



IEC 60045-1

Edition 2.0 2020-05

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Steam turbines –  
Part 1: Specifications**

**Turbines à vapeur –  
Partie 1: Spécifications**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 27.040

ISBN 978-2-8322-8313-4

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.  
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

## CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Normative references .....	10
3 Terms and definitions .....	11
3.1 Turbine types.....	11
3.2 Methods of initial steam admission.....	13
3.3 Interfaces and terminal conditions.....	13
3.4 Speeds .....	16
3.5 Powers .....	17
3.6 Steam flow rate and steam rate.....	18
3.7 Heat rates .....	18
3.9 Operational regimes (modes).....	19
3.10 Methods of load variation .....	19
3.11 Operational life .....	20
3.12 Control and protection.....	20
4 Guarantees.....	21
4.1 General.....	21
4.2 Thermal performance guarantees .....	21
4.2.1 Performance codes.....	21
4.2.2 Turbine plant thermal efficiency or heat rate or steam rate .....	21
4.2.3 Output or steam flow capacity.....	22
4.2.4 Auxiliary plant power .....	22
4.2.5 Steam tables .....	22
4.2.6 Tolerances .....	22
4.2.7 Ageing.....	23
5 Product safety .....	23
5.1 General.....	23
5.2 Risk assessment.....	23
5.2.1 General .....	23
5.2.2 Limits of the assessments.....	23
5.2.3 Definition of hazards to be considered .....	24
5.2.4 Hazard identification .....	24
5.2.5 Risk estimation .....	24
5.3 Risk reduction.....	25
5.4 Interface descriptions.....	25
5.5 Documentation.....	26
6 Operation and maintenance .....	26
6.1 Normal operation .....	26
6.1.1 General .....	26
6.1.2 Start-up categories .....	26
6.1.3 Specification of load collective.....	26
6.1.4 Start-up time.....	27
6.1.5 Steam generator characteristics .....	27
6.1.6 Expected load operation .....	27
6.1.7 Turbine by-pass system.....	28

6.1.8	Auxiliary steam .....	28
6.2	Limits of variation of parameters from rated conditions .....	28
6.2.1	General .....	28
6.2.2	Initial pressure .....	29
6.2.3	Initial and, where applicable, reheat temperature .....	29
6.2.4	Turbine exhaust pressure/temperature .....	31
6.2.5	Speed .....	32
6.3	Abnormal operation .....	32
6.3.1	Cases .....	32
6.3.2	Limitations from abnormal turbine operation .....	32
6.3.3	Boundary conditions at abnormal turbine operation .....	32
6.4	Installation conditions .....	33
6.4.1	Indoor/outdoor .....	33
6.4.2	Seismic condition .....	33
6.5	Maintenance .....	33
6.6	Operating instructions .....	33
7	Components .....	34
7.1	Materials, construction and design .....	34
7.2	Parts subject to high temperatures .....	34
7.2.1	Unstressed parts .....	34
7.2.2	Stressed parts .....	34
7.3	Casings and pedestals .....	34
7.4	Rotors .....	34
7.4.1	Balancing .....	34
7.4.2	Critical speeds .....	34
7.4.3	Overspeed .....	35
7.4.4	Short-circuit and other abnormal torque loads .....	35
7.4.5	Shaft train .....	35
7.5	Valves .....	36
7.6	Main bearings and housings .....	36
7.7	Cylinder and interstage glands .....	36
7.8	Thermal insulation .....	36
7.9	Welding .....	36
8	Foundations and buildings .....	37
9	Extractions, bleeds and exhausts .....	37
9.1	General .....	37
9.2	Requirements on steam parameters and volume flow .....	38
9.3	Design of steam outlets .....	38
9.4	Limits of supply .....	38
9.5	Boundary conditions for guarantees .....	39
9.6	Protection devices against backflow of water and steam .....	39
9.6.1	Water ingress from the feedwater heating system or other condensation systems .....	39
9.6.2	Preventing steam backflow to steam turbine to avoid overspeed .....	40
9.6.3	Unwanted steam from cold reheat system .....	40
10	Turbine auxiliary systems .....	41
10.1	General .....	41
10.2	Lubricating oil .....	41
10.3	Control fluid .....	42

10.4	Sealing system for rotor and valve glands	42
10.5	Drains	42
10.6	Vents	42
10.7	Turning gear	43
10.8	Piping	43
11	Automation	43
11.1	General	43
11.2	General requirements in relation to the steam turbine automation system	43
11.2.1	Environmental conditions	43
11.2.2	Electromagnetic compatibility	44
11.2.3	Requirements as to hardware and software design	44
11.2.4	Tests of the steam turbine automation system	45
11.3	Turbine Control System (TCS)	46
11.3.1	General	46
11.3.2	Functional requirements as to governing system	46
11.3.3	Speed and load adjustments	47
11.3.4	Controller characteristics	47
11.3.5	Performance characteristics	47
11.3.6	Valve testing control	48
11.3.7	Facilities	48
11.3.8	Control functions for auxiliary systems	48
11.3.9	Monitoring functions and/or informative messages	49
11.4	Steam turbine protection	49
11.4.1	Functional requirements for protection	49
11.4.2	Requirements as to the design of the protection system	51
11.5	Instrumentation	52
11.5.1	General	52
11.5.2	Standard instruments	52
11.5.3	Turbine supervisory instrumentation (TSI)	52
11.5.4	Additional instruments	53
11.5.5	Test measuring points	53
12	Other devices for protection of the turbine and of interfacing systems	54
12.1	Low-pressure casing and condenser pressurization	54
12.2	Valve casing pressurization	54
13	Vibration	54
13.1	General	54
13.2	Vibration measured at the bearing housing	54
13.3	Vibration measured at the shaft	54
14	Noise	54
14.1	General	54
14.2	Noise emitted by the steam turbine	55
14.3	Noise level in the vicinity of the turbine unit	55
15	Tests	55
15.1	General	55
15.2	Testing of pressurized components	55
15.3	Performance tests	55
15.4	Test results and data	56
16	Delivery and installation	56

16.1	Transport to site and temporary protection .....	56
16.2	Erection and commissioning .....	56
17	Design information to be supplied by the purchaser .....	56
17.1	General.....	56
17.2	Characteristics of the turbine and its accessories.....	56
17.3	Steam and water conditions .....	57
17.4	Conditions for condensers and coolers (where this equipment is within the supplier's scope of supply).....	58
17.5	Information on regenerative feedwater heating.....	58
17.6	Applications: installation and mode of operation.....	59
17.7	Foundations .....	60
17.8	Terminal points .....	60
17.9	Delivery site conditions .....	60
17.10	Tests .....	61
17.11	Automation system .....	61
17.12	Documentation.....	61
17.13	Quality measures .....	61
17.14	Participation in risk assessment.....	61
18	Design information to be provided by the supplier.....	61
18.1	General.....	61
18.2	Piping .....	62
18.3	Thermal expansion .....	62
18.4	Information on regenerative feedwater heating.....	62
18.5	Pipe connections .....	62
18.6	Time schedule .....	62
18.7	Auxiliary media and electrical supply .....	62
18.8	Turbine foundations .....	62
18.9	Instrumentation and control.....	63
18.10	Heat emissions .....	63
Annex A (informative)	Welding of stationary components of steam turbines .....	64
A.1	General.....	64
A.2	Principles for design, qualification and execution of welding .....	64
A.3	Welding supervision, welding personnel.....	66
A.4	Testing .....	67
A.5	Documentation.....	67
Bibliography	.....	68
Figure 1	– Condensing steam turbine interfaces .....	14
Figure 2	– Extraction steam turbine interfaces .....	14
Figure 3	– Single shaft combined cycle with multi casing steam turbine interfaces .....	15
Table 1	– Permissible variations for rated pressure.....	29
Table 2	– Permissible temperature variations for rated temperature up to 566 °C .....	30
Table 3	– Permissible temperature variations for rated temperature higher than 566 °C up to 630 °C .....	31
Table 4	– Environment classes .....	43
Table 5	– Controller droop and dead band characteristics.....	47

Table 6 – Maximum load non-linearity and load stability.....	48
Table A.1 – Correlation between function and foreseeable risk potential and manufacturer's quality requirements according to ISO 3834 .....	65
Table A.2 – Correlation of structural integrity and quality levels .....	65
Table A.3 – Qualification of welding procedures (WPQR) for processes 111, 14, 12, 13, 15, 51 (electron beam welding), 52 (laser welding) .....	66

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**STEAM TURBINES –****Part 1: Specifications****FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60045-1 has been prepared by IEC technical committee 5: Steam turbines.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1991. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) Scope clarification and boundaries of applicability;
- b) general update to state-of-the-art technology;
- c) integration of product safety: Clause 5;
- d) integration of automation, incorporating the former annex on electronic governors: Clause 11;
- e) Informative Annex A on welding added.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
5/231/FDIS	5/232/RVD

Full information on the voting for the approval of this International Standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 60045 series, published under the general title *Steam turbines*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.



## INTRODUCTION

The first edition of IEC 60045 was issued in 1931. Subsequent revisions were made, the last being in 1991. In daily practice this document has added tremendous value throughout the years giving guidance in the tendering processes for steam turbines worldwide. Intensive development has resulted in new specific application requirements, the availability of more highly rated turbines, and tremendous advances in automation and control. The new revision of this document was consequently driven by the motivation to close the gap to available technology and a wish to provide a single standard valid for a wide range of industrial and utility steam turbine applications.

Specifically, in the beginning of the 21<sup>st</sup> century renewable energy sources are rapidly taking shares on the electricity market and steam turbines play an important role in the shift of energy systems:

- They are key components for new power plant concepts as for concentrated solar power (CSP), for geothermal power or in combined heat and power applications;
- They are requested to provide flexible thermal backup power generation with high efficiency (combined cycle) to compensate the increased volatility of the electrical grids;
- Higher steam parameters are technically viable and contribute to more efficient utilisation of energy sources and investments.

In the area of automation and controls the integration of relevant safety standards was necessary and a complete new Clause 5 is dedicated to this. Also, automation itself has formed its own Clause 11 integrating the former aspects of governing, controls, instrumentation and protection paving the way towards digitalization of power plants.

The overall structure of the document is intentionally kept close to the former revision to promote seamless application of the document.

Wherever practicable, this document takes into account the scope for applying to smaller turbines developments originally intended for larger machines, without implying that such applications would always be necessary or advantageous.

## STEAM TURBINES –

### Part 1: Specifications

#### 1 Scope

This part of IEC 60045 is applicable primarily to land-based horizontal steam turbines driving generators for electrical power services. Some of its provisions are relevant to turbines for other applications. Generator, gear box and other auxiliaries which are considered as a part of the system are also mentioned in this document. Detailed specifications for this equipment are not included in this document.

The purpose of this document is to make an intending purchaser aware of options and alternatives which it may wish to consider, and to enable it to state its technical requirements clearly to potential suppliers. Consequently, final technical requirements will be in accordance with an agreement between the purchaser and the supplier in the contract.

#### 2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60034-3, *Rotating electrical machines – Part 3: Specific requirements for synchronous generators driven by steam turbines or combustion gas turbines*

IEC 60079 (all parts), *Explosive atmospheres*

IEC 60204-1, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60953 (all parts), *Rules for steam turbine thermal acceptance tests*

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments*

IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61064, *Acceptance tests for steam turbine speed control systems*

ISO 1940, *Mechanical vibration – Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state*

ISO 7919-3, *Mechanical vibration – Evaluation of mechanical vibration by measurements on rotating shafts – Part 3: Coupled industrial machines*

ISO 10494, *Turbines and turbine sets – Measurement of emitted airborne noise – Engineering/survey method*

ISO 11342, *Mechanical vibration – Methods and criteria for the mechanical balancing of flexible rotors*

ISO 10816-3, *Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 3: Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15 000 r/min when measured in situ*

ISO 12100:2010, *Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction*

ISO 13850, *Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design*

ISO 20816-1, *Mechanical vibration – Measurement and evaluation of machine vibration – Part 1: General guidelines*

ISO 20816-2, *Mechanical vibration – Measurement and evaluation of machine vibration – Part 2: Land-based gas turbines, steam turbines and generators in excess of 40 MW, with fluid-film bearings and rated speeds of 1 500 r/min, 1 800 r/min, 3 000 r/min and 3 600 r/min*

ISO 21940-31, *Mechanical vibration – Rotor balancing – Part 31: Susceptibility and sensitivity of machines to unbalance*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	77
INTRODUCTION.....	79
1 Domaine d'application .....	80
2 Références normatives .....	80
3 Termes et définitions .....	81
3.1 Types de turbine .....	81
3.2 Méthodes d'admission de vapeur vive .....	83
3.3 Interfaces et conditions terminales .....	83
3.4 Vitesses .....	87
3.5 Puissances .....	87
3.6 Débit et consommation spécifique de vapeur .....	88
3.7 Consommation spécifique de chaleur .....	89
3.9 Régimes (ou modes) de fonctionnement .....	89
3.10 Méthodes de variation de charge .....	90
3.11 Durée de vie en service .....	91
3.12 Régulation et protection .....	91
4 Garanties.....	92
4.1 Généralités .....	92
4.2 Garanties de performances thermiques .....	92
4.2.1 Codes de performances .....	92
4.2.2 Rendement thermique de la centrale ou consommation spécifique de chaleur ou de vapeur .....	92
4.2.3 Puissance ou débit de vapeur .....	93
4.2.4 Puissance des auxiliaires de la centrale .....	93
4.2.5 Tables de vapeur .....	93
4.2.6 Tolérances .....	93
4.2.7 Vieillessement .....	93
5 Sécurité des produits .....	94
5.1 Généralités .....	94
5.2 Appréciation du risque .....	94
5.2.1 Généralités .....	94
5.2.2 Limites de l'appréciation .....	94
5.2.3 Définitions des phénomènes dangereux à prendre en considération .....	95
5.2.4 Identification des phénomènes dangereux .....	95
5.2.5 Estimation des risques.....	95
5.3 Réduction des risques .....	96
5.4 Description des interfaces.....	96
5.5 Documentation.....	97
6 Fonctionnement et entretien .....	97
6.1 Fonctionnement normal.....	97
6.1.1 Généralités .....	97
6.1.2 Catégories de démarrage .....	97
6.1.3 Spécification de collectif de charge.....	97
6.1.4 Temps de démarrage.....	98
6.1.5 Caractéristiques du générateur de vapeur .....	98
6.1.6 Fonctionnement en charge prévu.....	99

6.1.7	Système de contournement de la turbine .....	99
6.1.8	Vapeur auxiliaire.....	99
6.2	Limites de variation des paramètres par rapport aux conditions assignées.....	100
6.2.1	Généralités .....	100
6.2.2	Pression à l'admission .....	100
6.2.3	Température à l'admission et à la resurchauffe (selon le cas).....	101
6.2.4	Pression/température d'échappement de la turbine.....	103
6.2.5	Vitesse .....	104
6.3	Fonctionnement anormal.....	104
6.3.1	Cas.....	104
6.3.2	Limitations consécutives au fonctionnement anormal de la turbine .....	105
6.3.3	Conditions aux limites lors du fonctionnement anormal de la turbine.....	105
6.4	Conditions d'installation .....	105
6.4.1	En salle/à l'extérieur .....	105
6.4.2	Conditions sismiques.....	105
6.5	Entretien .....	105
6.6	Instructions d'exploitation.....	106
7	Composants .....	106
7.1	Matériaux, construction et conception .....	106
7.2	Parties soumises à des températures élevées.....	106
7.2.1	Parties sans contrainte .....	106
7.2.2	Parties sous contraintes .....	106
7.3	Enveloppes et paliers.....	106
7.4	Rotors.....	107
7.4.1	Équilibrage .....	107
7.4.2	Vitesses critiques .....	107
7.4.3	Survitesse .....	107
7.4.4	Court-circuit et autres couples anormaux.....	108
7.4.5	Ligne d'arbre .....	108
7.5	Vannes .....	108
7.6	Coussinets principaux et paliers.....	108
7.7	Étanchéité des cylindres et entre étages.....	109
7.8	Calorifugeage .....	109
7.9	Soudage .....	109
8	Massifs et bâtiments.....	109
9	Soutirages, purges et échappements .....	110
9.1	Généralités .....	110
9.2	Exigences relatives aux paramètres et au débit volumique de la vapeur .....	111
9.3	Conception des orifices de sortie de vapeur.....	111
9.4	Limites de fourniture .....	111
9.5	Conditions aux limites pour les garanties .....	112
9.6	Dispositifs de protection contre le refoulement d'eau et de vapeur .....	112
9.6.1	Retour d'eau provenant du poste de réchauffage de l'eau d'alimentation ou d'autres systèmes de condensation .....	112
9.6.2	Prévention du refoulement de la vapeur vers la turbine à vapeur pour éviter la survitesse.....	113
9.6.3	Vapeur non souhaitée depuis le système avant surchauffe .....	114
10	Systèmes auxiliaires de la turbine .....	114
10.1	Généralités .....	114

10.2	Huile de graissage .....	114
10.3	Fluide de régulation .....	115
10.4	Système d'étanchéité pour le rotor et les vannes .....	115
10.5	Purges .....	116
10.6	Événements .....	116
10.7	Vireur.....	116
10.8	Tuyauteries.....	116
11	Automatisation.....	117
11.1	Généralités .....	117
11.2	Exigences générales relatives au système d'automatisation d'une turbine à vapeur .....	117
11.2.1	Conditions d'environnement.....	117
11.2.2	Compatibilité électromagnétique .....	117
11.2.3	Exigences relatives à la conception du matériel et du logiciel .....	118
11.2.4	Essais relatifs au système d'automatisation d'une turbine à vapeur .....	119
11.3	Système de commande-contrôle de la turbine (TCS).....	120
11.3.1	Généralités .....	120
11.3.2	Exigences fonctionnelles relatives au système de régulation .....	120
11.3.3	Ajustement de la vitesse et de la charge.....	121
11.3.4	Caractéristiques du régulateur.....	121
11.3.5	Caractéristiques de performance .....	122
11.3.6	Essai des vannes .....	122
11.3.7	Installations .....	122
11.3.8	Fonctions de commande pour les systèmes auxiliaires .....	123
11.3.9	Fonctions de surveillance et messages d'information.....	123
11.4	Protection de la turbine à vapeur .....	124
11.4.1	Exigences fonctionnelles pour la protection .....	124
11.4.2	Exigences relatives à la conception du système de protection .....	126
11.5	Instrumentation.....	126
11.5.1	Généralités.....	126
11.5.2	Instrumentation standard .....	127
11.5.3	Instrumentation de surveillance de la turbine .....	127
11.5.4	Instrumentation additionnelle .....	128
11.5.5	Points de mesure d'essais .....	128
12	Autres dispositifs de protection de la turbine et des systèmes d'interface .....	128
12.1	Suppression du condenseur et des corps basse pression .....	128
12.2	Suppression des corps de vannes .....	129
13	Vibrations .....	129
13.1	Généralités .....	129
13.2	Vibrations mesurées sur les paliers.....	129
13.3	Vibrations mesurées sur l'arbre.....	129
14	Bruit .....	129
14.1	Généralités .....	129
14.2	Bruit émis par la turbine à vapeur .....	129
14.3	Niveau de bruit au voisinage du groupe turbine.....	130
15	Essais .....	130
15.1	Généralités .....	130
15.2	Essais relatifs aux composants sous pression.....	130

15.3	Essais de performances .....	130
15.4	Résultats d'essais et données .....	131
16	Livraison et installation .....	131
16.1	Transport sur le site et protection temporaire .....	131
16.2	Montage et mise en service .....	131
17	Informations de conception à fournir par l'acheteur.....	131
17.1	Généralités .....	131
17.2	Caractéristiques de la turbine et de ses auxiliaires.....	131
17.3	Conditions de vapeur et d'eau.....	132
17.4	Conditions pour les condenseurs et les refroidisseurs (si ces équipements tombent sous la responsabilité du fournisseur) .....	133
17.5	Informations sur le réchauffage de l'eau d'alimentation .....	133
17.6	Applications: installation et mode de fonctionnement .....	135
17.7	Massif.....	136
17.8	Points en limite de fourniture .....	136
17.9	Conditions de livraison sur le site.....	136
17.10	Essais.....	136
17.11	Système d'automatisation .....	136
17.12	Documentation.....	136
17.13	Dispositions relatives à la qualité.....	137
17.14	Participation à l'appréciation du risque.....	137
18	Informations de conception devant être fournies par le fournisseur.....	137
18.1	Généralités .....	137
18.2	Tuyauteries.....	137
18.3	Dilatation thermique.....	137
18.4	Informations sur le réchauffage de l'eau d'alimentation .....	137
18.5	Raccordements de tuyauteries.....	138
18.6	Calendrier.....	138
18.7	Fluides auxiliaires et alimentation électrique .....	138
18.8	Massif de la turbine.....	138
18.9	Instrumentation et contrôle (I&C) .....	138
18.10	Émissions de chaleur.....	139
Annexe A (informative)	Soudage des composants fixes des turbines à vapeur.....	140
A.1	Généralités .....	140
A.2	Principes de conception, de qualification et d'exécution du soudage.....	140
A.3	Supervision en soudage, personnel en soudage .....	142
A.4	Essais.....	143
A.5	Documentation.....	143
Bibliographie.....		144
Figure 1	– Interfaces de turbine à condensation de vapeur .....	84
Figure 2	– Interfaces de turbine à soutirage de vapeur .....	85
Figure 3	– Cycle combiné à un arbre avec interfaces de turbine à vapeur à plusieurs enveloppes .....	85
Tableau 1	– Variations admissibles de la pression assignée .....	101
Tableau 2	– Variations admissibles de la température pour une température assignée jusqu'à 566 °C .....	102

Tableau 3 – Variations admissibles de la température pour une température assignée supérieure à 566 °C et jusqu'à 630 °C .....	103
Tableau 4 – Classes d'environnement.....	117
Tableau 5 – Caractéristiques de statisme et d'insensibilité du régulateur .....	121
Tableau 6 – Non-linéarité et stabilité.....	122
Tableau A.1 – Corrélation entre les fonctions avec leur potentiel de risque prévisible et les exigences de qualité des fabricants selon l'ISO 3834 .....	141
Tableau A.2 – Corrélation entre intégrité structurale et niveaux de qualité .....	141
Tableau A.3 – Qualification des modes opératoires de soudage (QMOS) pour le procédé 111, 14, 12, 13, 15, 51 (soudage par faisceau d'électrons), 52 (soudage laser).....	142



# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## TURBINES A VAPEUR –

### Partie 1: Spécifications

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de l'identification de ces droits de propriété en tout ou partie.

La Norme internationale IEC 60045-1 a été établie par le comité d'études 5 de l'IEC: Turbines à vapeur.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1991. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) clarification du domaine d'application et des limites d'applicabilité;
- b) mise à jour par rapport à l'état d'avancement de la technologie;
- c) intégration de la sécurité des produits: Article 5;

- d) intégration de l'automatisation, incorporant l'ancienne annexe sur les régulateurs électroniques: Article 11;
- e) ajout de l'Annexe A informative concernant le soudage.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
5/231/FDIS	5/232/RVD

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60045, publiées sous le titre général *Turbines à vapeur*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

## INTRODUCTION

La première édition de l'IEC 60045 a été publiée en 1931. Des révisions ultérieures ont eu lieu, la dernière datant de 1991. Dans la pratique courante, le présent document a apporté une valeur ajoutée considérable au fil des ans, donnant des recommandations pour les processus d'appel d'offres pour les turbines à vapeur à travers le monde. Des développements intenses ont abouti à la mise à disposition de turbines de plus grande puissance assignée, ainsi qu'à des avancées considérables dans l'automatisation et la régulation. La nouvelle révision de ce document était donc motivée par la volonté de combler l'écart avec la technologie disponible et le souhait d'élaborer une norme unique valable pour une vaste gamme d'applications industrielles et de service public mettant en œuvre les turbines à vapeur.

Plus précisément, en ce début de 21<sup>e</sup> siècle, les sources d'énergies renouvelables sont en train de ravir rapidement des parts du marché de l'électricité et les turbines à vapeur jouent un rôle important dans le changement de systèmes énergétiques:

- Ce sont des éléments essentiels pour les concepts de nouvelles centrales énergétiques tels que les centrales solaires thermiques à concentration (CSP), les centrales géothermiques ou les applications à chaleur et électricité combinées.
- Elles sont destinées à assurer la production d'énergie thermique d'appoint (cycle combiné) à haut rendement pour compenser la volatilité accrue des réseaux électriques.
- Elles permettent d'obtenir des paramètres de vapeur de haut niveau et techniquement viables, qui contribuent à une utilisation plus efficace des sources d'énergie et des installations.

Dans le domaine de l'automatisation et des commandes, l'intégration de normes de sécurité pertinentes s'est avérée nécessaire et un nouvel Article 5 entier lui a été dédié. De même, un nouvel Article 11 a été consacré à l'automatisation elle-même, intégrant les aspects antérieurs de régulations, de commandes, d'instrumentation et de moyens de protection ouvrant ainsi la voie vers la numérisation des centrales énergétiques.

La structure générale du document a été conservée intentionnellement proche de celle de la version antérieure afin de favoriser une application directe du document.

Partout où cela est possible, le présent document prend en compte l'extension au domaine des petites turbines, des développements initialement prévus pour des machines plus grosses, sans impliquer que de telles applications soient toujours nécessaires ou avantageuses.

## TURBINES A VAPEUR –

### Partie 1: Spécifications

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60045 est applicable en premier lieu aux turbines à vapeur horizontales pour applications terrestres entraînant des alternateurs de production d'énergie électrique. Certaines de ces dispositions sont applicables aux turbines pour d'autres usages. Les alternateurs, la transmission et les auxiliaires qui sont considérés comme des parties intégrantes du système sont également mentionnés dans le présent document. Le présent document ne fournit pas de spécifications détaillées concernant ces équipements.

Le but de ce document est de rendre un éventuel acheteur conscient des options et des variantes qu'il peut souhaiter envisager et de lui permettre d'exprimer clairement ses exigences techniques auprès des fournisseurs potentiels. Par conséquent, les exigences techniques finales seront conformes à un accord contractuel entre l'acheteur et le fournisseur.

#### 2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60034-3, *Machines électriques tournantes – Partie 3: Règles spécifiques pour les alternateurs synchrones entraînés par turbines à vapeur ou par turbines à gaz à combustion*

IEC 60079 (toutes les parties), *Atmosphères explosives*

IEC 60204-1, *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60953 (toutes les parties), *Règles pour les essais thermiques de réception des turbines à vapeur*

IEC 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*

IEC 61000-6-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements industriels*

IEC 61064, *Essais de réception des systèmes de régulation de vitesse des turbines à vapeur*

ISO 1940, *Vibrations mécaniques – Exigences en matière de qualité dans l'équilibrage des rotors rigides*

ISO 7919-3, *Vibrations mécaniques – Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les arbres tournants – Partie 3: Machines industrielles couplées*

ISO 10494, *Turbines et groupes de turbines — Mesurage du bruit aérien émis — Méthode d'expertise/de contrôle*

ISO 11342, *Vibrations mécaniques – Méthodes et critères pour l'équilibrage mécanique des rotors flexibles*

ISO 10816-3, *Vibrations mécaniques – Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les parties non tournantes – Partie 3: Machines industrielles de puissance nominale supérieure à 15 kW et de vitesse nominale de fonctionnement entre 120 r/min et 15 000 r/min, lorsqu'elles sont mesurées in situ*

ISO 12100:2010, *Sécurité des machines – Principes généraux de conception – Appréciation du risque et réduction du risque*

ISO 13850, *Sécurité des machines – Fonction d'arrêt d'urgence – Principes de conception*

ISO 20816-1, *Vibrations mécaniques – Mesurage et évaluation des vibrations de machines – Partie 1: Lignes directrices générales*

ISO 20816-2, *Vibrations mécaniques – Mesurage et évaluation des vibrations de machines – Partie 2: Turbines à gaz, turbines à vapeur et alternateurs à paliers à film fluide excédant 40 MW pour applications terrestres, avec des vitesses nominales de fonctionnement de 1 500 r/min, 1 800 r/min, 3 000 r/min et 3 600 r/min*

ISO 21940-31, *Vibrations mécaniques – Équilibrage des rotors – Partie 31: Susceptibilité et sensibilité des machines aux balourds*