. Comparaison avec les garanties	52
4. Erreurs partielles de mesure	58
4.1 Débit	58
4.2 Surface libre	58
4.3 Pression	58
4.4 Puissance	58
4.5 Hauteur de chute	60
4.6 Rendement	60
CHAPITRE VII — RAPPORT FINAL	
1. Préparation du rapport	62
2. Teneur du rapport final	62

DEUXIÈME PARTIE — MÉTHODES DE MESURE

CHAPITRE VIII — MÉTHODES DE MESURE DU DÉBIT	
1. Méthode de l'écran salé	66
2. Méthode pression-temps	78
3. Jaugeage aux moulinets	94
4. Méthode de dilution	120
5. Déversoir	122
6. Méthodes de mesure absolues par pesée et jaugeage volumétrique	126
7. Ecran mobile	128
8. Tubes de Pitot	130
9. Diaphragmes, tuyères et tubes de Venturi	132

	Page
CHAPTER V — TEST PROCEDURE	
1. Personnel	43
1.1 Authority for test	43
1.2 Chief of test	43
1.3 Personnel, number and competence	43
1.4 Presence at the tests	43
2. Preparations for test	43
2.1 Submission of drawings and relevant data	43
2.2 Inspection on site	43
2.3 Measurements before test	45
2.4 Inspection after test	45
3. Agreement on test procedure	45
3.1 Consent to procedure	45
3.2 General programme	45
3.2.1 Extent and estimated duration of test	45
3.2.1 Units to be tested	45
3.2.3 Details of measurements	45
3.2.4 Kaplan Turbine, with or without cam	45
3.2.5 Procedure for weighted efficiencies	47
4. Instruments	47
4.1 Provision of instruments	47
4.2 Calibration of instruments	47
5. Observations	47
6. Signing of records	49
7. Procedure in case of dispute or repetition	49

CHAPTER VI — COMPUTATION OF RESULTS

1. Reference to guaranteed conditions	51
2. Inaccuracies in measurement	51
3. Comparison with guarantee	53
4. Individual errors in measurement	59
4.1 Rate of water flow	59
4.2 Free level	59
4.3 Pressure	59
4.4 Output	59
4.5 Head	61
4.6 Efficiency	61

CHAPTER VII — FINAL REPORT

1. Preparation of report	63
2. Content	63

PART 2 — METHODS OF MEASUREMENT

CHAPTER VIII — METHODS OF DISCHARGE MEASUREMENT

1. Salt velocity method	67
2. Pressure-time method	79
3. Currentmeter method	95
4. Dilution	121
5. Weir	123
6. Absolute measurement by weight and volumetric gauging methods	127
7. Travelling screen method	129
8. Pitot tubes	131
9. Orifices, nozzles and Venturimeters	133

	Pages
CHAPITRE IX — HAUTEUR DE CHUTE	
1. Remarques générales	134
2. Plans d'eau libres	134
3. Mesures de pression	142
4. Mesures de vide	158
CHAPITRE X — PUISSANCES	
1. Généralités	160
2. Méthodes indirectes de mesure des puissances	160
3. Méthodes directes de mesure des puissances	164
CHAPITRE XI — MESURE ET RÉPARTITION DES PERTES	
1. Généralités	168
2. Pertes mécaniques	168
3. Consommation d'eau par les services auxiliaires	180
4. Détermination du rendement d'un générateur électrique à partir de l'échauffement du fluide de refroidissement	182
5. Méthode thermodynamique de mesure du rendement des turbines	192
CHAPITRE XII — VITESSE	
1. Mesure de la vitesse pour la mesure directe de la puissance	200
2. Mesure de vitesse dans le cas de mesure indirecte de la puissance	200
CHAPITRE XIII — VARIATIONS DE VITESSE LORS D'UNE DÉCHARGE RAPIDE DE LA TURBINE	
1. Remarques générales	202
2. Instruments de mesure	202
CHAPITRE XIV — VARIATIONS DE PRESSION LORS D'UNE DÉCHARGE RAPIDE DE LA TURBINE	
1. Remarques générales	204
2. Instruments de mesure	204

	Page
CHAPTER IX — HEAD	
1. References	135
2. Free water level	135
3. Pressure measurements	143
4. Vacuum measurements	159
CHAPTER X — MEASUREMENT OF POWER OUTPUT	
1. General	161
2. Indirect method of power output measurement	161
3. Direct method of power output measurement	165
CHAPTER XI — MEASUREMENT AND DISTRIBUTION OF LOSSES	
1. General	169
2. Mechanical losses	169
3. Water consumption by auxiliary equipment	181
4. Determination of the efficiency of an electric generator by means of the heating of the cooling fluid	183
5. Thermodynamic method for measuring the efficiency of turbines	193
CHAPTER XII — SPEED	
1. Speed measurements for direct measurement of output	201
2. Speed measurements in case of indirect measurement of the output	201
CHAPTER XIII — SPEED VARIATIONS DURING SUDDEN LOAD REJECTION	
1. General remarks	203
2. Instruments	203
CHAPTER XIV — PRESSURE VARIATIONS DURING SUDDEN LOAD REJECTION	
1. General remarks	205
2. Instruments	205

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CODE INTERNATIONAL
CONCERNANT LES ESSAIS DE RÉCEPTION SUR PLACE
DES TURBINES HYDRAULIQUES**

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

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 4, Turbines hydrauliques.

Elle fait suite à des publications antérieures de la C.E.I., à savoir à la Publication 29 (1914), Moteurs primaires pour installations électriques, et à la première édition de 1928 de la Publication 41; Fascicule de la C.E.I. relatif aux essais des turbines hydrauliques, dont elle constitue la deuxième édition. Ni l'une ni l'autre de ces deux publications ne décrivaient toutefois des méthodes ni des limitations pour les essais de garantie.

A la reprise des travaux du Comité d'Etudes N° 4 en 1952, la présidence et le secrétariat de ce comité furent confiés au Comité National des Etats-Unis et l'objectif immédiat fut la préparation d'un Code international concernant les essais sur place des turbines hydrauliques. Les principes généraux pour la préparation de ces travaux furent discutés à une réunion tenue à Philadelphie en 1954, après une période d'inactivité de 27 ans. Une décision concernant la structure du code et les différents chapitres qu'il devait contenir fut prise lors de la réunion qui s'est tenue à Munich en 1956 et au cours de laquelle plusieurs Groupes de Travail furent constitués en vue d'établir les projets des différents chapitres. A la suite de la réunion tenue à Zurich en 1957, un projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en avril 1961.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INTERNATIONAL CODE
FOR THE FIELD ACCEPTANCE TESTS
OF HYDRAULIC TURBINES**

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

This recommendation has been prepared by I.E.C. Technical Committee No. 4, Hydraulic turbines.

It follows on the earlier I.E.C. Publications, No. 29 (1914), Prime movers for electrical plant, Nomenclature of hydraulic turbines, and the first edition of Publication No. 41 (1928), I.E.C. Publication on the testing of hydraulic turbines, of which it constitutes the second edition. Neither of these earlier publications, however, described the methods or limitations for guarantee tests.

When the work of Technical Committee No. 4 was recommenced in 1952, with the United States National Committee holding the Secretariat and Chairmanship, the immediate objective was the preparation of an International Field Test Code for Hydraulic Turbines. The general lines along which this work was to be carried out was discussed at the meeting held in Philadelphia in 1954 after a lapse of 27 years. The outline of the code and the various chapters were decided upon at the meeting held in Munich in 1956, when a number of Working Groups were set up to prepare the drafts of the different chapters. Following the meeting held in Zurich in 1957, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1961.

Les pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication :

Allemagne	Japon
Australie	Norvège
Autriche	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
Finlande	Turquie
France	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Italie	

A la suite de modifications apportées au texte en vue de tenir compte des observations soumises pendant la période de vote, la Belgique et la Suède, qui avaient émis un vote négatif au sujet du projet diffusé suivant la Règle des Six Mois, ont fait savoir qu'elles retiraient leur vote négatif et approuvaient la publication telle qu'elle est éditée.

Comme c'est le cas pour tous les codes, il apparaîtra certainement souhaitable d'en entreprendre la révision et, après quelques années, il conviendra probablement de publier une édition révisée du code d'essai des turbines hydrauliques sur la base de l'expérience acquise par l'utilisation de ce code.

The following countries voted explicitly in favour of publication :

Austria	Japan
Australia	Norway
Canada	Romania
Czechoslovakia	Switzerland
Denmark	Turkey
Finland	Union of Soviet Socialist Republics
France	United Kingdom
Germany	United States of America
Italy	

Following amendments to the text to take into account comments submitted during the voting period, Belgium and Sweden, which had cast a negative vote on the draft as circulated under the Six Months' Rule, signified that they withdrew their negative votes and approved the publication as at present issued.

As with all codes, revisions will be found desirable and, after the field test code for hydraulic turbines has been in use for several years, it will undoubtedly be desirable to issue a revised edition based on the experience gained in its use.

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

Première partie — Recommandations générales

CHAPITRE I — OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

Le but de ce code concernant les essais de réception sur place des turbines hydrauliques est de définir les termes et les grandeurs utilisés, de fixer les méthodes d'essais et les conditions de mesure de ces grandeurs, de déterminer les caractéristiques réalisées et de vérifier les garanties.

1. Types de turbines

Le présent code est applicable en général à toutes les turbines à action ou à réaction, quels que soient leur dimension ou leur type. En particulier, il s'applique aux turbines directement accouplées à des générateurs d'énergie électrique.

INTERNATIONAL CODE FOR THE FIELD ACCEPTANCE TESTS OF HYDRAULIC TURBINES

Part 1 — General Recommendations

CHAPTER I — OBJECT AND SCOPE

The purpose of this code for field acceptance tests of hydraulic turbines is to define the terms and quantities which are used, to establish methods of testing and the way of measuring the quantities involved, so as to ascertain the performance of the turbine and to verify the guarantees.

1. Types of turbines

In general the code applies to any size of any type of reaction or impulse turbine. In particular it applies to turbines directly coupled to electric generators.