

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

**CEI
IEC
953-1**

Première édition
First edition
1990-12

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

Première partie:

Méthode A — Haute précision, pour turbines à
vapeur à condensation de grande puissance

**Rules for steam turbine thermal acceptance
tests**

Part 1:

Method A — High accuracy for large condensing
steam turbines



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 953-1: 1990



Documents

Document Sharing Hub

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

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 60 050: *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 60 027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60 617: *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 60 000 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 60 050: *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 60 027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60 617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
953-1

Première édition
First edition
1990-12

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

Première partie:

**Méthode A — Haute précision, pour turbines à
vapeur à condensation de grande puissance**

**Rules for steam turbine thermal acceptance
tests**

Part 1:

**Method A — High accuracy for large condensing
steam turbines**

© CEI 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.

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX XC
PRICE CODE

Pour prix voir catalogue en vigueur
For price see current catalogue

Documents

Document Sharing Hub



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	18
2.1 Généralités	18
2.2 Symboles, unités	18
2.3 Indices, exposants et définitions	20
2.4 Définitions des valeurs garanties et des résultats d'essai	26
2.4.1 Rendement thermique	26
2.4.2 Consommation spécifique de chaleur	28
2.4.3 Rendement thermodynamique	28
2.4.4 Consommation spécifique de vapeur	28
2.4.5 Débit de vapeur principale	30
2.4.6 Puissance maximale	30
3. Principes directeurs	30
3.1 Dispositions à prendre dès la conception de l'installation	30
3.2 Accords et dispositions préliminaires aux essais	32
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	34
3.3.3 Coût des essais de réception	34
3.4 Préparation des essais	34
3.4.1 Etat de l'installation	34
3.4.2 Etat de la turbine à vapeur	36
3.4.3 Etat du condenseur	36
3.4.4 Isolement du cycle	36
3.4.5 Contrôle d'étanchéité du condenseur et des réchauffeurs d'eau d'alimentation	42
3.4.6 Propreté des filtres de vapeur	42
3.4.7 Contrôle des équipements de mesure	42
3.5 Mesures comparatives	42
3.6 Réglages d'essai	42
3.6.1 Réglages de la puissance	42
3.6.2 Réglages spéciaux	44
3.7 Essais préliminaires	44
3.8 Essais de réception	44
3.8.1 Constance des conditions d'essai	44
3.8.2 Ecart et fluctuations maximaux admissibles des conditions de fonctionnement	46
3.8.3 Durée des essais et fréquence des lectures	46
3.8.4 Lecture des appareils de mesure intégrateurs	48
3.8.5 Autres méthodes	50
3.8.6 Relevé des mesures	50
3.8.7 Mesures supplémentaires	50
3.8.8 Calculs préliminaires	50
3.8.9 Cohérence des essais	50
3.9 Répétition des essais de réception	50
4. Techniques de mesure et appareils de mesure	50
4.1 Généralités	50
4.1.1 Appareils de mesure	50
4.1.2 Incertitude des mesures	60
4.1.3 Etalonnage des appareils de mesure	60
4.1.4 Autres appareils de mesure	60
4.1.5 Le mercure dans l'instrumentation	62
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	68

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	19
2.1 General	19
2.2 Symbols, units	19
2.3 Subscripts, superscripts and definitions	21
2.4 Definition of guarantee values and test results	27
2.4.1 Thermal efficiency	27
2.4.2 Heat rate	29
2.4.3 Thermodynamic efficiency	29
2.4.4 Steam rate	29
2.4.5 Main steam flow capacity	31
2.4.6 Maximum power output	31
3. Guiding principles	31
3.1 Advance planning for test	31
3.2 Preparatory agreements and arrangements for tests	33
3.3 Planning of the tests	35
3.3.1 Time for acceptance tests	35
3.3.2 Direction of acceptance tests	35
3.3.3 Cost of acceptance tests	35
3.4 Preparation of the tests	35
3.4.1 Condition of the plant	35
3.4.2 Condition of the steam turbine	37
3.4.3 Condition of the condenser	37
3.4.4 Isolation of the cycle	37
3.4.5 Checks for leakage of condenser and feedwater heaters	43
3.4.6 Cleanliness of the steam strainers	43
3.4.7 Checking of the test measuring equipment	43
3.5 Comparison measurements	43
3.6 Settings for tests	43
3.6.1 Load settings	43
3.6.2 Special settings	45
3.7 Preliminary tests	45
3.8 Acceptance tests	45
3.8.1 Constancy of test conditions	45
3.8.2 Maximum deviation and fluctuation in test conditions	47
3.8.3 Duration of test runs and frequency of readings	47
3.8.4 Reading of integrating measuring instruments	49
3.8.5 Alternative methods	51
3.8.6 Recording of tests	51
3.8.7 Additional measurements	51
3.8.8 Preliminary calculations	51
3.8.9 Consistency of tests	51
3.9 Repetition of acceptance tests	51
4. Measuring techniques and measuring instruments	51
4.1 General	51
4.1.1 Measuring instruments	51
4.1.2 Measuring uncertainty	61
4.1.3 Calibration of instruments	61
4.1.4 Alternative instrumentation	61
4.1.5 Mercury in instrumentation	63
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	69

Articles	Pages
4.2.4 Mesure de la puissance électrique	68
4.2.5 Branchement des appareils de mesure électriques	68
4.2.6 Appareils de mesure électriques	70
4.2.7 Transformateurs de mesure	70
4.2.8 Mesures comparatives et reprise de l'étalonnage des appareils de mesure et transformateurs	70
4.3 Mesure des débits	72
4.3.1 Détermination des débits à mesurer	72
4.3.2 Mesure du débit d'eau principal	72
4.3.3 Montage et emplacement des dispositifs à pression différentielle	74
4.3.4 Mesures de pression différentielle	78
4.3.5 Fluctuations des débits d'eau	82
4.3.6 Mesure des débits secondaires	82
4.3.7 Débits secondaires occasionnels	88
4.3.8 Masse volumique d'eau et de vapeur	90
4.3.9 Détermination du débit d'eau de refroidissement du condenseur	90
4.4 Mesures de pression (sauf la pression d'échappement des turbines à condensation)	92
4.4.1 Pressions à mesurer	92
4.4.2 Instruments	92
4.4.3 Prises de pression et tuyauteries de raccordement	94
4.4.4 Robinets d'isolement	96
4.4.5 Etalonnage des appareils de mesure de pression	96
4.4.6 Pression atmosphérique	96
4.4.7 Correction des lectures	98
4.5 Mesure de la pression d'échappement des turbines à condensation	100
4.5.1 Généralités	100
4.5.2 Plan de mesure	100
4.5.3 Prises de pression	100
4.5.4 Collecteurs de mesure	104
4.5.5 Tuyauteries de raccordement	104
4.5.6 Appareils de mesure	104
4.5.7 Étanchéité du circuit de mesure	104
4.5.8 Etalonnage	106
4.5.9 Correction des lectures	106
4.6 Mesure de températures	106
4.6.1 Points de mesure des températures	106
4.6.2 Appareils de mesure	106
4.6.3 Mesures de températures principales	108
4.6.4 Mesure des températures du poste d'eau, y compris les températures de vapeur soutirée	108
4.6.5 Mesure des températures de l'eau de refroidissement du condenseur	110
4.6.6 Précision des équipements de mesure de température	110
4.6.7 Poches thermométriques pour thermomètres	110
4.6.8 Précautions à observer lors des mesures de température	110
4.7 Mesure du titre de la vapeur	112
4.7.1 Généralités	112
4.7.2 Technique de mesure par traceur	112
4.7.3 Méthode de condensation	114
4.7.4 Méthode d'injection à débit constant	122
4.7.5 Calcul de l'enthalpie de vapeur soutirée humide par la méthode d'injection à débit constant	122
4.7.6 Les traceurs et leur utilisation	126
4.8 Mesure du temps	128
4.9 Mesure de la vitesse de rotation	128
5. Dépouillement des essais	128
5.1 Préparation du dépouillement	128
5.2 Calcul des résultats	130
5.2.1 Calcul des valeurs moyennes des lectures des appareils de mesure	130
5.2.2 Correction et conversion des moyennes de lecture	130
5.2.3 Vérification des données mesurées	130
5.2.4 Propriétés thermodynamiques de l'eau et de la vapeur	132
5.2.5 Calcul des résultats d'essai	132
6. Correction des résultats de l'essai et comparaison avec la garantie	132
6.1 Valeurs et conditions de la garantie	132
6.2 Correction du débit maximal de vapeur à l'admission	132
6.3 Correction de la puissance maximale	134
6.4 Correction du rendement thermique ou thermodynamique	134
6.5 Définition et application des coefficients de correction	136
6.6 Méthode de correction	138
6.6.1 Correction par bilan thermodynamique	138

Clause	Page
4.2.4 Measurement of electrical power	69
4.2.5 Electrical instrument connections	69
4.2.6 Electrical instruments	71
4.2.7 Instrument transformers	71
4.2.8 Comparison measurement and recalibration of instruments and transformers	71
4.3 Flow measurements	73
4.3.1 Determination of flows to be measured	73
4.3.2 Measurement of primary water flow	73
4.3.3 Installation and location of differential pressure devices	75
4.3.4 Differential pressure measurements	79
4.3.5 Water flow fluctuation	83
4.3.6 Secondary flow measurements	83
4.3.7 Occasional secondary flows	89
4.3.8 Density of water and steam	91
4.3.9 Determination of cooling water flow of condenser	91
4.4 Pressure measurements (excluding condensing turbine exhaust pressure)	93
4.4.1 Pressures to be measured	93
4.4.2 Instruments	93
4.4.3 Pressure tapping holes and connecting lines	95
4.4.4 Shut-off valves	97
4.4.5 Calibration of pressure measuring devices	97
4.4.6 Atmospheric pressure	97
4.4.7 Correction of readings	99
4.5 Condensing turbine exhaust pressure measurement	101
4.5.1 General	101
4.5.2 Plane of measurement	101
4.5.3 Pressure taps	101
4.5.4 Manifolds	105
4.5.5 Connecting lines	105
4.5.6 Instruments	105
4.5.7 Tightness of measuring system	105
4.5.8 Calibration	107
4.5.9 Correction of readings	107
4.6 Temperature measurement	107
4.6.1 Points of temperature measurement	107
4.6.2 Instruments	107
4.6.3 Main temperature measurements	109
4.6.4 Feed train temperature measurements (including bled steam)	109
4.6.5 Condenser cooling water temperature measurement	111
4.6.6 Accuracy of temperature measuring equipment	111
4.6.7 Thermometer wells	111
4.6.8 Precautions to be observed in the measurement of temperature	111
4.7 Steam quality measurement	113
4.7.1 General	113
4.7.2 Tracer technique	113
4.7.3 Condensing method	115
4.7.4 Constant rate injection method	123
4.7.5 Extraction enthalpy determined by constant rate injection method	123
4.7.6 Tracer and their use	127
4.8 Time measurement	129
4.9 Speed measurement	129
5. Evaluation of tests	129
5.1 Preparation of evaluation	129
5.2 Computation of results	131
5.2.1 Calculation of average values of instrument readings	131
5.2.2 Correction and conversion of averaged readings	131
5.2.3 Checking of measured data	131
5.2.4 Thermodynamic properties of steam and water	133
5.2.5 Calculation of test results	133
6. Correction of test results and comparison with guarantee	133
6.1 Guarantee values and guarantee conditions	133
6.2 Correction of initial steam flow capacity	133
6.3 Correction of maximum output	135
6.4 Correction of thermal and thermodynamic efficiency	135
6.5 Definition and application of correction values	137
6.6 Correction methods	139
6.6.1 Correction by heat balance calculation	139

Articles	Pages
6.6.2 Correction par l'utilisation des courbes de correction fournies par le constructeur	140
6.6.3 Essais pour la détermination des coefficients de correction	142
6.7 Variables à considérer dans la correction	142
6.7.1 Turbines avec poste de réchauffage de l'eau alimentaire	142
6.8 Comparaison avec la garantie	144
6.8.1 Comparaison avec une courbe de valeurs garanties	146
6.8.2 Comparaison avec un point de fonctionnement garanti	146
6.8.3 Comparaison avec les garanties aux charges partielles	146
ANNEXE A — Contrôles des fuites au condenseur et aux réchauffeurs d'eau alimentaire	150
ANNEXE B — Tuyères avec prise de pression au col	152
ANNEXE C — Utilisation de tranquilliseurs d'écoulement dans les mesures de débit de fluide	160

Clause	Page
6.6.2 Correction by use of correction curves prepared by the manufacturer	141
6.6.3 Tests to determine correction values	143
6.7 Variables to be considered in the correction	143
6.7.1 Turbines with regenerative feed-water heating	143
6.8 Guarantee comparison	145
6.8.1 Guarantee comparison with locus curve	147
6.8.2 Guarantee comparison with guarantee point	147
6.8.3 Guarantee comparison for turbines with throttle regulation	147
APPENDIX A — Feedwater heater leakage and condenser leakage tests	151
APPENDIX B — Throat tap nozzle	153
APPENDIX C — The use of flow straighteners in fluid flow measurements	161

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÈGLES POUR LES ESSAIS THERMIQUES DE RÉCEPTION DES
TURBINES À VAPEURPremière partie: Méthode A — Haute précision, pour turbines à vapeur
à condensation de grande puissance

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 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'Etudes 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)23	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.

La publication suivante de la CEI est citée dans la présente norme:

Publication 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).

Autre publication citée:

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.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RULES FOR STEAM TURBINE THERMAL ACCEPTANCE TESTS**Part 1: Method A — High accuracy for large condensing steam 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 international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 5: Steam turbines.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
5(CO)23	5(CO)27

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

The following IEC publication is quoted in this standard:

Publication No. 34-2(1972): Rotating electrical machines. Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles).

Other Publication quoted:

ISO Standard 5167(1980): Measurement of fluid flow by means of orifice plates, nozzles and Venturi tubes inserted in circular cross-section conduits running full.

RÈGLES POUR LES ESSAIS THERMIQUES DE RÉCEPTION DES TURBINES À VAPEUR

Première partie: Méthode A — Haute précision, pour turbines à vapeur à condensation de grande puissance

INTRODUCTION

L'évolution rapide des techniques de mesure, l'augmentation de la puissance des turbines à vapeur et le développement des centrales nucléaires ont rendu nécessaire la révision de la Publication 46 de la CEI (1962) concernant les essais de réception.

Tous les besoins de l'industrie électrique en divers points du globe ne pouvant pas être couverts par une seule publication, la norme complète comporte deux parties qui décrivent deux façons différentes, à divers égards, de réaliser, de dépouiller et d'interpréter les essais de réception de turbines à vapeur et qui peuvent être utilisées indépendamment l'une de l'autre:

- a) La méthode A, qui fait l'objet de la première partie de la norme (CEI 953-1), est destinée aux essais thermiques de réception de la plus grande précision possible et s'applique aux turbines à vapeur à condensation de grande puissance.
- b) La méthode B, qui fait l'objet de la deuxième partie de la norme (CEI 953-2), est destinée aux essais thermiques comportant divers degrés de précision pour tenir compte de la multiplicité des modèles et des tailles de turbines à vapeur.

1) Principes de base – Estimation de l'incertitude de mesure

Cette première partie prévoit des essais très précis de turbines à vapeur en vue d'obtenir les valeurs des performances avec le minimum d'incertitude de mesure. Les spécifications portant sur les conditions de fonctionnement pendant l'essai sont strictes et obligatoires.

La méthode A se fonde sur l'usage exclusif d'instruments étalonnés avec précision et sur les meilleures procédures de mesure existantes. L'incertitude qui en découle sur le résultat de l'essai est toujours suffisamment petite pour qu'il ne soit pas nécessaire de la prendre en compte dans la comparaison du résultat d'essai avec la valeur garantie. Cette incertitude ne dépassera pas 0,3 % environ pour une tranche thermique à combustible fossile et 0,4 % environ pour une tranche thermique nucléaire.

Le coût de l'instrumentation et les efforts déployés pour préparer et réaliser les essais sont, en général, économiquement justifiés pour les tranches de grande puissance et/ou les tranches prototypes.

La méthode B prévoit des essais de réception de turbines à vapeur de types et puissances variés avec une incertitude de mesure appropriée. Les instruments et procédures de mesure doivent être choisis en fonction de l'objectif fixé par la norme. Celle-ci prévoit principalement des instruments et procédures normalisés, mais peut éventuellement s'étendre à des clauses de très haute précision, nécessitant l'étalonnage des instruments. L'incertitude de mesure qui en découle sur le résultat de l'essai est donc déterminée par les méthodes de calcul présentées dans la norme. Sauf stipulation contraire du contrat, cette incertitude est normalement prise en compte dans la comparaison du résultat d'essai à la valeur garantie. Le coût total de l'essai de réception peut être maintenu en rapport avec l'intérêt économique présenté par les valeurs garanties à vérifier.

Dans cette méthode, les spécifications portant sur les conditions de fonctionnement pendant l'essai sont un peu plus souples; en outre, des procédures sont recommandées pour le cas où ces spécifications ne pourraient être tenues.

RULES FOR STEAM TURBINE THERMAL ACCEPTANCE TESTS

Part 1: Method A — High accuracy for large condensing steam turbines

INTRODUCTION

The rapid development of measuring techniques, the increasing capacity of steam turbines and the introduction of nuclear power plants necessitated a revision of IEC Publication 46 (1962) regarding acceptance tests.

Since all the needs of the power industry in the different parts of the world could not be satisfied by one single publication, the complete standard is divided into two parts, describing two different approaches for conducting and evaluating thermal acceptance tests of steam turbines and which can be used separately:

- a) Method A, which is Part 1 of the standard (IEC 953-1), deals with thermal acceptance tests with high accuracy for large condensing steam turbines.
- b) Method B, which is Part 2 of the standard (IEC 953-2), deals with thermal acceptance tests with a wide range of accuracy for various types and sizes of steam turbines.

1) *Basic philosophy and figures on uncertainty*

Part 1 provides for very accurate testing of steam turbines to obtain the level of performance with minimum measuring uncertainty. The operating conditions during the test are stringent and compulsory.

Method A is based on the exclusive use of the most accurate calibrated instrumentation and the best measuring procedures currently available. The uncertainty of the test result is always sufficiently small that it normally need not be taken into account in the comparison between test result and guarantee value. This uncertainty will not be larger than about 0.3% for a fossil fired unit and 0.4% for a nuclear unit.

The cost for instrumentation and the efforts for preparing and conducting the tests will generally be justified economically for large and/or prototype units.

Method B provides for acceptance tests of steam turbines of various types and capacities with appropriate measuring uncertainty. Instrumentation and measuring procedures have to be chosen accordingly from a scope specified in the standard which is centred mainly on standardized instrumentation and procedures, but may extend eventually up to very high accuracy provisions requiring calibration. The resulting measuring uncertainty of the test result is then determined by calculating methods presented in the standard and normally, if not stated otherwise in the contract, taken into account in the comparison between test result and guarantee value. The total cost of an acceptance test can therefore be maintained in relationship with the economic value of the guarantee values to be ascertained.

The specifications of the operating conditions during the test are somewhat more flexible in this method; furthermore, procedures are recommended for treating cases where these specifications cannot be met.

Lorsqu'un essai est réalisé avec des instruments et des procédures bien normalisés, l'incertitude de mesure de résultat est habituellement de 0,9 % à 1,2 % pour une tranche thermique classique à condensation de grande puissance, de 1,1 % à 1,4 % pour une tranche thermique nucléaire, et de 1,5 % à 2,5 % pour les turbines à contre-pression, les turbines à prélèvement et les petites turbines à condensation. Il est possible de réduire ces valeurs en améliorant encore l'instrumentation, essentiellement par des mesures supplémentaires du débit masse où par l'étalonnage du dispositif de mesure de ce débit masse.

2) Principales différences entre les méthodes A et B

Sur la préparation et la réalisation des essais, ainsi que sur les techniques de mesure, la méthode A comporte beaucoup plus d'instructions détaillées à respecter par les parties intéressées que la méthode B. Dans cette dernière, le détail des moyens propres à atteindre les objectifs est sans doute plus à la discrétion et au bon vouloir des participants à l'essai et dépend d'une expérience et d'une compétence suffisante de leur part.

3) Principes directeurs

Les exigences concernant la préparation et les conditions de l'essai, en particulier les points tels que durée de l'essai, écart et constance des conditions de l'essai, écart admissible entre doubles mesures, sont plus strictes dans la méthode A.

Il convient de réaliser l'essai de préférence dans les huit semaines suivant la mise en exploitation. On recherche, en fixant cette période, à minimiser la détérioration des performances et les risques de dégradation de la turbine.

Les essais préliminaires, dont la mesure de chute d'enthalpie, devront être effectués durant cette période pour contrôler les performances des corps de turbine haute et moyenne pression. Toutefois, ces essais ne permettent pas de déduire les performances du corps basse pression; c'est pourquoi il est impératif d'effectuer dès que possible les essais de réception.

En tout état de cause, si la mesure de la chute d'enthalpie lors de l'application de la méthode A met en évidence une détérioration possible du corps haute pression (HP) ou basse pression (BP), ou si les conditions de la tranche reportent les essais de plus de quatre mois après le premier démarrage, alors les essais de réception devront être différés.

Lors de l'application de la méthode A, une correction des résultats d'essai selon les rendements de chute enthalpique au démarrage, ou selon les effets du vieillissement, n'est pas admise.

Si l'essai devait être différé, la méthode A propose de le réaliser après la première grande visite d'inspection; plusieurs méthodes sont proposées pour déterminer approximativement l'état de la turbine avant l'essai.

4) Instruments et méthodes de mesure

a) Mesure de la puissance électrique

En plus des conditions requises pour la mesure de la puissance électrique, qui sont semblables dans les deux méthodes, la méthode A exige un contrôle des instruments par une mesure comparative après chaque essai; l'écart admissible entre des mesures doubles est limité à 0,15 %.

b) Mesure des débits

La méthode A impose l'utilisation de dispositifs étalonnés à pression différentielle pour la mesure des débits principaux. Elle recommande la tuyère avec prise de pression au col, dispositif qui ne fait pas l'objet de normes internationales, et donne des détails de sa configuration et de son utilisation.

L'étalonnage de ces dispositifs doit se faire avec les tuyauteries amont et aval et le tranquilliseur. Des méthodes permettant l'extrapolation nécessaire du coefficient de décharge à partir des valeurs étalonnées sont indiquées.

Dans la méthode B, des dispositifs normalisés à pression différentielle sont normalement utilisés pour la mesure des débits. L'étalonnage est recommandé lorsqu'on souhaite réduire l'incertitude

When good-standardized instrumentation and procedures are applied in a test, the measuring uncertainty of the result will usually amount to 0.9% to 1.2% for a large fossil fuel fired condensing unit, to 1.1% to 1.4% for a nuclear unit and to 1.5% to 2.5% for back pressure, extraction and small condensing turbines. It is possible to reduce these values by additional improvement in instrumentation, primarily by additional measurements of primary mass flows and/or calibration of measuring devices for primary mass flow.

2) *Main difference between Methods A and B*

In Method A, much more detailed information concerning the preparation and conduct of the tests and the measuring techniques are contained for guidance of the parties to the test than in Method B. In Method B, the detailed treatment of these objectives is left somewhat more to the discretion and decisions of the participants and necessitates sufficient experience and expertise on their part.

3) *Guiding principles*

The requirements concerning the preparation and conditions of the test and especially such conditions of the test as duration, deviations and constancy of test conditions and acceptable differences between double measurements are more stringent in Method A.

The test should be conducted preferably within eight weeks after the beginning of the operation. It is the intent during this period to minimize performance deterioration and risk of damage to the turbine.

Preliminary tests including enthalpy drop tests should be made during this period to monitor HP and IP turbine section performance. However, these tests do not provide LP section performance and for this reason it is imperative to conduct the acceptance tests as soon as practicable.

Whatever the case, when using Method A, if an enthalpy drop test indicates a possible deterioration of the HP or IP section, or if the plant conditions require that the tests be postponed more than four months after the initial start, then the acceptance tests should be delayed.

An adjustment of the heat rate test results to start-up enthalpy drop efficiencies or for the effects of aging is not permitted when using Method A.

If the test has to be postponed, Method A proposes that the test be carried out after the first major internal inspection; several methods are proposed for establishing the approximate condition of the turbine prior to the tests.

4) *Instruments and methods of measurement*

a) *Measurement of electrical power*

In addition to the conditions required for the measurement of electric power, which are similar in both methods, Method A requires a check of the instruments by a comparison measurement after each test run; the permissible difference between double measurements is limited to 0.15%.

b) *Flow measurement*

For the measurement of main flows the use of calibrated pressure difference devices is required in Method A. The application of a device not covered by international standardization, the throat-tap nozzle, is recommended therein and details of design and application are given.

The calibration of these devices shall be conducted with the upstream and downstream piping and flow-straightener. Methods for the necessary extrapolation of the discharge coefficient from the calibration values are given.

In Method B standardized pressure-difference devices are normally applied for flow measurement. Calibration is recommended where a reduction of overall measuring uncertainty

de mesurage. Des mesures doubles ou multiples du débit principal sont également recommandées pour réduire cette incertitude et une méthode de vérification de compatibilité est décrite.

c) *Mesure des pressions*

Les méthodes imposées ou recommandées pour la mesure des pressions sont pratiquement identiques. Seules les méthodes de mesure de la pression d'échappement des turbines à condensation diffèrent quelque peu.

d) *Mesure des températures*

Les prescriptions sont pratiquement les mêmes dans les deux méthodes. Mais dans le détail, les exigences de la méthode A sont plus strictes:

- étalonnage avant et après l'essai,
- double mesure de la température principale avec un écart maximal de 0,5 K,
- thermocouples à ligne continue,
- exigences sur la précision d'ensemble.

e) *Mesures du titre de la vapeur*

Les méthodes A et B sont identiques.

5) *Dépouillement et interprétation des résultats*

Le travail préparatoire au dépouillement et au calcul des résultats d'essai est traité de façon très semblable dans les méthodes A et B. Toutefois, les exigences quantitatives sont plus strictes dans la méthode A.

La méthode B comporte des propositions pour traiter les cas où certaines conditions n'ont pas été remplies, afin d'éviter le rejet de l'essai.

Elle contient en outre des méthodes détaillées pour le calcul de l'incertitude sur les variables mesurées et sur les résultats d'essai.

La méthode B recommande d'autres moyens pour l'exécution et l'interprétation des essais après la période spécifiée et sans inspection préalable.

6) *Correction des résultats d'essai et comparaison avec la garantie*

La correction des résultats d'essai pour les ramener aux conditions de garantie est traitée dans les deux méthodes A et B.

La méthode A permet la comparaison des résultats d'essai avec la garantie sans tenir compte de l'incertitude du mesurage.

La méthode B présente un choix plus large de procédés de correction. De plus, l'incertitude de mesurage est prise en compte dans la comparaison avec la garantie.

7) *Propositions d'application*

La méthode d'essai de réception appliquée devant être prise en compte dans les détails de conception de l'installation, on précisera dès que possible, de préférence dans le contrat de la turbine, la méthode à utiliser.

La méthode B peut s'appliquer à des turbines à vapeur de tous types et toutes puissances. L'incertitude de mesure souhaitée doit être décidée suffisamment tôt pour en tenir compte dans la conception de l'installation.

Si la garantie inclut la totalité ou une large part de la centrale, les parties de ces règles s'y rapportant peuvent être appliquées à un essai de réception conformément à la garantie.

is desirable. Double or multiple measurement of primary flow is recommended for the reduction of measuring uncertainty and a method for checking the compatibility is described.

c) **Pressure measurement**

The requirements and recommendations for pressure measurements are essentially similar. Only the methods for the measurement of exhaust-pressure of condensing turbines differ to some extent.

d) **Temperature measurement**

The requirements are essentially similar in both methods. However detail requirements are more stringent in Method A:

- calibration before and after the test,
- double measurement of the main temperature with 0.5 K maximum difference,
- thermocouples with continuous leads,
- required overall accuracy.

e) **Steam quality measurements**

Methods A and B are identical.

5) ***Evaluation of tests***

The preparatory work for the evaluation and calculation of the test results is covered in a very similar manner in Methods A and B. However, quantitative requirements are more stringent in Method A.

Method B contains some proposals for handling cases where some requirements have not been met to avoid rejection of the test.

In addition, Method B contains detailed methods for calculation of measuring uncertainty values of measured variables and test results.

Method B recommends other methods for conducting and evaluating of the tests after the specified period and without a previous inspection.

6) ***Correction of test results and comparison with guarantees***

The correction of test results to guarantee conditions is covered in both Methods A and B.

Method A provides for the comparison of test results to guarantee without consideration of measuring uncertainty.

Method B gives a broader spectrum of correction procedures. Furthermore, the measuring uncertainty of the result is taken into account in the guarantee comparison.

7) ***Proposals for application***

Since the acceptance test method to be applied has to be considered in the details of the plant design, it should be stated as early as possible, preferably in the turbine contract, which method will be used.

Method B can be applied to steam turbines of any type and any power. The desired measuring uncertainty should be decided upon sufficiently early, so that the necessary provisions can be included in the plant.

If the guarantee includes the complete power plant or large parts thereof, the relevant parts of either method can be applied for an acceptance test in accordance with the definition of the guarantee value.

1. Domaine d'application et objet

1.1 *Domaine d'application*

Les règles de la présente norme sont applicables principalement aux essais thermiques de grande précision pour la réception des turbines à condensation entraînant des alternateurs. Certaines dispositions de ces règles s'appliquent à des turbines ayant d'autres utilisations que l'entraînement des alternateurs.

Ces règles concernent les essais des turbines alimentées soit par de la vapeur surchauffée, soit par de la vapeur saturée. Elles comprennent les mesures et procédures requises pour la détermination de l'enthalpie de la vapeur humide. Elles décrivent les précautions nécessaires pour permettre la réalisation des essais en respectant les règles de radioprotection en vigueur dans les centrales nucléaires.

Ces règles comprennent des informations applicables également aux essais de turbines à contre-pression, de turbines à prélèvements et de turbines à plusieurs alimentations à pressions différentes. Seule la partie appropriée de ces règles doit être appliquée à chaque cas particulier.

La présente norme définit les règles de base pour la préparation, l'exécution, le dépouillement et l'interprétation des essais. Les détails relatifs aux conditions dans lesquelles doivent être effectués les essais de réception sont également définis.

Si un cas spécial ou complexe non traité dans ces règles se présente, il doit donner lieu à un accord entre le constructeur et l'acheteur avant la signature du contrat.

1.2 *Objet*

Le but des essais thermiques de réception des turbines à vapeur et des installations comportant des turbines décrits dans cette norme est de vérifier toutes les garanties données par le constructeur de l'installation en ce qui concerne:

- a) le rendement thermique de l'installation ou sa consommation spécifique de chaleur;
- b) le rendement thermodynamique de la turbine ou sa consommation spécifique de vapeur ou sa puissance aux conditions de débits de vapeur spécifiées;
- c) le débit maximal de vapeur et/ou la puissance maximale.

Les garanties et leurs clauses doivent être formulées complètement et sans ambiguïté (voir 2.4). Les essais de réception peuvent également comporter toutes les mesures nécessaires pour effectuer les corrections suivant les conditions de la garantie et le contrôle du résultat.

1.3 *Points à examiner dans le contrat*

Certains points de ces règles sont à prendre en considération dès la phase initiale du contrat. Ces points sont traités dans les paragraphes suivants:

Paragraphes

- 1.1 (4^e alinéa)
- 1.2 (2^e alinéa)
- 3.1 (3^e et 4^e alinéas)
- 3.3.3 (1^{er} alinéa)
- 6.6
- 6.8

1. Scope and object

1.1 Scope

The rules given in this standard are applicable primarily to thermal acceptance tests with high accuracy for condensing steam turbines driving generators for electric power services. Some of the provisions of these rules are relevant to turbines for applications other than driving electric power generators.

These rules provide for the testing of turbines operating with either superheated or saturated steam. They include measurements and procedures required to determine specific enthalpy within the moisture region and describe precautions necessary to permit testing while respecting radiological safety rules in nuclear plants.

These rules contain information also applicable to the testing of back-pressure turbines, extraction turbines and mixed-pressure turbines. Only the relevant portion of the rules need apply to any individual case.

Uniform rules for the preparation, carrying out and evaluation of the acceptance tests are defined in this standard. Details of the conditions under which the acceptance tests shall take place are included.

Should any complex or special case arise not covered by these rules, appropriate agreement shall be reached by manufacturer and purchaser before the contract is signed.

1.2 Object

The purpose of the thermal acceptance tests of steam turbines and turbine plants described in this standard is to verify any guarantees given by the manufacturer of the plant concerning:

- a) turbine plant thermal efficiency or heat rate;
- b) turbine thermodynamic efficiency or steam rate or power output at specified steam flow conditions;
- c) main steam flow capacity and/or maximum power output.

The guarantees with their provisions shall be formulated completely and without contradictions (see 2.4). The acceptance tests may also include such measurements as are necessary for corrections according to the conditions of the guarantee and checking of the results.

1.3 Matters to be considered in the contract

Some matters in these rules have to be considered at an early stage. Such matters are dealt with in the following sub-clauses:

Sub-clause

- 1.1 (paragraph 4)
- 1.2 (paragraph 2)
- 3.1 (paragraphs 3 and 4)
- 3.3.3 (paragraph 1)
- 6.6
- 6.8

2. Unités, symboles, termes et définitions

2.1 Généralités

Le Système International d'Unités (SI) est utilisé dans ces règles, ce qui permet d'éviter tout facteur de conversion.

Les unités cohérentes à employer pour toutes les grandeurs utiles sont données dans le tableau en 2.2. Quelques coefficients de conversion sont indiqués aussi bien pour la consommation spécifique exprimée à l'aide d'unités autres que pour le W/W.

2.2 Symboles, unités

Pour les besoins des présentes règles, les symboles, définitions et unités suivants doivent être utilisés:

Quantity	Symbol	Unit	Examples of multiples and sub-multiples	Other ISO units
Power	P	W	kW	
Mass rate of flow	$\dot{m}$	kg/s		
Pressure, absolute	p_{abs}	Pa	kPa	bar ¹⁾
Pressure, gauge	p_e	Pa	kPa	bar ¹⁾
Ambient pressure (barometric)	p_{amb}	Pa	kPa	bar ¹⁾ mbar
Pressure difference	Δp	Pa	kPa	
Thermodynamic temperature	T, Θ	K		
Celsius temperature	t, ϑ			°C
Temperature difference	Δt	K		
Vertical distance	H	m	mm	
Specific enthalpy	h	J/kg	kJ/kg	
Specific enthalpy drop	Δh	J/kg	kJ/kg	
Specific heat	c	J/kg · K	kJ/kg · K	
Quality, i.e. dryness fraction of saturated steam by weight	x	kg/kg	g/g	
Rotational speed	n	s ⁻¹		min ⁻¹
Velocity	v	m/s		
Density	ρ	kg/m ³		
Specific volume	v	m ³ /kg		
Diameter	D	m	mm	
Acceleration due to gravity	g	m/s ²		
Thermal efficiency	η_t	W/W	kW/kW	
Thermodynamic efficiency	η_{td}	W/W	kW/kW	
Heat rate	HR	W/W	kW/kW	kJ/kW · s, kJ/kW · h
Steam rate	SR	kg/W · s or kg/J	kg/kW · s kg/kJ	kg/kW · h
Heat flow rate	$\dot{Q}$	J/s	kJ/s	
Cavitation factor	K	l		
Concentration	C	According to nature of tracer		
Correction factor according to 6.6a)	F	l		
Correction factor according to 6.6b)	F^*	l		
Isentropic exponent	κ	—		
Discharge coefficient	C_d	—		
Flow coefficient	α	—		

¹⁾ Admis temporairement par le CIPM et l'ISO pour les fluides uniquement.

2. Units, symbols, terms and definitions

2.1 General

The International System of Units (SI) is used in these rules; all conversion factors can therefore be avoided.

The coherent units for all relevant quantities are given in the Table in 2.2. Some conversion factors are given as well for specific heat rates based on units other than W/W.

2.2 Symbols, units

For the purpose of these rules the following symbols, definitions and units shall be used:

Grandeurs	Symboles	Unités	Exemples de multiples et sous-multiples	Autres unités ISO
Puissance	P	W	kW	
Débit masse	$\dot{m}$	kg/s		
Pression absolue	p_{abs}	Pa	kPa	bar ¹⁾
Pression manométrique	p_e	Pa	kPa	bar ¹⁾
Pression ambiante (barométrique)	p_{amb}	Pa	kPa	bar ¹⁾ mbar
Différence de pression	Δp	Pa	kPa	
Température thermodynamique	T, Θ	K		
Température Celsius	t, ϑ			°C
Ecart de température	Δt	K		
Distance verticale	H	m	mm	
Enthalpie massique	h	J/kg	kJ/kg	
Chute d'enthalpie massique	Δh	J/kg	kJ/kg	
Chaleur massique	c	J/kg · K	kJ/kg · K	
Titre (masse de vapeur saturée sèche par unité de masse de vapeur humide)	x	kg/kg	g/g	
Vitesse de rotation	n	s ⁻¹		min ⁻¹
Vitesse linéaire	v	m/s		
Masse volumique	ρ	kg/m ³		
Volume massique	v	m ³ /kg		
Diamètre	D	m	mm	
Accélération de la pesanteur	g	m/s ²		
Rendement thermique	η_h	W/W	kW/kW	
Rendement thermodynamique	η_{td}	W/W	kW/kW	
Consommation spécifique de chaleur	HR	W/W	kW/kW	kJ/kW · s, kJ/kW · h
Consommation spécifique de vapeur	SR	kg/W · s ou kg/J	kg/kW · s kg/kJ	kg/kW · h
Débit de chaleur	$\dot{Q}$	J/s	kJ/s	
Facteur de cavitation	K	1		
Concentration	C	Selon nature du traceur		
Facteur de correction selon 6.6a)	F	1		
Facteur de correction selon 6.6b)	F^*	1		
Exposant isentropique	κ	—		
Coefficient de décharge	C_d	—		
Coefficient de débit	α	—		

¹⁾ Admitted by CIPM and ISO for temporary use with fluids only.

Relation entre la consommation spécifique HR et le rendement thermique:

Unités utilisées pour HR	Relation
W/W, kW/kW, kJ/kW · s	$HR = \frac{1}{\eta_t}$
kJ/kW · h	$HR = \frac{3600}{\eta_t}$
kJ/MW · s	$HR = \frac{1000}{\eta_t}$
kcal/kW · h	$HR = \frac{859,845}{\eta_t}$
BTU/kW · h	$HR = \frac{3412,14}{\eta_t}$

2.3 Indices, exposants et définitions

Grandeurs	Indices	Position ou définition
Puissance	b	Aux bornes de l'alternateur
	a	Absorbé par les auxiliaires non entraînés par la turbine (voir 4.2.3); (voir également la CEI 34)
	g	Puissance nette électrique: $P_g = P_b - P_a$
	c	Puissance à l'accouplement de la turbine, diminuée de la puissance absorbée par les auxiliaires de la turbine entraînés séparément (voir 4.2.3)
	i	Interne à la turbine
Débit de vapeur à l'admission et puissance	mech	Pertes mécaniques des pompes
	max	Valeurs obtenues avec soupapes de réglage à pleine ouverture
	1	Immédiatement à l'amont de la ou des vannes d'arrêt de la turbine haute pression (HP) et du ou des filtres de vapeur éventuels prévus dans le contrat relatif à la turbine
Etat et débit de la vapeur	2	A l'échappement de la turbine HP vers le surchauffeur
	3	Immédiatement à l'amont des vannes d'arrêt de la turbine moyenne pression (MP)
	4	A l'échappement de la ou des turbines vers le condenseur
	5	A la sortie du condenseur
	6	A l'aspiration de la pompe d'extraction
	7	Au refoulement de la pompe d'extraction
	8	Voir figure 1a
	9	A l'aspiration de la pompe alimentaire
	10	Au refoulement de la pompe alimentaire
	11	A la sortie du réchauffeur final
	b	Après passage à travers la pompe d'extraction et tout réfrigérant (huile, alternateur, gaz/air) prévu au contrat
	d	A la sortie du refroidisseur de purge
	a	A la sortie du condenseur de l'éjecteur d'air
	is	Se rapporte à l'eau provenant du circuit d'eau d'alimentation, allant vers le surchauffeur pour régler la température de la vapeur à l'admission
	ir	Se rapporte à l'eau provenant du circuit d'eau d'alimentation, allant vers le resurchauffeur pour régler la température de la vapeur resurchauffée

Relation between Heat Rate and Thermal Efficiency:

Units used for HR

Relationship

$$\begin{aligned} \text{W/W, kW/kW, kJ/kW} \cdot \text{s} \quad & HR = \frac{1}{\eta_t} \\ \text{kJ/kW} \cdot \text{h} \quad & HR = \frac{3600}{\eta_t} \\ \text{kJ/MW} \cdot \text{s} \quad & HR = \frac{1000}{\eta_t} \\ \text{kcal/kW} \cdot \text{h} \quad & HR = \frac{859.845}{\eta_t} \\ \text{BTU/kW} \cdot \text{h} \quad & HR = \frac{3412.14}{\eta_t} \end{aligned}$$

2.3 Subscripts, superscripts and definitions

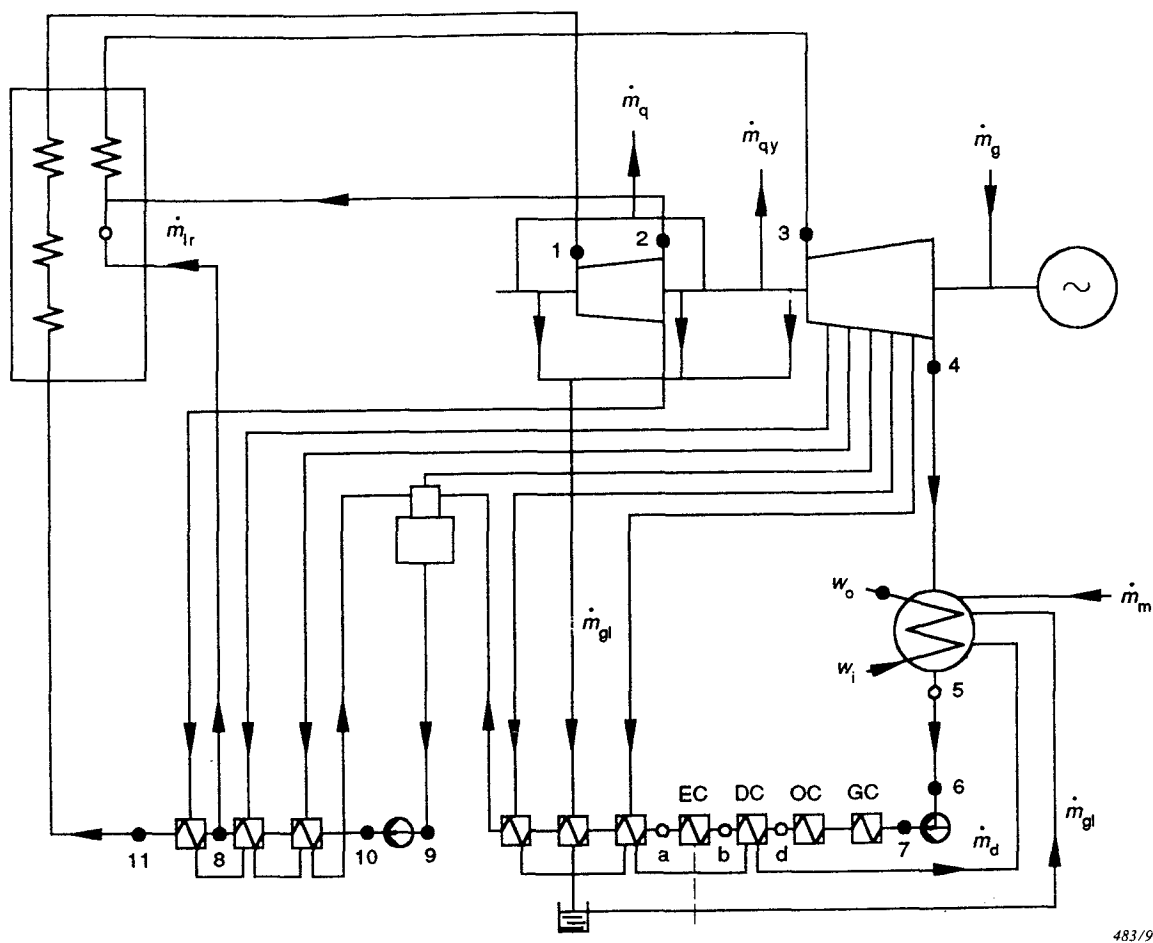
Quantity	Subscript	Position or definition
Power	b	At generator terminals
	a	Taken by auxiliaries not driven by the turbine (see 4.2.3); (see also IEC 34)
	g	Net power output: $P_g = P_b - P_a$
	c	At turbine coupling, less power required by turbine auxiliaries, if driven separately (see 4.2.3)
	i	Internal to the turbine
Initial steam flow rate and output	mech	Mechanical losses of pump and pump drive
	max	Values for fully opened control valves
Steam condition and flow rate	1	Directly upstream of high pressure (HP) turbine stop valve(s) and the steam strainer(s) (if any) that are included in the turbine contract
	2	At exhaust of the turbine HP from which steam passes to the reheater
	3	Directly upstream of intermediate pressure (IP) turbine stop valves
	4	At exhaust of the turbine(s) discharging to the condenser
Condensate and feed water conditions and flow rates	5	At condenser discharge
	6	At inlet to condensate pump
	7	At discharge from condensate pump
	8	See figure 1a
	9	At inlet of boiler feed pump
	10	At outlet of boiler feed pump
	11	At outlet of final feed heater
	b	After passage through the condensate pump and any coolers (oil, generator, gas/air) included in the contract
	d	At outlet from the drain cooler
	a	At outlet of air ejector condenser
	is	Refers to water taken from the feed-water system to the superheater for regulation of the initial steam temperature
	ir	Refers to water taken from the feed-water system to the reheater for control of the reheated steam temperature

Grandeurs	Indices	Position ou définition
Etat et débit de l'eau d'appoint	m	Mesures effectuées à proximité de la bride d'entrée du circuit d'eau condensée ou de l'évaporateur
Etat et débit de la vapeur aux joints à labyrinthes	g	Vapeur alimentant les joints à labyrinthes fournie par une source séparée
	gl	Fuites de vapeur des joints à labyrinthes et des tiges de vannes, réintroduites dans le cycle, et comprises dans le débit de vapeur à l'admission
	q	Débit des fuites de vapeur des joints à labyrinthes et des tiges de vannes, se produisant pour des raisons imprévisibles, provenant de points situés à l'amont du resurchauffeur, non réintroduites dans le cycle et dont la chaleur n'est pas cédée au cycle
	qy	Débit similaire à q, mais concernant des fuites provenant de points situés à l'aval du resurchauffeur
	M	Débit de vapeur principal à la sortie du réacteur
Débit de vapeur principal et concentration	M	Débit de vapeur principal à la sortie du réacteur
Concentration et débit de masse	F	Se rapporte à l'eau d'alimentation du réacteur
	cœur	Se rapporte au fluide intermédiaire traversant le cœur du réacteur
	cond	Se rapporte à la vapeur condensée
Concentration et débit de masse	inj	Se rapporte au traceur injecté
	E	A l'entrée du cœur du PWR
	R	Débit de l'eau de recirculation provenant du séparateur d'eau
Eau de refroidissement du condenseur	w	
	wi	Entrée du condenseur
	wo	Sortie du condenseur
	wio	Valeur moyenne entre l'entrée et la sortie du condenseur
Rendement	t	Thermique
	td	Thermodynamique
Chute d'enthalpie	s	Se rapporte à la chute d'enthalpie isentropique
Vitesse	col	A l'étranglement de l'orifice de mesure
Pression statique	sat	Pression de saturation de l'eau pour une température fixée
Concentration	eau	Dans la phase eau
	L	Dans la boucle de la pompe du BWR
	B	Dans l'eau d'extraction du PWR
	inj	Du traceur injecté
	O	Au point d'injection, avant injection du traceur
	g	Garanti
	c	Corrigé
Résultats des essais et valeurs garanties	m	Mesuré
	tot	Produit de tous les facteurs de correction individuels
	1, 2, 3	Numérotation des facteurs de correction individuels
	η	Pour correction du rendement
	P	Pour correction de la puissance
Facteur de correction F ou F*		
	i, j	Indices
Usage général	i, j	Indices

Grandeurs	Exposants	Définition
Rendement	/	Valeur de référence du rendement calculé par ordinateur
Toute grandeur	—	Valeur moyenne

Quantity	Subscript	Position or definition
Make up water conditions and flow rate	m	Measurements adjacent to the inlet flange of the condensate system or of the evaporator
Gland steam conditions and flow rates	g	Steam supplied to glands from a separate source
	gl	Leak-off steam from glands and valve stems returned to the system and included in the initial steam flow
	q	Flow of leak-off steam from glands and valve stems at inlet end or before a reheater which is led away for any extraneous purpose and neither it nor its heat is delivered to any part of the turbine cycle
	qy	Leak-off flows similar to q, but coming from a point or points downstream of a reheater
Main steam flow rate and concentration	M	Main steam flow at outlet of reactor
Mass flow rate and concentration	F	Refers to feed-water for reactor
	core	Refers to medium fluid passing through reactor core
	cond	Refers to condensed steam
Mass flow rate and concentration	inj	Refers to injected tracer solution
	E	At entry into core of PWR
	R	Recirculated water flow from water separator
Condenser cooling water	w	
	wi	Condenser inlet
	wo	Condenser outlet
	wio	Average value between condenser inlet and outlet
Efficiency	t	Thermal
	td	Thermodynamic
Enthalpy drop	s	Refers to isentropic enthalpy drop
Velocity	throat	At throat of flow-metering nozzle
Static pressure	sat	Saturation pressure of water at pertinent temperature
Concentration	wat	In water phase
	L	In pump loop of BWR
	B	In blow-down water of PWR
	inj	Of injected tracer
	O	At injection point before tracer injection
Test results and guaranteed values	g	Guaranteed
	c	Corrected
	m	Measured
Correction factor F or F*	tot	Product of all individual correction factors
	1, 2, 3	Numbering of individual correction factors
	η	For correction of efficiency
	P	For correction of output
General use	i, j	Numbering subscripts

Quantity	Superscript	Definition
Efficiency	/	Reference value of computer-calculated efficiency
General	—	Average value



RG: réfrigérant de gaz de l'alternateur
RH: réfrigérant d'huile
RP: refroidisseur de purges
CE: condenseur de l'éjecteur d'air

Les numéros des points restent les mêmes pour des positions identiques, quel que soit le type de turbine: par exemple, le point 9 est à l'admission de la pompe alimentaire, le point 8 peut être n'importe où entre les points 6 et 11.

FIG. 1a. — Turbine à resurchauffe et condensation avec réchauffage de l'eau alimentaire.

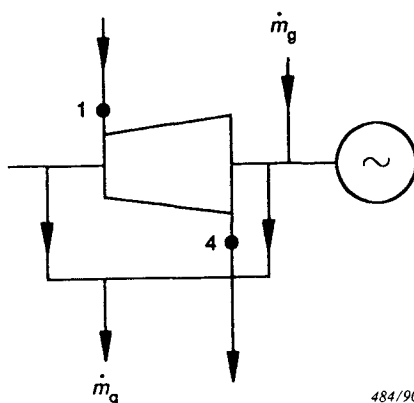
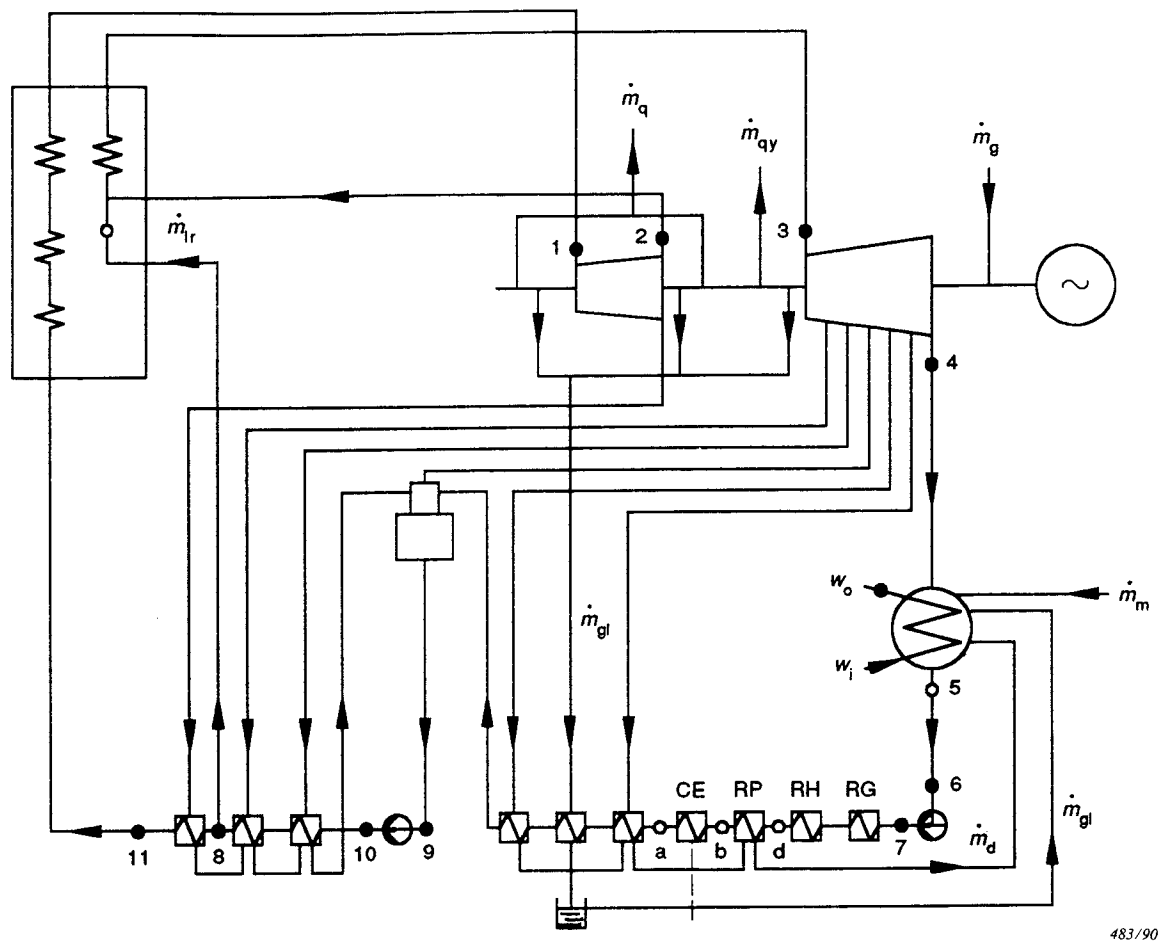


FIG. 1b. — Turbine à condensation ou à contrepression sans resurchauffe ni réchauffage d'eau alimentaire.

FIG. 1. — Schéma pour l'interprétation des symboles et indices.



The point number remains the same for the same item of any other turbine type: for example, Point 9 will be at the inlet of the feed pump, Point 8 may be anywhere between Points 6 and 11.

FIG. 1a. — Reheating regenerative condensing turbine with feed-water heating.

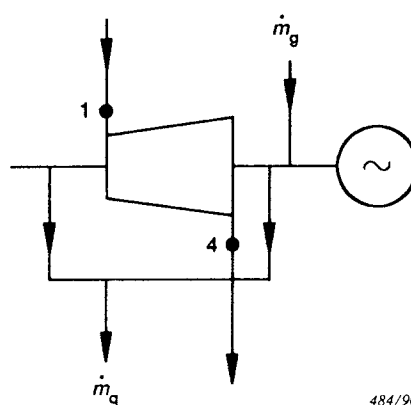


FIG. 1b. — Straight condensing or back-pressure turbines without feed-heating.

FIG. 1. — Diagram for interpretation of symbols and subscripts.

2.4 Définition des valeurs garanties et des résultats d'essai

Certains paramètres sont techniquement nécessaires et généralement utilisés pour la description quantitative des performances thermodynamiques des turbines à vapeur, ou des installations comportant des turbines à vapeur. Les valeurs garanties étant exprimées en fonction de ces paramètres, les résultats des essais doivent être exprimés de la même manière.

La définition générale de ces paramètres est presque toujours évidente, mais les détails peuvent cependant différer d'un cas à l'autre et doivent être examinés en totalité (voir aussi 1.2).

2.4.1 Rendement thermique

Pour une turbine de centrale électrique avec réchauffage de l'eau alimentaire, le rendement thermique est le critère le plus significatif. Il se définit comme étant le rapport entre la puissance fournie par la turbine et la chaleur fournie au cycle à partir de sources externes.

$$\eta_t = \frac{P}{\sum (\dot{m}_j \Delta h_j)} \quad (1)$$

où:

$\dot{m}_j$ sont les débits masse des fluides auxquels la chaleur est ajoutée

Δh_j sont les élévations d'enthalpie massique qui en résultent

Dans chaque cas, il faut définir un cycle thermique de garantie, en accord avec les valeurs terminales garanties, auquel on se réfère pour définir la garantie et interpréter les essais. Il doit être aussi simple et aussi proche que possible de la configuration du cycle qui sera réalisé pour effectuer les essais (voir également 3.4.4).

Pour une turbine à simple resurchauffe et réchauffage de l'eau d'alimentation conforme à la figure 1a, une définition pratique du rendement thermique est:

$$\eta_t = \frac{P_b \text{ (ou } P_g \text{ ou } P_c)^*}{\dot{m}_1 (h_1 - h_{11}) + \dot{m}_3 (h_3 - h_2)} \quad (2)$$

Tout flux et/ou masse de chaleur ajouté ou retranché au cycle, par l'eau d'appoint $\dot{m}_m$, l'eau de désurchauffe $\dot{m}_{ir}$ ou $\dot{m}_{is}$ ou la vapeur prélevée pour alimenter le préchauffeur d'air par exemple, doit être pris en compte dans le dépouillement par une correction appropriée du résultat de l'essai (voir article 6). Les pertes ne sont pas incluses dans cette définition, mais traitées comme indiqué en 5.2.3.4.

Pour limiter l'importance des corrections, il peut être judicieux d'inclure dans la garantie, par des termes supplémentaires, des débits importants en masse ou en chaleur contenue qui existent dans le cycle pour des raisons techniques (par exemple débit de désurchauffe, purge du réacteur, etc.).

Cela, cependant, modifie également le caractère thermodynamique de la définition, et les valeurs du rendement thermique qui en résultent ne peuvent être directement comparées à celles données par la formule (2). De plus, la procédure de correction ne pourra pas être totalement évitée de cette façon, car les valeurs de ces débits supplémentaires pendant les essais ne coïncideront probablement pas avec celles prévues dans la définition de la garantie modifiée.

Il est impossible, en pratique, de décrire dans ces règles toutes les variantes des cycles de turbine. S'il existe d'importantes différences entre la configuration du cycle d'essai et celle du cycle thermique de garantie, il est recommandé d'utiliser une procédure de correction suivant 6.6.1.

* Suivant les spécifications du contrat.

2.4 Definition of guarantee values and test results

For the quantitative description of the thermodynamic performance of a steam turbine or steam turbine plant, several quantities are technically appropriate and generally applied. Guaranteed values are expressed as such quantities and, consequently, test results are to be evaluated in the same manner.

The general definition of these quantities is always quite obvious. The details, however, may be different in each case and shall be fully considered (see also 1.2).

2.4.1 Thermal efficiency

For a power station turbine with regenerative feed heating, the thermal efficiency is the significant criterion. It is defined as the ratio of power output to heat added to the cycle from external sources.

$$\eta_t = \frac{P}{\sum (\dot{m}_j \Delta h_j)} \quad (1)$$

where:

$\dot{m}_j$ are the mass flows, to which heat is added

Δh_j the resulting enthalpy rises

For each specific case a guarantee heat cycle together with the guarantee terminal parameters has to be defined as a basis for guarantee definition and test evaluation. It should be as simple as possible and as near as practicable to the cycle configuration to be realized for the test (see also 3.4.4).

A practical definition for a turbine plant with single reheat and feed heating according to figure 1a is then:

$$\eta_t = \frac{P_b \text{ (or } P_g \text{ or } P_c)^*}{\dot{m}_1 (h_1 - h_{11}) + \dot{m}_3 (h_3 - h_2)} \quad (2)$$

Any additional heat and/or mass flow added to or subtracted from the cycle for example by make-up flow $\dot{m}_m$, spray attemperator flow $\dot{m}_{ir}$ or $\dot{m}_{is}$ or additional extraction for steam air preheater has to be accounted for in the evaluation by an appropriate correction of the test result (see Clause 6). Losses are not included in this definition, but treated according to 5.2.3.4.

To keep the sum of corrections small, it may be reasonable to include in the guarantee definition, by means of additional terms, important heat and mass flows, present in the cycle configuration for the test for technical reasons (e.g. spray attemperator, reactor blow down, etc.).

This, however, also modifies the thermodynamic character of the definition and the resulting values of the thermal efficiency are not directly comparable with those according to formula (2). Furthermore, the correction procedure will not be avoided altogether in this way, because it is improbable that the values of these additional flows during the test coincide exactly with those in the amended guarantee definition.

It is impracticable to describe in these rules all the possible variations in turbine cycles. In cases of complicated deviations of test cycle configuration from guarantee definition it is advisable to use the correction procedure according to 6.6.1.

* According to contract specification.

2.4.2 Consommation spécifique de chaleur

Traditionnellement, la consommation spécifique de chaleur a été utilisée, et l'est toujours, dans le même but que le rendement thermique, qui est appliqué dans ces règles.

Dans un système cohérent d'unités (SI):

$$HR = \frac{1}{\eta_t} \quad (3)$$

La consommation spécifique de chaleur ainsi calculée s'exprime en: kW/kW = kJ/kW · s

Les valeurs de consommation spécifique de chaleur exprimées avec d'autres unités peuvent être facilement converties en valeurs de rendement thermique par des formules appropriées (voir 2.2).

2.4.3 Rendement thermodynamique

Pour une turbine recevant la totalité de la vapeur dans un seul état initial et l'évacuant intégralement à une pression inférieure (turbine à contrepression ou à condensation sans réchauffage de l'eau alimentaire et sans resurchauffe), le rendement thermodynamique est la mesure la plus appropriée de la performance. Il est défini comme étant le rapport entre la puissance fournie par la turbine et la puissance isentropique (produit du débit de masse de vapeur et de la chute d'enthalpie qui serait obtenue pour une détente isentropique entre les conditions initiales de vapeur et la pression à l'échappement).

$$\eta_{td} = \frac{P}{\dot{m} \Delta h_s} \quad (4)$$

La valeur numérique du rendement thermodynamique ne dépend pas des conditions de vapeur à l'admission et à l'échappement; elle ne constitue une indication que pour le rendement de détente.

La formule définissant le rendement thermodynamique d'une turbine à condensation directe, sans réchauffage de l'eau d'alimentation, conforme à la figure 1b, est:

$$\eta_{td} = \frac{P_b \text{ (ou } P_g \text{ ou } P_c) *}{\dot{m}_1 \cdot \Delta h_{s1,4}} \quad (5)$$

où:

$\Delta h_{s1,4}$ est la chute d'enthalpie qui serait obtenue pour une détente isentropique entre les conditions initiales de vapeur au point 1 et la pression au point 4.

2.4.4 Consommation spécifique de vapeur

Traditionnellement, la consommation spécifique de vapeur a été utilisée, et l'est toujours, comme critère de performance pour les turbines comme décrit en 2.4.3. Elle se définit comme étant le rapport entre le débit de vapeur à l'admission et la puissance fournie, et se rattache comme suit au rendement thermodynamique, en unités cohérentes (SI):

$$SR = \frac{\dot{m}}{P} = \frac{1}{\eta_{td} \cdot \Delta h_s} \quad (6)$$

Les valeurs de consommation spécifique de vapeur exprimées avec d'autres unités peuvent être converties en valeurs de rendement thermodynamique, après détermination de la valeur correspondante de Δh_s au moyen du facteur de conversion approprié (voir 2.2).

* Suivant les spécifications du contrat.

2.4.2 Heat rate

The heat rate traditionally has been used (and is still used) for the same objective as thermal efficiency, which is applied in these rules.

In a coherent unit system (SI):

$$HR = \frac{1}{\eta_t} \quad (3)$$

The unit of the so calculated heat rate is kW/kW = kJ/kW · s

Heat rate values expressed in other units can be converted easily to thermal efficiency values, taking into account the appropriate conversion factors (see 2.2).

2.4.3 Thermodynamic efficiency

For a turbine receiving all the steam at one initial steam condition and discharging all the steam at a lower pressure (condensing or back-pressure turbine without regenerating feed-heating or reheat) the thermodynamic efficiency is the most appropriate measure of performance. It is defined as the ratio of power output to isentropic power capacity (product of steam mass flow and isentropic enthalpy drop between initial steam condition and exhaust pressure).

$$\eta_{td} = \frac{P}{\dot{m} \Delta h_s} \quad (4)$$

The numerical value of thermodynamic efficiency does not depend on the initial steam and exhaust conditions, but is the indication for the efficiency of the expansion only.

The formula defining the thermodynamic efficiency for a straight condensing turbine without feed-heating according to Figure 1b is then:

$$\eta_{td} = \frac{P_b \text{ (or } P_g \text{ or } P_c) *}{\dot{m}_1 \cdot \Delta h_{s\ 1,4}} \quad (5)$$

where:

$\Delta h_{s\ 1,4}$ is the isentropic enthalpy drop between initial steam condition at point 1 and pressure at point 4.

2.4.4 Steam rate

The steam rate traditionally has been used (and is still used) as a performance criterion for turbines as described in 2.4.3. It is defined as the ratio of initial steam flow rate to power output and is connected with thermodynamic efficiency as follows in coherent units (SI):

$$SR = \frac{\dot{m}}{P} = \frac{1}{\eta_{td} \cdot \Delta h_s} \quad (6)$$

Steam rate values expressed in other units can be converted to thermodynamic efficiency values after determination of the relevant Δh_s value, taking into account the appropriate conversion factors (see 2.2).

* According to contract specification.

Les valeurs numériques de la consommation spécifique de vapeur dépendant aussi des conditions de vapeur à l'admission et à l'échappement, elles ne sont pas comparables pour des turbines ayant des conditions de vapeur différentes. Pour cette raison, le rendement thermodynamique est utilisé dans ces règles.

2.4.5 *Débit de vapeur principale*

Le débit maximal de vapeur principale, toutes soupapes de régulation grandes ouvertes, dans des conditions de vapeur spécifiées (il s'agit généralement des conditions de vapeur conformes à la définition des autres valeurs garanties) est le débit maximal de la turbine.

2.4.6 *Puissance maximale*

La puissance maximale de la turbine, au débit maximal de vapeur, est garantie pour un cycle qui peut différer du cycle thermique de garantie valable pour le rendement thermique.

3. **Principes directeurs**

3.1 *Dispositions à prendre dès la conception de l'installation*

Les parties intéressées aux essais doivent conclure un accord sur les procédures d'essai, l'interprétation des garanties, le nombre, les emplacements et la disposition des points de mesure et des dispositifs de mesure, la disposition des tuyauteries et des vannes, au moment de la conception de l'installation et des tuyauteries. Cela s'applique particulièrement aux turbines à vapeur des centrales nucléaires dans lesquelles des modifications ultérieures sont souvent irréalisables et où les points de mesure ne sont pas toujours accessibles une fois la centrale en fonctionnement. Pour les principales mesures, il est recommandé de prévoir des dispositifs de raccordement spéciaux, tels que brides et poches thermométriques pour thermomètre, de façon à pouvoir effectuer les essais de réception sans affecter le fonctionnement normal des matériels.

Les appareils de mesure seront choisis de façon que les quantités de chaleur et de puissance reçues et fournies par le «système» tel qu'il est défini par le contrat, et les conditions à ses limites, puissent être déterminées.

Toutes les précautions et mesures préparatoires nécessaires doivent être prises pour répondre aux spécifications des présentes règles en ce qui concerne la précision des mesures.

La liste ci-dessous précise plusieurs points devant faire l'objet d'un accord pendant la conception de la centrale:

- a) Emplacement et disposition des tuyauteries près des points de mesure de débit qui seront utilisés pour les calculs des essais.
- b) Nombre et emplacement des vannes nécessaires pour garantir qu'aucun débit incontrôlé ne pénètre dans le cycle d'essai ou n'en sorte, ou ne contourne l'un des éléments du cycle. Dans une centrale nucléaire, il peut exister des circuits d'appoint ou des vannes de secours qui ne peuvent être condamnés et dont il faut, par conséquent, tenir compte.
- c) Nombre et emplacement des poches thermométriques et des prises de pression nécessaires pour garantir des mesures correctes aux points essentiels.
- d) Nombre et emplacement des raccordements des instruments de doublage nécessaires pour garantir des mesures correctes aux points essentiels.
- e) Contrôle des débits de fuite pour éviter des complications en cours d'essai ou l'introduction d'erreurs.
- f) Dispositifs de mesure des fuites aux arbres des pompes, si besoin.
- g) Méthode de détermination du titre de la vapeur, y compris la technique de prélèvement, si nécessaire. Les méthodes recommandées sont données en 4.7.

Since numerical steam rate values depend also on initial steam and exhaust conditions, they are not comparable for turbines with different specified conditions. Therefore, thermodynamic efficiency is used in these rules.

2.4.5 *Main steam flow capacity*

The maximum flow rate of main steam with all regulating valves wide open under specified steam conditions (usually the steam conditions according to the definition of the other guarantee values) is a measure of the maximum flow capacity of the turbine.

2.4.6 *Maximum power output*

The power output of the turbine at the maximum flow rate of main steam can be guaranteed for a specified guarantee heat-cycle, which may differ to some extent from the guarantee heat cycle valid for the thermal efficiency.

3. **Guiding principles**

3.1 *Advance planning for test*

The parties to any test under these rules shall reach agreement as to the testing procedure, the interpretation of guarantees, the number, location, and arrangement of measuring points and measuring devices, valves and piping arrangements at the time of design of the turbine plant and of the piping. This especially applies to steam turbines in nuclear power stations where subsequent modifications are often impracticable and the measuring points are not always accessible once the plant has started to operate. It is recommended that, for the most important measurements, special connection facilities such as flanges and thermometer wells be provided for the measuring equipment so that the acceptance tests can be carried out without impairing the instruments for normal operation.

The instrumentation has to be selected in such a way that power and heat flows which enter and leave the "system", as defined in the contract, and the conditions at its boundaries can be determined.

All necessary preparations and precautions have to be taken to meet the specifications of these rules regarding measuring accuracy.

The following is a list of typical items upon which agreement should be reached during the plant design:

- a) Location of, and piping arrangement around flow measuring devices on which test calculations are to be based.
- b) Number and location of valves required to ensure that no unaccounted for flow enters or leaves the test cycle, or bypasses any cycle component. In a nuclear plant there may be some make-up line or emergency valving that cannot be blocked and for which accounting must be made.
- c) Number and location of temperature wells and pressure connections required to ensure correct measurements at critical points.
- d) Number and location of duplicate instrument connections required to ensure correct measurements at critical points.
- e) Handling of leak-off flows to avoid complications in testing or the introduction of errors.
- f) Means of measuring pump shaft leakages.
- g) Method of determining steam quality including sampling technique as required. The recommended methods are given in 4.7.

La spécification, l'installation, la classe de précision et l'étalonnage des transformateurs de mesure d'exploitation devront être définis convenablement si l'on prévoit de les utiliser pour les essais de réception (voir également 4.2.7).

3.2 *Accords et dispositions préliminaires aux essais*

- a) Les parties intéressées aux essais doivent conclure, avant les essais, un accord sur le programme d'essai, les objectifs spécifiques des essais, les méthodes de mesure et la méthode opératoire, en prévoyant une limitation des corrections nécessaires, la méthode de correction des résultats d'essai et de comparaison avec les garanties en tenant compte des clauses du contrat.
- b) Un accord doit être conclu sur les variables à mesurer, les appareils de mesure et leurs fournisseurs, l'emplacement des appareils indicateurs et sur l'effectif du personnel chargé de l'exploitation des appareils et du relevé des mesures.
- c) Les méthodes pour réaliser les mesures comparatives devront faire l'objet d'un accord (voir 3.5).
- d) Un accord doit intervenir sur des points tels que les moyens d'assurer la constance des conditions de vapeur et de charge.
- e) Les appareils sujets à défaillance, ou susceptibles d'être endommagés, doivent être doublés par des appareils en réserve convenablement étalonnés pouvant être mis en service sans délai. Tout changement d'appareil en cours d'essai doit être clairement indiqué sur les relevés de l'observateur.
L'emplacement et la disposition des appareils devront permettre une lecture aisée et précise par l'observateur. L'environnement d'étalonnage devra être aussi proche que possible de l'environnement dans lequel l'appareil sera utilisé pendant l'essai. Cela peut être obtenu en plaçant les appareils dans un environnement contrôlé.
- f) La détermination de l'enthalpie d'une vapeur surchauffée de moins de 15 K, ou du titre d'une vapeur contenant de l'humidité, ne peut être faite que si les parties sont d'accord sur la méthode à employer pour cette détermination. L'accord, la méthode de détermination et la façon de tenir compte de cette enthalpie ou de ce titre dans les résultats des essais doivent être entièrement décrits dans le rapport d'essai.
Un débit de vapeur de caractéristiques quelconques peut être déterminé, quand cela est possible, en condensant complètement cette vapeur et en mesurant le débit du condensat.
- g) La méthode et la date d'étalonnage des appareils, ainsi que le choix de l'organisme qui en est chargé, doivent faire l'objet d'un accord.
- h) Pour chacune des mesures nécessaires à un essai suivant les présentes règles, toute méthode autre que celles prescrites dans ces règles peut être employée, sous réserve qu'elle ait fait l'objet d'un accord mutuel écrit entre les parties. Toute dérogation aux méthodes prescrites doit être clairement décrite dans le rapport d'essai. En l'absence d'accords écrits, ce sont les présentes règles qui prévaudront.
- i) Un expert indépendant peut apporter son concours à la conclusion des accords.
- j) Un accord doit être conclu sur l'effectif du personnel nécessaire chargé de l'exploitation des appareils et du relevé des mesures.

Specification, installation, precision class and calibration of the normal station instrument transformers shall be chosen suitably if it is intended to use them for the acceptance test (see also 4.2.7).

3.2 *Preparatory agreements and arrangements for tests*

a) Before the test, the parties to the tests shall reach an agreement as to the test programme, the specific objectives of the tests, the measuring methods and the method of operation with due regard to a limitation of the necessary corrections, the method for correcting the test results and for guarantee comparison with due regard to the contract conditions.

b) Agreement shall be reached as to the variables to be measured, the measuring instruments and who is to supply them, the location of the indicating instruments and the operating and recording personnel required.

c) Agreement shall be reached on the methods of obtaining the comparison measurement (see 3.5).

d) Agreement shall be reached on such matters as the means of securing constancy of steam conditions and output.

e) Instruments liable to failure or breakage in service should be duplicated by reserve instruments, properly calibrated, which can be put into service without delay. A record of such change of instrument during a test shall be clearly made on the observer's record sheet.

Instruments shall be located and arranged so that they may be read accurately with comfort by the observer. The calibration environment should be as close as practicable to the environment in which the instrument will operate during the test. This may be accomplished by locating the instruments in a controlled environment.

f) The determination of the enthalpy of steam superheated less than 15 K, or of the quality of steam containing moisture, may be made only when the parties agree upon the method to be employed for this determination. The agreement, the method for making the determination and the method of applying the enthalpy or quality values to the test results shall be fully described in the test report.

The rate of flow of steam of any quality may be determined, where practicable, by condensing it completely and then measuring the condensate flow.

g) Agreement shall be reached as to the method of calibration of instruments, by whom and when.

h) For any of the measurements necessary for a test under these rules, any methods may be employed other than those prescribed in these rules, provided they are mutually agreed upon in writing before the test by the parties to the test. Any such departure from the prescribed methods shall be clearly described in the test report. In the absence of written agreements, the rules herein shall be mandatory.

i) An independent expert may be a party to all agreements.

j) Agreement shall be reached on the minimum number of operating and recording personnel that is required.

3.3 Organisation des essais

3.3.1 Délai pour la réalisation des essais de réception

Sauf spécification contraire du contrat, il convient de programmer un essai de réception sur site pour qu'il soit effectué, si possible, dans les huit semaines* qui suivent le premier couplage de la tranche, ou immédiatement après un arrêt pour visite, à condition que tout défaut affectant les performances ait été éliminé. De toute manière, sauf accord contraire écrit, l'essai de réception doit être effectué pendant la période de garantie spécifiée dans le contrat.

3.3.2 Direction des essais de réception

La responsabilité de la direction des essais de réception doit être clairement attribuée avant les essais, de préférence à une seule personne. Cette personne est responsable de l'exécution correcte, du dépouillement et de l'interprétation des essais de réception et sert d'arbitre en cas de litige quant à l'exactitude des observations, aux conditions et aux méthodes d'exécution. Elle est habilitée et astreinte à se procurer toutes informations sur les points importants.

Des représentants accrédités de l'acheteur et du constructeur peuvent être présents à tout moment pour vérifier que les essais sont exécutés en conformité avec les présentes règles et dans le respect des accords intervenus avant les essais.

Une partie contractante qui n'est pas responsable de la direction des essais de réception doit également avoir la possibilité d'obtenir des informations en temps voulu.

3.3.3 Coût des essais de réception

Le contrat doit stipuler qui supportera la charge financière des essais de réception et, s'il y a lieu, de leur répétition (voir également 3.5, 3.7 et 3.9).

3.4 Préparation des essais

3.4.1 Etat de l'installation

Les essais de réception ne doivent être entrepris que si le fonctionnement de la turbine et de la machine entraînée est satisfaisant, ainsi que celui du condenseur et/ou des réchauffeurs d'eau alimentaire s'ils sont inclus dans la garantie. Il est également essentiel de vérifier l'absence de fuites au condenseur, aux réchauffeurs d'eau, aux tuyauteries et aux vannes.

Avant les essais de réception, le fournisseur aura la possibilité de vérifier l'état de l'installation, si nécessaire en effectuant ses propres mesures. Toute déficience constatée à ce stade devra être corrigée.

Bien que ces règles traitent des essais de performance de turbines à vapeur entraînant des alternateurs, il est exigé que tous les autres matériels fournis au titre du même contrat soient en parfait état de fonctionnement dans des conditions industrielles normales pendant les essais de la turbine. Cette condition ne s'applique pas à des matériels qui auraient été commandés hors contrat après que les performances garanties aient été définies contractuellement. Elle ne s'applique pas non plus si des mesures spéciales visant à mettre hors service

* On recherche, en fixant cette période, à minimiser la détérioration des performances et les risques de dégradation de la turbine. Les essais préliminaires, dont la mesure de la chute d'enthalpie, devront être effectués durant cette période pour contrôler les performances des corps de turbine haute et moyenne pression. Toutefois, ces essais ne permettront pas de déduire les performances du corps basse pression, et c'est pourquoi il est impératif d'effectuer, dès que possible, les essais de réception.

En tout état de cause, si la mesure de la chute d'enthalpie met en évidence une détérioration possible du corps HP ou BP, ou si les conditions de la tranche reportent les essais de plus de quatre mois après le premier démarrage, alors les essais de réception devront être différés.

Une correction de la consommation spécifique obtenue à partir des premières mesures de rendement de chute enthalpique, ou tenant compte du vieillissement, n'est pas admise.

3.3 *Planning of the tests*

3.3.1 *Time for acceptance tests*

Unless otherwise provided in the contract, acceptance tests on site should be planned to take place if practicable within eight weeks* after the first synchronization, or immediately following an inspection outage, provided any deficiencies affecting performance have been corrected. In any event, except with written agreement to the contrary, the acceptance test shall take place within the guarantee period specified in the contract.

3.3.2 *Direction of acceptance tests*

The responsibility for the direction of the acceptance tests shall be clearly assigned by the parties prior to the test, preferably to one person. This person is responsible for the correct execution and evaluation of the acceptance tests, and serves as arbitrator in the event of disputes as to the accuracy of observations, conditions, or methods of operation. He is entitled and obliged to obtain information on all necessary details.

Accredited representatives of the purchaser and the manufacturer may at all times be present to verify that the tests are conducted in accordance with these rules and the agreements made prior to the tests.

A party to the contract who is not responsible for the direction of the acceptance tests shall also be given the opportunity of obtaining information a sufficient time before the tests.

3.3.3 *Cost of acceptance tests*

The contract shall stipulate who is to bear the costs of acceptance tests and any repeated acceptance tests (see also 3.5, 3.7 and 3.9).

3.4 *Preparation of the tests*

3.4.1 *Condition of the plant*

Prior to commencement of the acceptance tests, it is essential to be satisfied that the steam turbine and driven machine are in suitable condition, together with the condenser and/or feedheaters if included in the guarantee. It is also essential to verify that leaks in the condenser, feedheaters, pipes and valves have been eliminated.

Prior to the acceptance tests, the supplier shall be given the opportunity to check the condition of the plant, if necessary by making his own measurements. Any deficiency determined at this time shall be rectified.

Although these rules deal specifically with the performance testing of steam turbine generators, it is required that all other equipment supplied as part of the same turbine generator contract shall be in full and correct working order and in normal commercial disposition during the turbine generator tests. This requirement does not apply if other equipment has been ordered as an extra to the contract after the performance guarantees have been contractually agreed, or if special measures to render the equipment non-operative

* It is the intention, during this period, to minimize performance deterioration and risk of damage to the turbine. Enthalpy drop tests or preliminary tests should be made during this period to monitor HP and IP turbine section performance. However, these tests do not provide LP section performance and for this reason it is imperative to conduct the acceptance test as soon as practicable.

In any event, if either the enthalpy drop test shows undue deterioration to the HP or LP section, or if plant conditions delay the tests for more than four months after initial operation, the acceptance test should be postponed.

Adjusting of heat rate test results to startup enthalpy drop efficiencies or for the effects of ageing is not permitted.

certain matériels au cours des essais ont été préalablement convenues entre les parties intéressées à l'essai, et sont clairement décrites dans le rapport d'essai. On peut citer comme exemple de cette catégorie de matériels les vannes et les tuyauteries, fournies au titre du contrat de la turbine, permettant à la vapeur de contourner tout ou partie des étages de détente de la turbine pour équilibrer les températures au démarrage.

3.4.2 *Etat de la turbine à vapeur*

L'état de la turbine à vapeur peut être vérifié par un contrôle interne de la veine vapeur, généralement en ouvrant la turbine ou en effectuant des mesures comparatives selon 3.5.

L'ouverture de la turbine ou de l'un des corps pour repérer un défaut peut être envisagée si des écarts importants et inexplicables apparaissent à la suite des mesures comparatives.

3.4.3 *Etat du condenseur*

Lorsque les garanties couvrent les performances du condenseur et se réfèrent au débit et à la température de l'eau de refroidissement, le condenseur doit être propre et essayé pour vérifier si son étanchéité à l'air est suffisante. Ces points doivent faire l'objet d'un accord entre les deux parties.

L'état du condenseur doit être vérifié en ouvrant les boîtes à eau ou en mesurant les écarts terminaux de température. S'il existe des dépôts*, le condenseur doit être nettoyé par l'acheteur avant les essais de réception à la demande du fournisseur, ou bien les parties concernées par l'essai peuvent convenir d'appliquer une correction appropriée.

3.4.4 *Isolement du cycle*

La précision des résultats des essais dépend de l'isolement du système. Les débits externes devront être isolés. Les débits internes qui contournent de façon incontrôlée soit des éléments du cycle, soit des appareils de mesure de débit masse, devront être, si possible, éliminés pour supprimer la nécessité de leur mesure. S'il existe un doute quant à la possibilité d'isoler ces débits en cours d'essai, des dispositions seront prises avant l'essai pour les mesurer.

Tous les raccordements non utilisés doivent être obturés par des joints pleins. Si cela est impossible, ils doivent être interrompus en un point approprié de façon que les sorties soient observées en permanence.

Les équipements et débits à isoler, et les méthodes utilisées pour cela, doivent être définis bien avant la date de mise en service de la turbine. L'isolement du cycle doit être décrit dans le rapport d'essai.

Lorsque le système est correctement isolé pour un essai de performance, les fuites incontrôlées ayant pour conséquence des pertes inexplicables dans les volumes de stockage devront être inférieures à 0,1 % environ du débit de vapeur à l'admission à pleine charge. Les fuites incontrôlées excessives doivent être éliminées avant de poursuivre l'essai. Tout stockage d'eau dans le cycle (puits du condenseur, dégazeur et autres réchauffeurs d'eau alimentaire, réservoir de la chaudière, séparateurs d'humidité, surchauffeurs et tout autre point à l'intérieur du cycle doit être pris en compte (voir aussi 5.2.3.4).

3.4.4.1 *Equipements et débits à isoler*

La liste suivante précise les éléments et débits externes à isoler du cycle principal d'eau d'alimentation concernant la turbine:

- a) Réservoirs de grande capacité.

* Dépôts: sels ou métaux côté vapeur, boues, cendres, bactéries, algues, etc., côté eau de refroidissement.

during the tests have been agreed beforehand between the parties to the test and are described in prominent detail in the test report. An example of equipment in this category would be piping and valves, supplied as part of the same turbine generator contract, designed to permit steam to by-pass part or all of the turbine expansion stages for temperature-matching purposes during start-up.

3.4.2 *Condition of the steam turbine*

The condition of the steam turbine can be determined by an internal inspection of the steam path generally by opening the steam turbine or by comparison measurements according to 3.5.

Opening the turbine or an individual casing in order to locate a defect may be taken into consideration if large and inexplicable deviations are apparent from the comparison measurements.

3.4.3 *Condition of the condenser*

When the guarantees include the condenser performance and are based upon cooling water flow and temperature, the condenser shall be clean and the system shall be tested for sufficient air tightness. Agreement of the two parties to these matters shall be reached.

The condition of the condenser shall be checked by opening the water boxes or measuring the terminal temperature difference. In the case of deposits* the condenser shall be cleaned by the purchaser prior to the acceptance tests at the request of the supplier, or the parties concerned by the test may agree on a suitable correction.

3.4.4 *Isolation of the cycle*

The accuracy of the test results depends on the isolation of the system. Extraneous flows should be isolated from the system and internal flows which bypass in an unaccounted-for way either cycle components or mass-flow measuring equipment should be eliminated, if practicable, to obviate the need for measurement. If there is any doubt about the ability to isolate these flows during the test, preparations shall be made prior to the test to measure them.

All unused connections shall be blanked-off. If this is not practicable the connections shall be broken at a suitable point so that the outlets are under constant observation.

The equipment and flows to be isolated and the methods to accomplish this should be agreed well ahead of the initial operation date of the turbine. The isolation of the cycle has to be described in the test report.

When the system is properly isolated for a performance test, the unaccounted-for leakage resulting in unaccounted-for losses in storage volumes should be less than approximately 0.1% of the initial steam flow at full load. Excessive unaccounted-for leakages shall be eliminated before continuing the test. Water storage in the condenser hot well, deaerating and other extraction feedwater heaters, boiler drum(s), moisture separators, reheaters, and any other storage points within the cycle are to be taken into account (see also 5.2.3.4).

3.4.4.1 *Isolation of equipment and flow*

The following list includes items of the equipment and extraneous flows that shall be isolated from the primary turbine feedwater cycle:

- a) Large-capacity storage tanks.

* Deposits: salts or metal on the steam side and slime, ashes, bacteria, algae, etc., on the cooling water side.

- b) Evaporateurs et équipements connexes tels que condenseur d'évaporateur et préchauffeurs d'évaporateur.
- c) Systèmes de contournement et conduites auxiliaires de vapeur pour le démarrage, lorsque cela est compatible avec la sécurité de l'exploitation.
- d) Circuits de dérivation pour les dispositifs de mesure des débits principaux des condensats.
- e) Arrosage turbine.
- f) Tuyauteries de purge sur vannes d'arrêt, d'interception et de réglage.
- g) Tuyauteries de raccordement à d'autres unités.
- h) Equipements de déminéralisation d'eau.

L'isolement des équipements de déminéralisation n'implique pas nécessairement qu'on les retire du cycle. Néanmoins, cela signifie que tous les raccordements avec d'autres unités doivent être isolés et que les équipements, tels que conduites de recirculation qui affectent la mesure du débit principal, doivent être isolés, ou que leurs débits doivent être mesurés.

- i) Equipements d'apport de produits chimiques utilisant l'eau condensée.
- j) Events des chaudières.
- k) Ramoneurs à vapeur.
- l) Débit d'eau d'alimentation et de condensats contournant les réchauffeurs.
- m) Contournement des purgeurs des réchauffeurs.
- n) Purgeurs des réchauffeurs.
- o) Mises à l'air libre des boîtes à eau des réchauffeurs.
- p) Ejecteurs de mise sous vide.
- q) Circuits d'amorçage des boîtes à eau des condenseurs.
- r) Vapeur ou eau pour le chauffage de la centrale.
- s) Purges du générateur de vapeur.

3.4.4.2 Débits à mesurer s'ils ne sont pas isolés

Les débits externes suivants qui pénètrent dans le système ou en sortent, en occasionnant des erreurs sur les débits qui traversent la turbine, doivent être isolés du système ou mesurés:

- a) Débit de refroidissement du cendrier et des regards de la chaudière.
- b) Débit de refroidissement des boîtes étanches et débits de fuites aux joints sur les équipements suivants (alimentation et retour):
 - 1) pompes d'extraction;
 - 2) pompes alimentaires des chaudières;
 - 3) pompes de circulation d'eau dans la chaudière ou le réacteur;
 - 4) garnitures des pompes de purges des réchauffeurs lorsqu'elles ne sont pas auto-étanches;
 - 5) turbines, pour les pompes entraînées par turbines;
 - 6) joints des barres de contrôle sur les réacteurs nucléaires.
- c) Eau de désurchauffe.
- d) Débit de recirculation (venant du dispositif de «débit nul») et débit du disque ou du tambour d'équilibre des pompes alimentaires.
- e) Vapeur pour le chauffage et la pulvérisation du fuel-oil.
- f) Extractions des chaudières.

- b) Evaporators and allied equipment such as evaporator condenser and evaporator pre-heaters.
- c) Bypass systems and auxiliary steam lines for starting, compatible with safe operation.
- d) Bypass lines for condensate primary-flow-measuring devices.
- e) Turbine sprays.
- f) Drain lines on stop, intercept and control valves.
- g) Interconnecting lines to other units.
- h) Demineralizing equipment.

Isolation of demineralizing equipment does not necessarily mean removing the equipment from the cycle. It does, however, mean that all ties with other units shall be isolated and such equipment as recirculating lines that affect the primary flow measurement shall be isolated or the flows measured.

- i) Chemical-feed equipment using condensate.
- j) Boiler vents.
- k) Steam-operated soot blowers.
- l) Condensate and feedwater flow bypassing heaters.
- m) Heater drain bypasses.
- n) Heater shell drains.
- o) Heater water-box vents.
- p) Hogging jets.
- q) Condenser water-box priming jets.
- r) Steam or water for station heating.
- s) Blow down from steam generator.

3.4.4.2 *Flows which shall be determined if not isolated*

The following extraneous flows which enter or leave the cycle in such a manner as to cause an error in the flows through the turbine shall be isolated from the system or measured:

- a) Boiler fire door cooling flow and boiler-slag-tap-cooling coil flow.
- b) Sealing and gland cooling flow on the following (both supply and return):
 - 1) condensate pumps;
 - 2) boiler feed pumps;
 - 3) boiler-water or reactor circulating pump;
 - 4) heater drain pumps when not self-sealed;
 - 5) turbines for turbine-drive pumps;
 - 6) control rod seals on nuclear reactors.
- c) Desuperheating water.
- d) Boiler feed pump minimum-flow lines and balance drum flow.
- e) Steam for fuel oil atomization and heating.
- f) Boiler blowdowns.

- g) Tuyauteries de remplissage des chaudières.
- h) Débit des joints hydrauliques des turbines.
- i) Eau de désurchauffe de la vapeur servant au conditionnement des turbines.
- j) Soupape de sécurité du circuit des boîtes étanches des turbines.
- k) Trop-pleins des joints hydrauliques des turbines.
- l) Tuyauteries de vapeur ou d'eau prévues pour le lavage des turbines.
- m) Vapeur, autre que la vapeur d'étanchéité des joints, alimentant la soupape de régulation des boîtes étanches.
- n) Eau d'appoint, si nécessaire.
- o) Vapeur prélevée pour fonctionnement à basse pression du dégazeur (soutirage à un niveau supérieur, aux faibles charges, par exemple).
- p) Les ventilations des réchauffeurs doivent être fermées. Si cela n'est pas réalisable, elles devront être réglées à l'ouverture minimale.
- q) Trop-plein des dégazeurs.
- r) Fuite d'eau par tout joint à eau (joint du casse-vide, par exemple).
- s) Fuite aux joints de pompes, quittant le cycle.
- t) Vapeur prélevée pour des utilisations industrielles.
- u) Vapeur destinée aux préchauffeurs d'air (si leur isolement n'est pas possible).
- v) Equipements de prélèvement d'échantillons d'eau et de vapeur. S'il n'est pas possible d'isoler ces équipements et si les débits prélevés sont importants, ces débits doivent être mesurés.
- w) Mises à l'air libre des dégazeurs.
- x) Aspersion du réacteur.
- y) Eau utilisée pour le refroidissement des purges du séparateur ou des condensats du surchauffeur.
- z) Purges permanentes des corps et des tuyauteries des turbines à vapeur humide (si elles ne sont pas comprises dans la garantie).

3.4.4.3 *Méthodes et/ou appareils suggérés pour isoler les équipements du cycle d'eau d'alimentation de la turbine*

Les méthodes suivantes sont suggérées pour isoler les équipements divers et les débits externes au cycle d'eau d'alimentation de la turbine principale et en contrôler l'isolement:

- a) Doubles vannes et mise à l'air libre entre les deux vannes.
- b) Joints pleins.
- c) Obturateur entre deux brides.
- d) Dépose d'un bouchon pour contrôle visuel.
- e) Contrôle visuel de la vapeur déchargée à l'atmosphère, par exemple par les soupapes de sécurité.
- f) Vanne fermée reconnue étanche (essai effectué en présence des deux parties) et qui n'est pas utilisée avant ou pendant l'essai.
- g) Indication de température (acceptable seulement sous certaines conditions — accord mutuel des deux parties nécessaire).
- h) Mesure précise des niveaux dans les réservoirs qui seront isolés du circuit.

- g) Boiler fill lines.
- h) Turbine water-seal flow.
- i) Desuperheating water for turbine cooling steam.
- j) Emergency blowdown valve of turbine gland leakage and sealing system.
- k) Turbine water-seal overflows.
- l) Steam and water lines installed for washing the turbine.
- m) Steam, other than gland leak-off steam, to the steam-seal regulating valve.

- n) Make-up water, if necessary.
- o) Pegging steam (such as higher stage extraction at light loads) for low-pressure operation of deaerator.
- p) Heater vents shall be closed if practicable. If not, they shall be throttled to a minimum.

- q) Deaerator overflow line.
- r) Water leakage into any water-sealed flanges, such as water-sealed vacuum breakers.
- s) Pump seal leakage leaving the cycle.
- t) Automatic extraction steam for industrial uses.
- u) Steam to air preheaters (if isolation is not practicable).
- v) Water and steam sampling equipment. If it is impracticable to isolate water and steam sampling equipment, and if the sampling flow is significant, it shall be measured.

- w) Deaerator vents.
- x) Reactor-core spray.
- y) Sub-cooled water used for moisture separator or reheater coil drain cooling.

- z) Continuous drains from wet steam turbine casings and connection lines (if not included in the guarantee).

3.4.4.3 *Suggested methods and/or devices for isolating equipment from turbine feedwater cycle*

The following methods are suggested for isolating miscellaneous equipment and extraneous flows from the primary turbine feedwater cycle and for checking such isolation:

- a) Double valves and tell-tales.
- b) Blank flanges.
- c) Blank between two flanges.
- d) Removal of spool piece for visual inspection.
- e) Visual inspection for steam blowing to atmosphere such as safety valves.

- f) Closed valve which is known to be leak-proof (test witnessed by both parties) and not operated prior to or during the test.
- g) Temperature indication (only acceptable under certain conditions — mutual agreement necessary).
- h) Accurate measurements of levels in any tanks which should be isolated from the system.

- i) Les vannes d'isolement de première importance (par exemple vannes de contournement haute pression et basse pression) devront être vérifiées et, si nécessaire, fermées avant l'essai.

3.4.5 *Contrôle d'étanchéité du condenseur et des réchauffeurs d'eau d'alimentation*

On doit contrôler si le condenseur et les réchauffeurs d'eau d'alimentation ne présentent pas de fuites et prendre des mesures pour éliminer toute fuite importante (voir annexe A).

En cas de doute, le contrôle doit être renouvelé après l'essai.

3.4.6 *Propreté des filtres de vapeur*

Si nécessaire, les filtres de vapeur doivent être nettoyés avant les essais de réception.

3.4.7 *Contrôle des équipements de mesure*

Avant l'essai, l'état et l'adaptation à leur fonction de tous les équipements de mesure doivent faire l'objet d'un examen. La conformité aux exigences indiquées des équipements de mesure, de leurs implantations et de leur installation doit être vérifiée. Les résultats de ces contrôles seront notés dans le rapport d'essai.

3.5 *Mesures comparatives*

Pour diverses raisons étrangères au turbo-alternateur, il peut ne pas être possible d'effectuer la totalité des essais de performance dans les limites de temps spécifiées en 3.3.1. Dans de telles circonstances, les grandeurs suivantes devront être enregistrées, dès que possible, dans des conditions bien définies de pression, de température, de titre de la vapeur à l'admission pour les turbines à vapeur humide, etc.:

- a) pressions aux différents étages de la turbine;
- b) températures aux différents étages de la turbine;
- c) puissance fournie;
- d) ouverture des soupapes régulatrices;
- e) rendement de détente dans le cas de vapeur surchauffée;
- f) ligne de Willans, c'est-à-dire courbe du débit de vapeur en fonction de la puissance;
- g) débit des fuites de vapeur aux joints à labyrinthes, etc.

Les mêmes lectures faites dans des conditions identiques juste avant l'essai et comparées aux relevés initiaux permettent de déterminer toute variation notable des conditions de fonctionnement de la turbine.

Les parties intéressées aux essais doivent conclure un accord quant à l'action à entreprendre en ce qui concerne les détériorations constatées. Dans certains cas, il peut être utile d'effectuer l'essai immédiatement après la première grande visite sous réserve que toute défaillance affectant les performances dans le turbo-alternateur ait été corrigée pendant la visite.

3.6 *Réglages d'essai*

3.6.1 *Réglages de la puissance*

La garantie peut être donnée, et les essais peuvent être effectués, à ouverture spécifique des soupapes ou à puissance spécifique*. En établissant le programme d'essais, il convient de se rappeler que:

- a) Les meilleures consommations sont obtenues aux «points sans laminage» des soupapes.

* Pour les centrales nucléaires, les essais seront effectués pour la puissance thermique garantie correspondante du réacteur.

- i) Very important isolating valves (for example, HP and LP bypass valves) should be inspected and, if necessary, sealed prior to the test.

3.4.5 *Checks for leakage of condenser and feedwater heaters*

Condensers and feedwater heaters shall be checked for leakage and steps shall be taken to eliminate any significant leakage (see Appendix A).

In case of doubt the check can be repeated after the test.

3.4.6 *Cleanliness of the steam strainers*

If necessary, the steam strainers shall be cleaned before the acceptance tests.

3.4.7 *Checking of the test measuring equipment*

All measuring equipment shall be examined before the test as to its condition and suitability. It shall be further established whether the measuring instrument, the point of installation, and the installation are in accordance with relevant requirements. The results of all those checks shall be recorded in the test report.

3.5 *Comparison measurements*

For various reasons extraneous to the turbine generator it may not be practicable to conduct full-scale performance tests within the time limit specified in 3.3.1. In such circumstances, the following data, in well defined conditions of pressure, temperature, initial steam quality for wet steam units etc., should be recorded from the earliest practicable date:

- a) turbine stage pressures;
- b) turbine stage temperatures;
- c) power output;
- d) opening of governing valves;
- e) enthalpy drop efficiency if steam is superheated;
- f) Willans line, i.e. graph of steam flow/power output;
- g) flow of leak-off steam from glands, etc.

The same readings taken in the same conditions just before the test and compared with the original readings will enable any significant changes in the conditions of the turbine to be determined.

The parties interested in the tests shall agree on the action to be taken in consequence of deterioration. In some circumstances, it may be appropriate that the test should be conducted immediately after the first major inspection provided that any deficiencies in the turbine generator unit affecting performance have been corrected during the inspection period.

3.6 *Settings for tests*

3.6.1 *Load settings*

The guarantee may be given and the tests carried out either on the basis of specific valve opening or a specific power output*. In planning the programme, it should be remembered that:

- a) Tests at “valve point” positions tend to result in the best performance.

* For nuclear power stations, the tests are carried out based on the guaranteed thermal output of the reactor.

- b) Les puissances et débits à ces «points sans laminage» ne correspondent probablement pas exactement aux valeurs attendues par le constructeur.
- c) Les points d'essai doivent donc être choisis de façon à permettre au constructeur de montrer, et à l'acheteur de constater, quelle est la relation entre la consommation obtenue et celle qui est garantie.

Lorsque les essais sont effectués à ouverture spécifique des soupapes, il doit être permis, pour obtenir la puissance la plus économique, d'ajuster la puissance dans la limite de $\pm 5\%$ de la puissance spécifiée dans la garantie.

Au cours d'un essai effectué à ouverture partielle de soupape, il peut être difficile de fixer la puissance exactement à la valeur désirée. Il doit donc être permis de faire deux ou plusieurs essais pour encadrer cette valeur et obtenir, par interpolation, le résultat d'essai à la puissance ajustée conformément aux présentes dispositions.

Dans le cas de fonctionnement à pression glissante d'une turbine à admission totale, les essais doivent être effectués à pleine ouverture des soupapes. Cela s'applique également aux soupapes modératrices si la garantie se réfère à la pleine ouverture des soupapes.

Les vannes manuelles d'admission ou de contournement, s'il en existe, doivent être dans la position prévue par la garantie. A ce sujet, si le contrat ou la spécification ne sont pas explicites, les parties doivent conclure un accord.

3.6.2 Réglages spéciaux

Aucun réglage spécial ne doit être effectué sur la turbine pour les essais s'il est incompatible avec un fonctionnement industriel et continu pour toutes les puissances et conditions d'exploitation spécifiées. Font exception, s'ils sont compatibles avec les termes de la garantie et la sécurité de fonctionnement: le réglage de l'extraction d'air pour ajuster le vide, l'utilisation du limiteur de charge ou d'autres moyens de contrôle similaires, tels que la fermeture de certaines purges, ou autres vannes, pour isoler le cycle en s'opposant à l'entrée ou à la sortie de débits externes et aux contournements internes.

Les étanchéités de l'arbre de la turbine doivent être réglées avant l'essai aux conditions de fonctionnement normales et des dispositions doivent être prises pour mesurer les fuites, vers l'intérieur ou l'extérieur, qui pourraient influencer les résultats de l'essai.

3.7 Essais préliminaires

Des essais préliminaires peuvent être effectués dans le but de:

- a) déterminer si la turbine est dans un état convenant à l'exécution d'un essai de réception,
- b) vérifier tous les appareils de mesure,
- c) former le personnel à l'exécution des essais.

Après exécution d'un essai préliminaire, cet essai peut être considéré comme essai de réception par accord mutuel.

Si les essais préliminaires ne sont pas satisfaisants, on doit en rechercher les causes et, si nécessaire, la turbine doit être mise à la disposition du constructeur de façon à lui permettre de l'examiner et de s'assurer qu'elle est en état de subir un essai de réception.

3.8 Essais de réception

3.8.1 Constance des conditions d'essai

Tous les essais doivent être précédés d'une période de stabilisation des températures et des débits. La durée de cette période étant fonction de la puissance de la turbine et de son état ainsi que des variations de charge, elle doit être fixée par accord entre les parties intéressées à l'essai.

- b) "Valve point" loads and flows will probably not occur at the exact values expected by the manufacturer.
- c) Test points should be chosen such that the manufacturer may have the opportunity to demonstrate and the purchaser may have the opportunity to know what the performance is in relation to that guaranteed.

When the tests are carried out at specific valve opening it shall be permissible, in order to obtain the most economical load, to adjust the load to within $\pm 5\%$ of the load specified for the guarantee.

As it might be difficult to set the load for a partial valve opening test exactly at the appropriate value, it shall be permissible to run two or more tests to straddle the load and obtain by interpolation the actual test result at the load adjusted in accordance with this clause.

In the event of variable pressure operation of a full arc admission turbine, tests shall be conducted with control valves wide open. The same applies to throttle control if the guarantee is based upon wide open control valves.

Manually operated nozzle or bypass valves, if provided, shall be in the position contemplated by the guarantee. If the contract or specification is not clear in this respect, the parties shall come to an agreement.

3.6.2 *Special settings*

No special adjustments shall be made to the turbine, for test purposes that are inappropriate for commercial and continuous operation under any and all of the specified outputs and operating conditions. Exceptions are air bleed adjustments to control the vacuum, the use of load-limiting devices or other similar test control means, such as isolation of the cycle to prevent extraneous flows and/or internal by-pass flows of steam or water by closing certain drains or other valves. These shall be consistent with the terms of the guarantee and practicable with regard to operating safety and technique.

The turbine shaft seals shall be adjusted to normal operating conditions before a test and arrangements made to measure outward or inward flow that will influence test results.

3.7 *Preliminary tests*

Preliminary tests may be run for the purpose of:

- a) determining whether the turbine is in a suitable condition for the conduct of an acceptance test,
- b) checking all instruments,
- c) training personnel in test procedures.

After a preliminary test has been made, it may be considered, if mutually agreed, as an acceptance test.

If the preliminary tests are unsatisfactory, the causes shall be investigated and, if necessary, the turbine shall be placed at the disposal of the manufacturer so that the latter may examine it and ascertain whether it is in a suitable condition for an acceptance test.

3.8 *Acceptance tests*

3.8.1 *Constancy of test conditions*

All tests shall be preceded by a period temperature and flow stabilization, the duration of which shall be agreed upon by the parties interested in the test, since it will vary with the size of the turbine, the internal conditions, and the amount of load-change.

Toute grandeur dont la variation peut influencer sur le résultat de l'essai doit être rendue aussi constante que possible avant le début de l'essai et être maintenue ainsi pendant toute la durée de l'essai, dans les limites des variations permises en 3.8.2.

Dans le but de maintenir une ouverture constante, le déplacement des soupapes régulatrices, dans le sens ouverture seulement, doit être limité à la position choisie et le régulateur doit être suffisamment désensibilisé pour qu'il ne réagisse plus aux variations courantes de fréquence du réseau.

3.8.2 *Ecarts et fluctuations maximaux admissibles des conditions de fonctionnement*

A moins d'accord contraire entre les parties, l'écart maximal admissible entre la valeur moyenne obtenue pendant l'essai et la valeur spécifiée pour chaque variable, ainsi que les fluctuations maximales admissibles pour chaque variable au cours d'un quelconque des essais, ne doivent pas dépasser les limites prescrites dans le tableau I.

En général, il est préférable d'effectuer l'essai le plus rapidement possible après le premier couplage (voir 3.3.1), même si les conditions du tableau I ne peuvent être remplies. Dans ce cas, on applique, pour les conditions d'essais, les courbes de correction.

3.8.3 *Durée des essais et fréquence des lectures*

La durée requise pour un essai dépend de la stabilité des conditions de fonctionnement et de la rapidité d'obtention des données d'essai. La précision des mesures de variation de niveau dans les capacités contenant de l'eau peut être un facteur de limitation.

La durée recommandée d'un essai de réception est de 2h. Celle-ci peut être réduite suite à un accord, mais ne pourra pas être inférieure à 1 h.

Durant cette période, les lectures des débitmètres à pression différentielle mesurant les débits primaires doivent se faire, en principe, toutes les demi-minutes. Les lectures de puissance électrique, lorsqu'elles sont basées sur les indications des wattmètres, à défaut d'appareils de mesure intégrateurs (voir 4.2.6), devront être faites à des intervalles n'excédant pas une min. Les lectures des mesures de températures et de pressions primaires doivent être faites toutes les 5 min. Des conditions fluctuantes imposent, soit des intervalles de lecture plus courts, soit une durée d'essai plus longue en vue d'obtenir une moyenne représentative; cela est particulièrement valable pour les mesures de débit (voir 4.3.5). La durée de l'essai de puissance devra être choisie en conséquence.

Le temps de lecture devrait être indiqué aux observateurs par des signaux émis par une horloge mère. Il peut être également indiqué par les chronomètres des observateurs, qui doivent être synchronisés avant chaque essai.

Any condition, the variation of which may influence the results of the test, shall be caused to become as nearly constant as practicable before the test begins, and shall be so maintained throughout the test, within the permissible variations according to 3.8.2.

In order to maintain constancy of throttling, the travel of the governing valve, in the opening direction only, should be limited to the chosen position and the governor should be sufficiently overwound to ensure that it does not respond to normal changes in system frequency.

3.8.2 *Maximum deviation and fluctuation in test conditions*

Except upon agreement to the contrary by the parties, the maximum permissible deviation of the average test conditions for each variable from that specified and the maximum permissible fluctuation of the variable during any one test run, shall not exceed the limit prescribed in Table I.

In general, it is more desirable to conduct the test as soon after first synchronization as practicable (see 3.3.1), even if the conditions in Table I cannot be met. In this instance, the correction curves shall be applicable for the test conditions.

3.8.3 *Duration of test runs and frequency of readings*

The requisite test duration is dependent on the steadiness of operating conditions and the speed of acquisition of test data. Accurately measurable changes in the level of water stored in the system may be a limiting factor.

The recommended duration of an acceptance test run is 2 h. This may be reduced by agreement, but should be not less than 1 h.

During this period, readings of differential pressure flow-meters measuring primary flow should normally be taken every half minute. Readings of electrical power output, if based on indicating wattmeters in the absence of integrating meters (see 4.2.6) should be taken at intervals of not more than one min. Readings of primary pressures and temperatures should be taken at intervals of not more than 5 min. Fluctuating conditions necessitate shorter intervals between readings, especially of flowmeters, or a longer test duration in order to achieve a representative average (see 4.3.5). The duration of the capacity test should be chosen accordingly.

The time of the reading should be indicated to the observers through signals from a main clock. It may alternatively be taken from the observers' watches, which shall be synchronized with each other prior to each test run.

TABLEAU I
Ecarts et fluctuations maximaux admissibles des conditions de fonctionnement

Variable	Ecart maximal admissible entre la moyenne de l'essai et la valeur spécifiée	Fluctuation rapide maximale admissible à partir de la valeur moyenne obtenue au cours de l'essai (voir note 1)
Pression de la vapeur à l'admission	$\pm 3\%$ de la pression absolue (voir note 2)	$\pm 0,5\%$ de la pression absolue
Température de la vapeur à l'admission et de la vapeur resurchauffée	Surchauffe ≤ 25 K ± 8 K Surchauffe > 25 K ± 15 K	± 2 K ± 1 K
Débit à l'admission	Non spécifié	Voir 4.3.5
Titre de la vapeur à l'admission (turbines alimentées en vapeur humide)	$\pm 0,005$	$\pm 0,001$
Pression d'échappement (turbine à condensation)	$\pm 2,5\%$ de la pression absolue (voir note 5)	$\pm 5\%$
Température de l'eau d'alimentation	± 8 K (voir note 3)	—
Pression aux soutirages	Voir note 4	—
Puissance	$\pm 5\%$	$\pm 0,25\%$
Tension	$\pm 5\%$	—
Facteur de puissance	Peut varier entre l'unité et 0,05 en dessous du facteur spécifié	—
Lorsque le condenseur est compris dans la garantie		
Température d'entrée au condenseur de l'eau de refroidissement	± 5 K	± 1 K
Débit d'eau de refroidissement	$\pm 10\%$	—
Température d'entrée au condenseur de l'air (pour les condenseurs refroidis à l'air)	± 10 K	± 2 K

- Notes*
1. — Une fluctuation est qualifiée de rapide si sa fréquence est supérieure à deux fois la fréquence de lecture.
 2. — En aucun cas les variations admissibles de pression et de température prévues par le constructeur ne devront être dépassées.
 3. — Des limitations peuvent être prévues au contrat, ou par le constructeur de la chaudière.
 4. — Des écarts de quelques pour-cent des valeurs prévues dans les pressions aux soutirages ont généralement un effet négligeable sur les performances. Si des écarts excessifs sur les débits de vapeur soutirée venaient à se produire, laissant supposer un mauvais fonctionnement des réchauffeurs, les répercussions sur les performances pourraient être sérieuses et un accord devrait être conclu sur les dispositions à prendre.
 5. — Si la pression à l'échappement s'écarte de la pression prévue de plus de 2,5% ou 3 kPa, on choisira la plus élevée de ces deux limites, la procédure de correction pour variation de la pression d'échappement devra être vérifiée par un essai si l'une des parties le demande.

3.8.4 Lecture des appareils de mesure intégrateurs

Les valeurs moyennes de la puissance électrique et du débit masse peuvent également être déterminées par des appareils de mesure intégrateurs, en divisant la différence des lectures faites au début et à la fin d'un essai par l'intervalle de temps correspondant.

Tous les appareils de mesure intégrateurs devront être lus simultanément. Les appareils de mesure correspondant à des variables liées devront être lus en même temps ou presque.

Pendant l'essai, il est recommandé d'effectuer les lectures sur tous les appareils de mesure intégrateurs simultanément et à intervalles réguliers. Cela permettra d'effectuer des contrôles de cohérence des mesures et permettra d'ajuster la période retenue pour le dépouillement, si nécessaire, après réalisation du programme d'essai.