

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA C. E. I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I. E. C. RECOMMENDATION

Publication 45

Deuxième édition — Second edition

1958

Recommandations concernant les turbines à vapeur

Première Partie: Spécification

Recommendations for steam turbines

Part I: Specification



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA C.E.I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I. E. C. RECOMMENDATION

Publication 45

Deuxième édition — Second edition

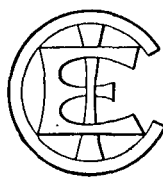
1958

Recommandations concernant les turbines à vapeur

Première Partie: Spécification

Recommendations for steam turbines

Part I: Specification



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Page
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Puissance nominale	6
3. Puissance économique	6
4. Caractéristiques de réglage	6
5. Réglage de la vitesse	6
6. Arrêt de sécurité	6
7. Vitesse maximum	8
8. Consommation de vapeur (ou de chaleur)	8
9. Limites de la température de l'huile de graissage	10
10. Huile de graissage	10
11. Fonctionnement en parallèle	10
12. Vibration et bruit	10
13. Vitesse critique	10
14. Tables de vapeur	10
15. Turbines avec réchauffage de l'eau d'alimentation par soutirage	10
16. Turbines avec resurchauffe	12
17. Essai hydraulique	12
18. Equipement normal	12
19. Instruments de contrôle	16
20. Vireur	16
21. Fonctionnement sans condensation	16
22. Fonctionnement avec perte de vide	16
23. Limites de variation par rapport aux valeurs nominales de la pression et de la température de vapeur	18
Annexe A — Renseignements à fournir avec toute demande de prix ou commande de turbines à vapeur	20
Annexe B — a) Normes préférentielles pour les grandes turbines à condensation à 3 600 tr/min	24
b) Normes préférentielles pour turbines à vapeur à condensation pour groupes turbo-alternateurs à 3 000 tr/min, sans alternateur auxiliaire directement accouplé	26
Annexe C — Autres types de turbines	30
Annexe D — Equipements types et instruments de contrôle	32

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Rating	7
3. Economical rating	7
4. Governing characteristics	7
5. Speed adjustment	7
6. Emergency trip	7
7. Maximum speed	9
8. Steam (or heat) rate	9
9. Limits of lubricating oil temperature	11
10. Lubricating oil	11
11. Parallel operation	11
12. Vibration and noise	11
13. Critical speed	11
14. Steam tables	11
15. Turbines with regenerative feed heating	11
16. Turbines with reheating	13
17. Hydraulic test	13
18. Standard equipment	13
19. Supervisory instruments	17
20. Turning or barring gear	17
21. Operating non-condensing	17
22. Operation with falling vacuum	17
23. Limitations of variation from rated steam pressures and temperatures	19
Appendix A — Information to be supplied with inquiry or order for steam turbines	21
Appendix B — (a) Preferred standards for large 3 600 rev/min condensing steam turbines	25
(b) Preferred standards for 3 000 rev/min condensing steam turbines for turbo-generator sets without direct coupled auxiliary generator	27
Appendix C — Other types of turbine	31
Appendix D — Typical equipment and supervisory instruments	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LES TURBINES A VAPEUR

Première Partie: SPÉCIFICATION

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C.E.I. en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la C.E.I. exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C.E.I. dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La première édition de la publication N° 45 de la C.E.I., Spécification relative aux turbines à vapeur, a été publiée en 1931. Depuis lors, la technique des turbines à vapeur a fait de grands progrès dans trois directions principales, à savoir l'accroissement de la puissance unitaire, de la pression et de la température de vapeur. Pour tenir compte de cette évolution, le Comité d'Etudes N° 5 a procédé à la révision de la publication N° 45 au cours de ses réunions de Londres (1950), Philadelphie (1954) et Munich (1956). Dans le cadre de cette révision de nombreux points ont été éclaircis ou développés, des explications ont été fournies au sujet du matériel utilisé pour obtenir un degré de sécurité plus élevé et des limites de variation de pression et de température valables pour les installations modernes ont été prescrites; du point de vue économique, les tableaux de normes préférentielles, comprenant une gamme étendue de puissances nominales avec spécification des caractéristiques de vapeurs, présentent un très grand intérêt.

Le projet de texte fut soumis aux Comités nationaux en mars 1955 pour approbation suivant la Règle des Six Mois.

A la suite de la réunion de Munich, un projet révisé du texte de la Section b) de l'Annexe B, Normes préférentielles pour turbines à vapeur à condensation pour groupes turbo-alternateurs à 3 000 tr/min, sans alternateur auxiliaire directement accouplé, fut soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Procédure des Deux Mois.

Lors du vote, les pays suivants se sont prononcés expressément en faveur de la publication des présentes recommandations:

Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Autriche	Royaume-Uni
Belgique	Suède
Danemark	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
Finlande	Union des Républiques Socialistes
France	Soviétiques
Hongrie	Union Sud-Africaine
Italie	Yougoslavie

Le souhait est exprimé que, dans sa forme révisée, cette Spécification pourra rendre service à l'industrie des turbines à vapeur dans le monde entier.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RECOMMENDATIONS FOR STEAM TURBINES

Part I: SPECIFICATION

FOREWORD

- (1) The formal decisions or agreements of the I.E.C. on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- (2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- (3) In order to promote this international unification, the I.E.C. expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I.E.C. recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- (4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

The first edition of I.E.C. Publication No. 45, Specification for Steam Turbines, was issued in 1931. Since that time Steam Turbine practice has made great progress in three principal directions: higher unit output, higher steam pressure and higher steam temperature. To meet these new developments Technical Committee No. 5 revised Publication No. 45 at the meetings in London (1950), Philadelphia (1954) and Munich (1956). This revision clarified or amplified many items, explained modern equipment used to ensure greater safety, prescribed permissible limits for pressure and temperature variation in modern plants; from an economic point of view the tables of Preferred Standards, a series of ratings covering a wide range with specified steam characteristics, are of great importance.

The draft text was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in March, 1955.

After the Munich meeting, a revised Section (b) of Appendix B, Preferred standards for 3 000 rev/min condensing steam turbines for turbo-generator sets without auxiliary generator, was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure.

During the voting the following countries voted explicitly in favour of publication:—

Australia	Japan
Austria	Netherlands
Belgium	Sweden
Czechoslovakia	Switzerland
Denmark	Union of South Africa
Finland	United Kingdom
France	United States of America
Germany	Union of Soviet Socialist
Hungary	Republics
Italy	Yugoslavia

It is hoped that the revised Specification will benefit the Steam Turbine industry all over the world.

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LES TURBINES A VAPEUR

Première Partie: SPÉCIFICATION

1. Domaine d'application

La présente spécification concerne les turbines à vapeur à condensation qui équipent les centrales électriques. Certaines de ces dispositions peuvent s'appliquer à des turbines à vapeur destinées à un autre usage, dans la mesure où elles conviennent.

2. Puissance nominale

La puissance nominale d'une turbine à vapeur s'exprime par la puissance maximum continue garantie aux bornes de l'alternateur, déduction faite de la puissance absorbée par l'excitation, la ventilation, la lubrification et les auxiliaires à hydrogène, si ces auxiliaires sont fournis séparément, lorsque cette turbine fonctionne dans les conditions spécifiées en ce qui concerne la vitesse, la pression et la température d'admission de vapeur, le réchauffage de l'eau d'alimentation, la pression d'échappement et éventuellement la resurchauffe. Dans certains cas, la puissance nominale peut être garantie à l'accouplement.

Lorsque la turbine et son condenseur font l'objet d'un même contrat, le débit disponible et la température de l'eau de refroidissement doivent être spécifiés.

Nota. — Pour les « normes préférentielles » recommandées, voir annexe B.

3. Puissance économique

La puissance la plus économique d'une turbine peut être fixée à tout pourcentage convenu de sa puissance nominale. On donne fréquemment la préférence à une puissance économique égale à 100 % de la puissance nominale, mais tout autre pourcentage peut être spécifié.

Nota. — Chaque Comité national peut faire figurer dans ses propres règles nationales le pourcentage du régime adopté dans son pays.

4. Caractéristiques de réglage

La variation permanente de vitesse entre la « marche à vide » et la « pleine charge » ne doit être ni inférieure à 3 %, ni supérieure à 5 % de la vitesse nominale.

Si, la turbine fonctionnant dans les conditions de vapeur nominales et à sa vitesse nominale, la charge nominale vient à être supprimée, la variation maximum de la vitesse ne doit pas être suffisante pour provoquer le fonctionnement du régulateur de sécurité.

5. Réglage de la vitesse

La vitesse à vide de la turbine doit être réglable dans les limites de 6 % au-dessus et au-dessous de la vitesse nominale.

Une turbine entraînant un alternateur ne doit pas être appelée à fonctionner continuellement au-dessous de 97 % ou au-dessus de 103 % de sa vitesse nominale.

6. Arrêt de sécurité

L'admission de la vapeur doit pouvoir être fermée automatiquement dans les éventualités suivantes:

- A. Excès de $10 (\pm 1) \%$ au-dessus de la vitesse nominale. Lorsque le régulateur de sécurité entre en action, la vitesse maximum atteinte ne doit pas dépasser la limite de sécurité pour la turbine

RECOMMENDATIONS FOR STEAM TURBINES

Part I: SPECIFICATION

1. Scope

This specification applies to condensing steam turbines for electric power station service. Certain of its provisions can apply to steam turbines for other services in so far as they are suitable.

2. Rating

The rating of a steam turbine shall be its guaranteed maximum continuous output at the generator terminals, after deducting the power for excitation, ventilation, lubrication and hydrogen auxiliaries where separately supplied, and when operating at the specified conditions as regards speed, steam inlet pressure and temperature, feed water heating, exhaust pressure and reheating if employed. The rating at the coupling may be guaranteed in certain cases.

When the turbine and its condenser are to be included in a single contract, the available cooling water flow and the cooling water temperature shall be specified.

Note. — For recommended “Preferred Standards”, see Appendix B.

3. Economical rating

The most economical output of a turbine may be at any agreed percentage of its rating. Preference is frequently given for most economical output at 100 per cent of rating but any other percentage may be specified.

Note. — Individual National Committees may include in their national specifications that percentage of rating that is accepted in their country.

4. Governing characteristics

The permanent speed variation from “no load” to “full load” shall be not less than 3 per cent nor exceed 5 per cent of the rated speed.

When operating with rated steam conditions and at the rated speed, and the rated load is thrown off, the maximum variation in speed shall not be sufficient to bring the emergency governor into operation.

5. Speed adjustment

The speed of the turbine at no load shall be adjustable within 6 per cent above and below the rated speed.

A turbine for generator drive shall not be required to operate continuously at below 97 per cent or above 103 per cent of the rated speed.

6. Emergency trip

The admission of steam shall be shut off automatically in the following eventuality:

- A. An excess of 10 ($\pm$ 1) per cent above rated speed. When the emergency governor acts, the maximum speed shall not exceed a safe limit for the turbine or the driven unit. The emergency

ou l'alternateur entraîné. Le régulateur de sécurité doit pouvoir être réarmé lorsque la vitesse de la turbine a décru jusqu'au voisinage de la vitesse nominale.

B. Dans des cas spécifiés, la fermeture automatique de l'admission de vapeur peut être demandée dans les éventualités suivantes:

- a) Accroissement de la pression d'échappement au-dessus d'une certaine limite.
- b) Diminution de la pression de l'huile de graissage au-dessous d'une certaine limite.
- c) Usure excessive, et/ou échauffement excessif, et/ou avarie des paliers de butée.

Dans le cas des éventualités a), b) ou c), l'alternateur doit être séparé automatiquement du réseau pour éviter que la turbine ne soit entraînée par l'alternateur fonctionnant en moteur. Cette séparation doit être évitée avant la fermeture de l'admission de vapeur.

7. Vitesse maximum

Il ne devra pas être imposé à la turbine de supporter une survitesse d'essai supérieure de plus de 15% à la vitesse nominale, et la durée d'application de cette survitesse ne devra pas dépasser 5 minutes.

Si cet essai de survitesse est exigé, il doit être effectué de préférence dans les ateliers du constructeur, et il ne doit pas être exécuté plus d'une fois.

8. Consommation de vapeur (ou de chaleur)

- a) La consommation de vapeur (ou de chaleur) par kilowatt-heure dans les conditions spécifiées peut être demandée et indiquée soit pour toute charge spécifiée, soit pour une série de charges. La garantie de consommation de vapeur (ou de chaleur) doit être limitée à une ou plusieurs charges spécifiées, ou bien à la consommation pondérée de vapeur (ou de chaleur) pour une série de charges. Dans ce dernier cas, la consommation pondérée de vapeur (ou de chaleur) doit être calculée d'après la formule suivante:

$$\text{Consommation pondérée de vapeur (ou de chaleur)} = \frac{a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}$$

en désignant par:

a_1, a_2, a_3, a_4 = les multiplicateurs convenus ou coefficients de pondération pour 100%, 80%, 60% et 40% de la puissance nominale ou pour d'autres pourcentages choisis, non inférieurs à 40%.

x_1, x_2, x_3, x_4 = les consommations de vapeur (ou de chaleur) par kilowatt-heure pour les pourcentages convenus de la puissance nominale.

Lorsque les garanties sont exprimées sous la forme d'une consommation de chaleur, la consommation de vapeur d'essai, corrigée pour tenir compte des écarts entre les conditions de l'essai et les conditions spécifiées, doit être convertie en consommation de chaleur et les valeurs ainsi obtenues doivent être considérées comme représentant la consommation de chaleur corrigée. Les coefficients de correction à appliquer à la consommation de vapeur pour tenir compte des écarts entre les conditions de service et les conditions spécifiées pour l'essai, devraient être incorporés au contrat. Si ces coefficients ne sont pas incorporés au contrat, ils peuvent être fixés par accord entre les parties, avant le commencement de l'essai de réception de l'installation.

- b) Lorsqu'une turbine est prévue pour être utilisée avec de la vapeur resurchauffée ou lorsqu'elle doit fournir de la vapeur pour le réchauffage de l'eau d'alimentation, la garantie de consommation de chaleur doit être indiquée dans les conditions de service correspondantes, y compris celles relatives à la resurchauffe ou à la fourniture de vapeur pour le réchauffage de l'eau d'alimentation.

governor shall be capable of being reset when the speed of the turbine has decreased to about rated speed.

B. In specified cases steam shall also be shut off automatically in the following eventualities:

- (a) Increase in exhaust pressure above a certain limit.
 - (b) Drop in pressure of the lubricating oil below a certain limit.
 - (c) Excessive wear and/or temperature rise and/or failure of thrust bearings.
- In the event of occurrences (a), (b) or (c) the generator shall be disconnected from the electrical system to prevent motoring of the turbine-generator unit. Disconnection from the electrical system before steam admission is shut off, must be avoided.

7. Maximum speed

The turbine shall not be called upon to withstand a higher test overspeed than 15 per cent above rated speed and the duration of such test shall not exceed 5 minutes.

If this maximum speed test is required, it shall preferably be performed in the turbine manufacturer's plant and it shall not be performed more than once.

8. Steam (or heat) rate

- (a) The steam (or heat) rate per kilowatthour under the specified conditions may be requested and furnished either for some specified load or for a series of loads. The steam (or heat) rate guarantee shall be confined to one or more specified loads or to the weighted steam (or heat) rate of the series of loads which shall be calculated from the following equation:

$$\text{Weighted steam (or heat) rate} = \frac{a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}$$

where

a_1, a_2, a_3 and a_4 = the agreed multipliers or weighting factors at 100 per cent, 80 per cent, 60 per cent and 40 per cent, or other selected percentages not lower than 40 per cent.

x_1, x_2, x_3 and x_4 = the steam (or heat) rate per kilowatthour at the agreed percentages of the rating.

When guarantees are given in terms of heat rate, the tested steam rate, corrected for variations of test conditions from specified conditions, shall be converted into heat rate and the figures so obtained shall represent the corrected heat rate.

Correction factors to be applied to the steam rate for variations in the operating conditions from the conditions specified for the test should be included in the contract. If not included in the contract, these correction factors should be agreed between manufacturer and purchaser prior to the commencement of the acceptance test of the turbine-generator plant.

- (b) When a turbine is to be designed to utilize reheated steam or to supply steam for feed heating purposes, the heat rate guarantee shall be given under the design conditions including those for reheat and/or steam supply for feed heating.

Lorsqu'il est prévu des tuyères ou des soupapes de by-pass commandées à main, les positions de ces soupapes aux différentes charges pour lesquelles les garanties sont prévues devront être spécifiées par le constructeur.

Les règles qui feront foi pour les essais de réception doivent être spécifiées.

Le débit maximum horaire de vapeur à l'admission doit être indiqué par le constructeur de la turbine, pour les conditions spécifiées de vapeur à l'admission.

Les présentes règles ne prévoient aucune tolérance. Si des tolérances sur les garanties de consommation de vapeur (ou de chaleur) sont demandées dans un but commercial, elles doivent être établies d'accord entre le constructeur et l'acheteur et incorporées au contrat.

9. Limites de la température de l'huile de graissage

La température moyenne de l'huile de graissage à la sortie d'un palier quelconque ne doit pas dépasser 71°C (160°F). La température maximum de l'eau de refroidissement à son arrivée doit être spécifiée par l'acheteur.

10. Huile de graissage

L'huile à employer pour le graissage doit être choisie par l'acheteur sur une liste d'huiles spéciales et/ou d'après la spécification des caractéristiques de l'huile fournie par le constructeur de la turbine.

11. Fonctionnement en parallèle

Les caractéristiques de la turbine doivent être telles que le groupe turbo-alternateur puisse fonctionner en parallèle avec d'autres machines existantes, à condition que ces autres machines elles-mêmes fonctionnent entre elles correctement en parallèle et qu'elles ne présentent pas de caractéristiques anormales, soit individuellement, soit dans leur ensemble.

12. Vibrations et bruit

Sous réserve que la centrale soit établie sur des fondations appropriées, les vibrations et le bruit ne doivent pas être plus élevés que ceux d'installations analogues de bonne conception et fabrication, fonctionnant dans des conditions semblables.

13. Vitesses critiques

Les vitesses critiques de l'ensemble de la turbine et de la machine entraînée doivent être suffisamment éloignées de la vitesse nominale pour éviter toute influence défavorable sur le fonctionnement régulier dans la gamme des vitesses spécifiées aux articles 5, 6 et 7.

14. Tables de vapeur

Le titre et l'édition des tables de vapeur utilisées pour les garanties et pour le calcul des résultats d'essais, et adoptées d'un commun accord par l'acheteur et le constructeur, doivent être mentionnées dans le contrat.

15. Turbines avec réchauffage de l'eau d'alimentation par soutirage

Lorsque des soutirages de vapeur sont prévus pour le réchauffage de l'eau d'alimentation et que les réchauffeurs ne sont pas fournis par le constructeur de la turbine, ce dernier doit spécifier à l'acheteur la pression et l'enthalpie de la vapeur en chaque point de soutirage de la turbine; l'acheteur doit garantir le bon fonctionnement du système de réchauffage de l'eau d'alimentation et doit fournir, avec ses spécifications, un bilan thermique d'après lequel les garanties de consommation de chaleur seront établies pour l'ensemble.

When any manually operated nozzle or by-pass valves are to be supplied, the turbine manufacturer shall specify the position of the valves under which the guarantees at the various loads have been made.

The Rules which shall govern the acceptance tests shall be specified.

The maximum steam flow per hour through the stop valve shall be furnished by the turbine manufacturer for the specified inlet steam conditions.

Tolerances are not within the scope of this specification. Should tolerances on the steam or heat rate guarantees be required for commercial purposes, they shall be the subject of agreement between the purchaser and the manufacturer and included in the contract.

9. Limits of lubricating oil temperature

The mean temperature of the oil as it leaves any bearing shall not exceed 71°C (160°F). The maximum temperature of the supply of cooling water to the oil cooler shall be specified by the purchaser.

10. Lubricating oil

The oil to be used shall be selected by the purchaser from a list of specific oils and/or specifications of oil characteristics, furnished by the turbine manufacturer.

11. Parallel operation

The characteristics of the turbine shall be such that the turbine-generator can be run in parallel with any existing machines provided the latter can run correctly in parallel with each other and possess no abnormal features, either individually or collectively.

12. Vibration and noise

Vibration and noise, provided the plant is installed on suitable foundations, shall not be greater than with similar plant of first class design and workmanship operating under similar conditions.

13. Critical speed

The critical speeds of the combined turbine and driven element shall be sufficiently removed from the rated speed to avoid any adverse effect on the smooth operation of the unit over the range of speeds specified in Clauses 5, 6 and 7.

14. Steam tables

The title and edition of steam tables to be used for the guarantees and for the computation of test results as agreed upon by the purchaser and the turbine manufacturer shall be stated in the contract.

15. Turbines with regenerative feed heating

When arranged for steam extraction for heating feed water and the heaters are not supplied by the turbine manufacturer, the turbine manufacturer shall specify to the purchaser the pressure and heat content of the steam at each extraction outlet of the turbine; the purchaser shall guarantee the performance of the feed water heating system and supply with his specifications a heat balance diagram from which the heat rate guarantees of the complete set shall be formulated.