

**NORME
INTERNATIONALE**

**CEI
IEC**

**INTERNATIONAL
STANDARD**

60953-2

Première édition
First edition
1990-12

**Règles pour les essais thermiques de
réception des turbines à vapeur –**

**Deuxième partie:
Méthode B – Précision de divers degrés pour
multiples modèles et tailles de turbines**

**Rules for steam turbine thermal acceptance
Tests –**

**Part 2:
Method B – Wide range of accuracy for various
types and sizes of turbines**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60953-2: 1990

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 des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

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*.

* 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 subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

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*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
60953-2**

Première édition
First edition
1990-12

**Règles pour les essais thermiques de
réception des turbines à vapeur –**

**Deuxième partie:
Méthode B – Précision de divers degrés pour
multiples modèles et tailles de turbines**

**Rules for steam turbine thermal acceptance
tests –**

**Part 2:
Method B – Wide range of accuracy for various
types and sizes of turbines**

© IEC 1990 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XE**

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	8
PRÉFACE	8
INTRODUCTION	10
Articles	
1. Domaine d'application et objet	16
1.1 Domaine d'application	16
1.2 Objet	16
1.3 Points à examiner dans le contrat	16
2. Unités, symboles, termes et définitions	16
2.1 Généralités	16
2.2 Symboles, unités.	18
2.3 Indices, exposants et définitions	20
2.4 Définitions des valeurs garanties et des résultats d'essai	24
2.4.1 Rendement thermique.	24
2.4.2 Consommation spécifique de chaleur	28
2.4.3 Rendement thermodynamique	28
2.4.4 Consommation spécifique de vapeur	30
2.4.5 Débit principal de vapeur	30
2.4.6 Puissance maximale	30
2.4.7 Valeurs garanties pour les turbines à plusieurs pressions et les turbines à prélèvements de vapeur	30
3. Principes directeurs	32
3.1 Dispositions à prendre dès la conception de l'installation	32
3.2 Accords et dispositions préliminaires aux essais	34
3.3 Organisation des essais	34
3.3.1 Délai pour la réalisation des essais de réception	34
3.3.2 Direction des essais de réception.	36
3.3.3 Coût des essais de réception	36
3.4 Préparation des essais	36
3.4.1 Etat de l'installation	36
3.4.2 Etat de la turbine à vapeur	38
3.4.3 Etat du condenseur	38
3.4.4 Isolement du cycle	38
3.4.5 Contrôle d'étanchéité du condenseur et des réchauffeurs d'eau d'alimentation	44
3.4.6 Propreté des filtres de vapeur	44
3.4.7 Contrôle des équipements de mesure	44
3.5 Mesures comparatives	44
3.6 Réglages d'essais	46
3.6.1 Réglage de la puissance	46
3.6.2 Réglages spéciaux	46
3.7 Essais préliminaires	46
3.8 Essais de réception	48
3.8.1 Constance des conditions d'essai.	48
3.8.2 Ecart et fluctuations maximaux admissibles des conditions de fonctionnement	48
3.8.3 Durée des essais et fréquence des lectures	48
3.8.4 Lecture des appareils de mesure intégrateurs	50
3.8.5 Autres méthodes	50
3.8.6 Relevé des mesures	52
3.8.7 Mesures supplémentaires	52
3.8.8 Calculs préliminaires	52
3.8.9 Cohérence des essais.	52
3.9 Répétition des essais de réception	52
4. Techniques de mesures et appareils de mesure	52
4.1 Généralités	52
4.1.1 Appareils de mesure	52
4.1.2 Incertitude des mesures	54
4.1.3 Etalonnage des appareils de mesure	54
4.1.4 Autres appareils de mesure	54
4.1.5 Le mercure dans l'instrumentation	54
4.2 Mesure de puissance	62
4.2.1 Détermination de la puissance mécanique d'une turbine	62
4.2.2 Mesure de la puissance de la pompe alimentaire de la chaudière	62
4.2.3 Détermination de la puissance électrique d'un groupe turboalternateur	64

CONTENTS

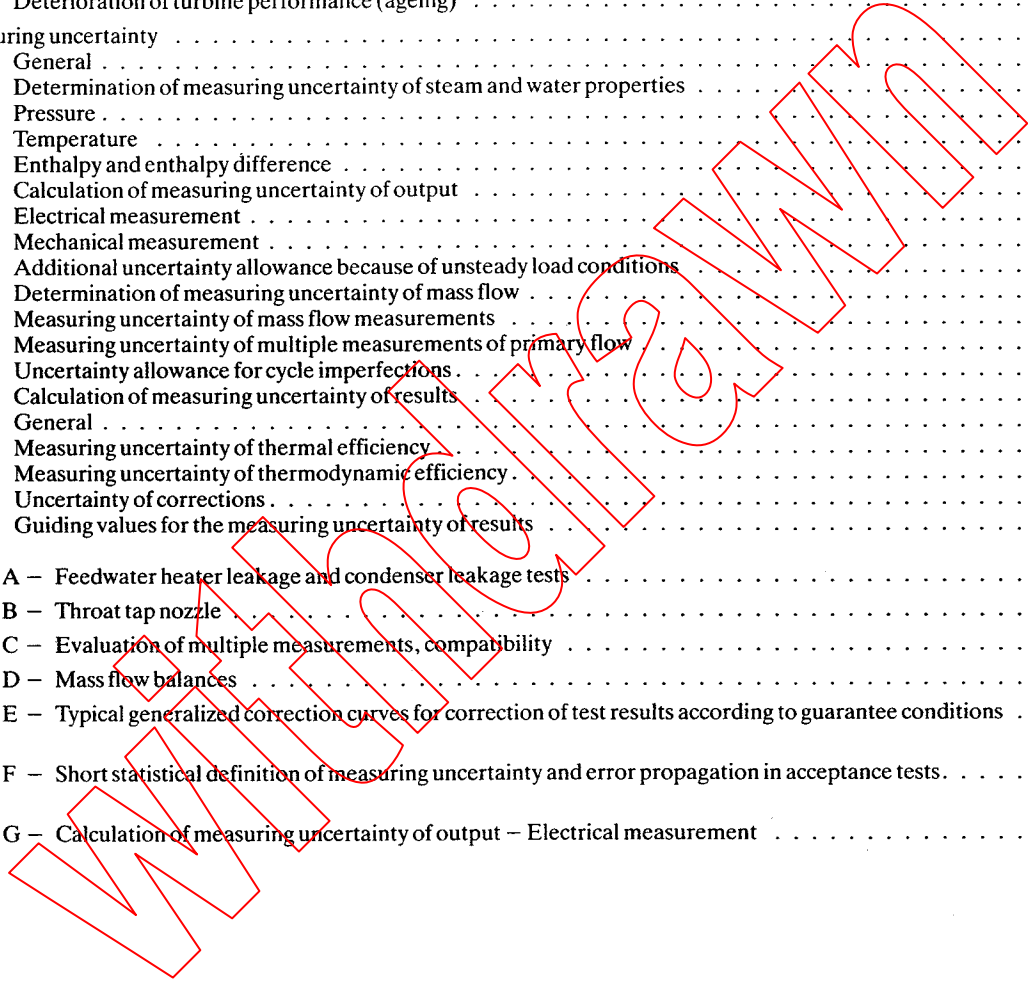
	Page
FOREWORD	9
PREFACE	9
INTRODUCTION	11
Clause	
1. Scope and object	17
1.1 Scope	17
1.2 Object	17
1.3 Matters to be considered in the contract	17
2. Units, symbols, terms and definitions	17
2.1 General	17
2.2 Symbols, units	19
2.3 Subscripts, superscripts and definitions	21
2.4 Definition of guarantee values and test results	25
2.4.1 Thermal efficiency	25
2.4.2 Heat rate	29
2.4.3 Thermodynamic efficiency	29
2.4.4 Steam rate	31
2.4.5 Main steam flow capacity	31
2.4.6 Maximum power output	31
2.4.7 Guarantee values for extraction and mixed-pressure turbines	31
3. Guiding principles	33
3.1 Advance planning for test	33
3.2 Preparatory agreements and arrangements for tests	35
3.3 Planning of the test	35
3.3.1 Time for acceptance tests	35
3.3.2 Direction of acceptance tests	37
3.3.3 Cost of acceptance tests	37
3.4 Preparation of the tests	37
3.4.1 Condition of the plant	37
3.4.2 Condition of the steam turbine	39
3.4.3 Condition of the condenser	39
3.4.4 Isolation of the cycle	39
3.4.5 Checks for leakage of condenser and feedwater heaters	45
3.4.6 Cleanliness of the steam strainers	45
3.4.7 Checking of the test measuring equipment	45
3.5 Comparison measurements	45
3.6 Settings for tests	47
3.6.1 Load settings	47
3.6.2 Special settings	47
3.7 Preliminary tests	47
3.8 Acceptance tests	49
3.8.1 Constancy of test conditions	49
3.8.2 Maximum deviation and fluctuation in test conditions	49
3.8.3 Duration of test runs and frequency of readings	49
3.8.4 Reading of integrating measuring instruments	51
3.8.5 Alternative methods	51
3.8.6 Recording of tests	53
3.8.7 Additional measurement	53
3.8.8 Preliminary calculations	53
3.8.9 Consistency of tests	53
3.9 Repetition of acceptance tests	53
4. Measuring techniques and measuring instruments	53
4.1 General	53
4.1.1 Measuring instruments	53
4.1.2 Measuring uncertainty	55
4.1.3 Calibration of instruments	55
4.1.4 Alternative instrumentation	55
4.1.5 Mercury in instrumentation	55
4.2 Measurement of power	63
4.2.1 Determination of mechanical turbine output	63
4.2.2 Measurement of boiler feed pump power	63
4.2.3 Determination of electrical power of a turbine generator	65

Articles	Pages	
4.2.4	Mesure de la puissance électrique	66
4.2.5	Branchement des appareils de mesure électriques	66
4.2.6	Appareils de mesure électriques	66
4.2.7	Transformateurs de mesure	66
4.3	Mesure des débits	68
4.3.1	Détermination des débits à mesurer	68
4.3.2	Mesure du débit d'eau principal	68
4.3.3	Montage et emplacement des dispositifs à pression différentielle	70
4.3.4	Mesures de pression différentielle	72
4.3.5	Fluctuations des débits d'eau	74
4.3.6	Mesure des débits secondaires	74
4.3.7	Débits secondaires occasionnels	80
4.3.8	Masse volumique d'eau et de vapeur	82
4.3.9	Détermination du débit d'eau de refroidissement du condenseur	82
4.4	Mesures de pression (sauf la pression d'échappement des turbines à condensation)	82
4.4.1	Pressions à mesurer	82
4.4.2	Instruments	84
4.4.3	Prises de pression et tuyauteries de raccordement	86
4.4.4	Robinets d'isolement	88
4.4.5	Etalonnage des appareils de mesure de pression	88
4.4.6	Pression atmosphérique	88
4.4.7	Correction des lectures	90
4.5	Mesure de la pression d'échappement des turbines à condensation	92
4.5.1	Généralités	92
4.5.2	Plan de mesure	92
4.5.3	Prises de pression	92
4.5.4	Collecteurs de mesure	94
4.5.5	Tuyauteries de raccordement	94
4.5.6	Appareils de mesure	94
4.5.7	Étanchéité du circuit de mesure	94
4.5.8	Étalonnage	94
4.5.9	Correction des lectures	96
4.6	Mesure des températures	96
4.6.1	Points de mesure des températures	96
4.6.2	Appareils de mesure	96
4.6.3	Mesures de températures principales	98
4.6.4	Mesure des températures du poste d'eau, y compris les températures de vapeur soutirée	98
4.6.5	Mesure des températures de l'eau de refroidissement du condenseur	98
4.6.6	Précision des équipements de mesure de température	100
4.6.7	Poches thermométriques pour thermomètres	100
4.6.8	Précautions à observer lors des mesures de température	100
4.7	Mesure du titre de la vapeur	102
4.7.1	Généralités	102
4.7.2	Technique de mesure par traceur	102
4.7.3	Méthode de condensation	104
4.7.4	Méthode d'injection à débit constant	112
4.7.5	Calcul de l'enthalpie de vapeur soutirée humide par la méthode d'injection à débit constant	112
4.7.6	Les traceurs et leur utilisation	116
4.8	Mesure du temps	118
4.9	Mesure de la vitesse de rotation	118
5.	Dépouillement des essais	118
5.1	Préparation du dépouillement	118
5.2	Calcul des résultats	120
5.2.1	Calcul des valeurs moyennes des lectures des appareils de mesure	120
5.2.2	Correction et conversion des moyennes de lecture	120
5.2.3	Vérification des données mesurées	120
5.2.4	Propriétés thermodynamiques de l'eau et de la vapeur	122
5.2.5	Calcul des résultats d'essai	124
6.	Correction des résultats de l'essai et comparaison avec la garantie	124
6.1	Valeurs et conditions de la garantie	124
6.2	Correction du débit maximal de vapeur à l'admission	124
6.3	Correction de la puissance maximale	126
6.4	Correction du rendement thermique ou thermodynamique	126
6.5	Définition et application des coefficients de correction	128
6.6	Méthode de correction	128
6.6.1	Correction par bilan thermodynamique	130
6.6.2	Correction par l'utilisation des courbes de correction fournies par le constructeur	132

Clause	Page
4.2.4 Measurement of electrical power	67
4.2.5 Electrical instrument connections	67
4.2.6 Electrical instruments	67
4.2.7 Instrument transformers.	67
4.3 Flow measurement	69
4.3.1 Determination of flows to be measured	69
4.3.2 Measurement of primary water flow	71
4.3.3 Installation and location of differential pressure devices	73
4.3.4 Differential pressure measurements	75
4.3.5 Water flow fluctuation	75
4.3.6 Secondary flow measurements.	81
4.3.7 Occasional secondary flows	83
4.3.8 Density of water and steam	83
4.3.9 Determination of cooling water flow of condenser	83
4.4 Pressure measurement (excluding condensing turbine exhaust pressure)	83
4.4.1 Pressures to be measured	85
4.4.2 Instruments	87
4.4.3 Pressure tapping holes and connecting lines	89
4.4.4 Shut-off valves.	89
4.4.5 Calibration of pressure measuring devices	89
4.4.6 Atmospheric pressure	91
4.4.7 Correction of readings	93
4.5 Condensing turbine exhaust pressure measurement	93
4.5.1 General	93
4.5.2 Plane of measurement	93
4.5.3 Pressure taps	95
4.5.4 Manifolds	95
4.5.5 Connecting lines.	95
4.5.6 Instruments	95
4.5.7 Tightness of measuring system	95
4.5.8 Calibration	97
4.5.9 Correction of readings	97
4.6 Temperature measurement	97
4.6.1 Points of temperature measurement	97
4.6.2 Instruments	99
4.6.3 Main temperature measurements	99
4.6.4 Feed train temperature measurements (including bled steam)	99
4.6.5 Condenser cooling water temperature measurement	101
4.6.6 Accuracy of temperature measuring equipment	101
4.6.7 Thermometer wells	101
4.6.8 Precautions to be observed in the measurement of temperature	103
4.7 Steam quality measurement	103
4.7.1 General	103
4.7.2 Tracer technique.	105
4.7.3 Condensing method	113
4.7.4 Constant rate injection method	113
4.7.5 Extraction enthalpy determined by constant rate injection method	117
4.7.6 Tracers and their use	119
4.8 Time measurement	119
4.9 Speed measurement	119
5. Evaluation of tests.	119
5.1 Preparation of evaluation	121
5.2 Computation of results	121
5.2.1 Calculation of average values of instrument readings	121
5.2.2 Correction and conversion of averaged readings	121
5.2.3 Checking of measured data	123
5.2.4 Thermodynamic properties of steam and water	125
5.2.5 Calculation of test results	125
6. Correction of test results and comparison with guarantee	125
6.1 Guarantee values and guarantee conditions	125
6.2 Correction of initial steam flow capacity	125
6.3 Correction of maximum output	127
6.4 Correction of thermal and thermodynamic efficiency	127
6.5 Definition and application of correction values	129
6.6 Correction methods	129
6.6.1 Correction by heat balance calculation.	131
6.6.2 Correction by use of correction curves prepared by the manufacturer	133

Articles	Pages
6.6.3 Essais pour la détermination des coefficients de correction	134
6.6.4 Correction par l'utilisation de courbes de correction généralisées	134
6.7 Variables à considérer dans la correction.	134
6.7.1 Turbines avec poste de réchauffage de l'eau alimentaire	134
6.7.2 Turbines qui ne comportent pas d'admission ou de prélèvements de vapeur (ou soutirages) après détente partielle	136
6.7.3 Turbines avec soutirage de vapeur pour applications autres que le réchauffage d'eau d'alimentation (turbines à prélèvements de vapeur)	138
6.7.4 Autres types de turbines	138
6.8 Comparaison avec la garantie	140
6.8.1 Comparaison avec une courbe de valeurs garanties	140
6.8.2 Comparaison avec un point de fonctionnement garanti	142
6.8.3 Comparaison avec les garanties aux charges partielles	142
6.8.4 Comparaison avec la garantie pour les turbines à prélèvements de vapeur	142
6.9 Détérioration des performances de la turbine (vieillesse)	144
7. Incertitude de mesure	144
7.1 Généralités	144
7.2 Détermination de l'incertitude de mesure des propriétés de la vapeur et de l'eau	146
7.2.1 Pression	146
7.2.2 Température	146
7.2.3 Enthalpie et différence d'enthalpie	148
7.3 Calcul de l'incertitude de mesure de la puissance	150
7.3.1 Mesures électriques	150
7.3.2 Mesures mécaniques.	150
7.3.3 Marge d'incertitude supplémentaire due aux conditions de charge instables	152
7.4 Détermination de l'incertitude de mesure du débit masse	152
7.4.1 Incertitude de mesure du débit masse	152
7.4.2 Incertitude des mesures multiples du débit principal	152
7.4.3 Marge d'incertitude pour les imperfections de cycle	154
7.5 Calcul de l'incertitude de mesure des résultats	154
7.5.1 Généralités	154
7.5.2 Incertitude de mesure du rendement thermique	154
7.5.3 Incertitude de mesure du rendement thermodynamique	156
7.5.4 Incertitude des corrections	156
7.5.5 Valeurs de référence pour l'incertitude de mesure des résultats	156
ANNEXE A – Contrôles des fuites au condenseur et aux réchauffeurs d'eau alimentaire	160
ANNEXE B – Tuyères avec prise de pression au col	162
ANNEXE C – Dépouillement de mesures multiples, compatibilité.	170
ANNEXE D – Bilans des débits masses.	172
ANNEXE E – Courbes types de correction généralisées pour la correction des résultats d'essai aux conditions de garantie	176
ANNEXE F – Brève définition statistique de l'incertitude de mesure et la propagation des erreurs dans les essais de réception	214
ANNEXE G – Calcul de l'incertitude de mesure de la puissance – Mesures électriques	220

Clause	Page
6.6.3 Tests to determine correction values	135
6.6.4 Correction by use of generalized correction curves	135
6.7 Variables to be considered in the correction	135
6.7.1 Turbines with regenerative feed-water heating	135
6.7.2 Turbines which have no provision for the addition or extraction of steam after partial expansion	137
6.7.3 Turbines with steam extraction for purposes other than feed-water heating (extraction turbines)	139
6.7.4 Other types of turbine	139
6.8 Guarantee comparison	141
6.8.1 Guarantee comparison with locus curve	141
6.8.2 Guarantee comparison with guarantee point	143
6.8.3 Guarantee comparison for turbines with throttle governing	143
6.8.4 Guarantee comparison for extraction turbines	143
6.9 Deterioration of turbine performance (ageing)	145
7. Measuring uncertainty	145
7.1 General	145
7.2 Determination of measuring uncertainty of steam and water properties	147
7.2.1 Pressure	147
7.2.2 Temperature	147
7.2.3 Enthalpy and enthalpy difference	149
7.3 Calculation of measuring uncertainty of output	151
7.3.1 Electrical measurement	151
7.3.2 Mechanical measurement	151
7.3.3 Additional uncertainty allowance because of unsteady load conditions	153
7.4 Determination of measuring uncertainty of mass flow	153
7.4.1 Measuring uncertainty of mass flow measurements	153
7.4.2 Measuring uncertainty of multiple measurements of primary flow	153
7.4.3 Uncertainty allowance for cycle imperfections	155
7.5 Calculation of measuring uncertainty of results	155
7.5.1 General	155
7.5.2 Measuring uncertainty of thermal efficiency	155
7.5.3 Measuring uncertainty of thermodynamic efficiency	157
7.5.4 Uncertainty of corrections	157
7.5.5 Guiding values for the measuring uncertainty of results	157
APPENDIX A – Feedwater heater leakage and condenser leakage tests	161
APPENDIX B – Throat tap nozzle	161
APPENDIX C – Evaluation of multiple measurements, compatibility	171
APPENDIX D – Mass flow balances	173
APPENDIX E – Typical generalized correction curves for correction of test results according to guarantee conditions	177
APPENDIX F – Short statistical definition of measuring uncertainty and error propagation in acceptance tests.	215
APPENDIX G – Calculation of measuring uncertainty of output – Electrical measurement	221



COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÈGLES POUR LES ESSAIS THERMIQUES DE RÉCEPTION
DES TURBINES À VAPEUR**

**Deuxième partie: Méthode B – Précision de divers degrés pour multiples modèles
et tailles de turbines**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Études 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 norme a été établie par le Comité d'Études n°5 de la CEI: Turbines à vapeur.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
5(BC)24	5(BC)27

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

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

Publications n° 34-2 (1972): Machines électriques tournantes, Deuxième partie: Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement des machines électriques tournantes à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction).

41 (1963): Code international concernant les essais de réception sur place des turbines hydrauliques.

Autres publications citées:

Norme ISO 5167 (1980): Mesure de débit des fluides au moyen de diaphragmes, tuyères et tubes de Venturi insérés dans des conduites en charge de section circulaire.

ISO 31-3 (1978): Grandeurs et unités – Grandeurs et unités de mécanique.