

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 45

Troisième édition — Third edition

1970

Spécification des turbines à vapeur

Specification for steam turbines



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 45

Troisième édition — Third edition

1970

Spécification des turbines à vapeur

Specification for steam turbines



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

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Puissance nominale	6
3. Puissance économique	6
4. Puissance de pointe	6
5. Marche à vide et à charge minimale	8
6. Consommation de vapeur ou de chaleur garantie	8
7. Tables de vapeur	8
8. Caractéristiques de régulation	10
9. Fonctionnement en parallèle	10
10. Réglage de la vitesse	10
11. Arrêt en cas de survitesse	12
12. Dispositif d'arrêt	12
13. Vitesse maximale	12
14. Vibrations	12
15. Bruit	14
16. Vitesses critiques	14
17. Essai hydraulique	14
18. Pièces soumises à une température élevée	14
19. Limites de variation, par rapport aux valeurs nominales, de la pression et de la température de vapeur	14
20. Limites de la température de l'huile de graissage	16
21. Huile de graissage	16
22. Fonctionnement sans condensation	16
23. Equipement normal	18
24. Instruments de contrôle	20
25. Equipement de protection automatique	20
ANNEXE A — Renseignements à fournir avec toute demande de prix ou commande de turbines à vapeur	
ANNEXE B — Turbine avec réchauffage de l'eau d'alimentation par soutirage	24
ANNEXE C — Entraînement de la pompe d'alimentation de la chaudière	30
ANNEXE D — Caractéristiques préférentielles de la vapeur à l'admission	34
	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Rating	7
3. Economical load	7
4. Peak loading	7
5. No-load and minimum-load operation	9
6. Heat or steam rate guarantee	9
7. Steam tables	9
8. Governing characteristics	11
9. Parallel operation	11
10. Speed adjustment	11
11. Overspeed trip	13
12. Trip system	13
13. Maximum speed	13
14. Vibration	13
15. Noise	15
16. Critical speed	15
17. Hydraulic test	15
18. Parts subject to high temperature	15
19. Limitation of variation from rated steam pressure and temperature	15
20. Limits of lubricating oil temperature	17
21. Lubricating oil	17
22. Operating non-condensing	17
23. Standard equipment	19
24. Supervisory instruments	21
25. Automatic protective equipment	21
APPENDIX A — Information required in connection with enquiry or order for steam turbines	25
APPENDIX B — Turbine with regenerative feed heating	31
APPENDIX C — Boiler feed pump drives	35
APPENDIX D — Preferred steam inlet conditions	39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SPÉCIFICATION DES TURBINES A VAPEUR

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 5 de la C E I: Turbines à vapeur. Elle remplace la seconde édition, parue en 1958, de la Publication 45 de la C E I.

Suivant les discussions de la réunion tenue à Londres en 1968, un projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mai 1969.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Allemagne	Israël
Australie	Italie
Autriche	Pays-Bas
Belgique	Pologne
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
France	Turquie
Hongrie	Yougoslavie
Iran	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SPECIFICATION FOR STEAM TURBINES

FOREWORD

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

PREFACE

This Recommendation has been prepared by I E C Technical Committee No. 5, Steam Turbines.

It supersedes the second edition, issued in 1958, of I E C Publication 45.

Following the discussions of the meeting held in London in 1968, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1969.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Israel
Austria	Italy
Belgium	Netherlands
Canada	Poland
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Turkey
France	United Kingdom
Germany	United States of America
Hungary	Yugoslavia
Iran	

SPECIFICATION DES TURBINES A VAPEUR

1. Domaine d'application

La présente recommandation concerne principalement les turbines à vapeur à condensation à vitesse constante qui entraînent des alternateurs dans les centrales électriques. Certaines dispositions de cette recommandation s'appliquent à des turbines destinées à d'autres applications que l'entraînement d'alternateurs. La présente recommandation ne s'applique pas nécessairement, à tous égards, aux turbines entraînant de petits alternateurs.

2. Puissance nominale

a) Turbo-alternateur

La puissance nominale d'un turbo-alternateur est la puissance maximale continue garantie aux bornes de l'alternateur, déduction faite de la puissance absorbée pour l'excitation, la commande, la lubrification, le refroidissement et l'étanchéité de l'alternateur, lorsque celui-ci fonctionne dans les conditions (nominales) spécifiées en ce qui concerne la vitesse, la pression et la température de la vapeur ou la teneur en eau à l'admission, le réchauffage de l'eau d'alimentation, la pression d'échappement, les pressions et les températures d'entrée et de sortie de la resurchauffe et toutes autres caractéristiques correspondant aux limites de fourniture.

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

Si la turbine et l'alternateur sont fournis au titre de contrats distincts, la puissance nominale de la turbine sera exprimée en fonction de la puissance nominale de l'alternateur. La puissance de la turbine sera la puissance calculée à l'accouplement de l'alternateur, lorsque celui-ci fournit sa puissance nominale, compte tenu des pertes spécifiées de l'alternateur et de la consommation des auxiliaires appropriés.

b) Turbo-alternateur assurant l'entraînement de la pompe d'alimentation

Si la pompe d'alimentation de la chaudière (ou tout autre auxiliaire principal) est entraînée mécaniquement par le turbo-alternateur ou par une turbine alimentée par de la vapeur soutirée à la turbine principale, la puissance nécessaire pour entraîner la pompe ne sera pas comprise dans la puissance nominale définie en a), mais la puissance d'entraînement de la pompe sera évaluée séparément. Il sera décidé, d'un commun accord entre le constructeur et l'acheteur, si la puissance absorbée par la pompe doit intervenir dans le calcul de la consommation de vapeur ou de chaleur.

3. Puissance économique

Le pourcentage de la puissance nominale auquel on désire que la consommation spécifique de vapeur ou de chaleur soit minimale doit être fixé d'un commun accord.

4. Puissance de pointe

L'acheteur devra préciser dans sa demande de prix les conditions de puissance maximale à satisfaire dans des circonstances anormales ou temporaires, par exemple avec un ou plusieurs réchauffeurs d'alimentation hors service, absence d'eau d'appoint, vide anormal, etc.

SPECIFICATION FOR STEAM TURBINES

1. Scope

This Recommendation applies primarily to constant-speed condensing steam turbines driving generators for electric power services. Some of the provisions of this Recommendation are relevant to turbines for applications other than driving electric power generators. This Recommendation does not necessarily apply in all respects to turbines driving small electric generators.

2. Rating

a) *Turbine-generator*

The rated power output of a turbine-generator shall be its guaranteed maximum continuous output at the generator terminals, after deducting all electrical power used for excitation, control, lubrication, generator cooling and sealing, and when operated at the specified (rated) conditions, as regards speed, terminal steam pressure and temperature or moisture content, feed water heating, exhaust pressure; reheating, pass-in and pass-out pressures and temperatures and any other relevant terminal conditions.

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

In the event of the turbine and generator being supplied under separate contracts, the rated power output of the turbine shall be given in terms of the rated output of the generator. The turbine power shall be the calculated power input at the generator coupling when the generator is developing its rated output, taking due account of specified generator losses and power input of appropriate auxiliaries.

b) *Turbine-generator including feed pump drive*

If the boiler feed pump (or other major auxiliary) is driven mechanically from the turbine-generator, or by means of a turbine fed with steam bled from the main turbine, the power required to drive the feed pump shall not be included in the rated output as defined under a), but the power required by the feed pump should be evaluated separately. Whether or not the feed pump power is to be taken into account in computing the heat or steam rate shall be subject to agreement between manufacturer and purchaser.

3. Economical load

The percentage of the rated output at which the minimum heat or steam rate is desired shall be agreed upon.

4. Peak loading

The purchaser shall specify in his enquiry any requirements as to maximum output under abnormal and temporary conditions, e.g. with one or more feed heaters out of action, zero make-up, abnormal vacuum, etc.

5. Marche à vide et à charge minimale

La possibilité de marche à vide devra faire l'objet d'une discussion et d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Il est possible qu'en cas de suppression de la charge il soit nécessaire que la turbine puisse marcher à vide pendant une durée déterminée (de l'ordre de 15 min, par exemple). Dans ce cas, la turbine sera spécialement construite pour répondre à cette condition. On notera cependant qu'il s'agit là d'un cas accidentel ne devant pas donner lieu à un essai périodique.

La charge minimale à laquelle la turbine devra fonctionner de façon continue sera spécifiée par l'acheteur.

6. Consommation de vapeur ou de chaleur garantie

La consommation de vapeur ou de chaleur garantie sera définie conformément aux dispositions de la Publication 46 de la C E I: Recommandations concernant les turbines à vapeur, Deuxième partie: Règles pour les essais de réception, et pourra être appliquée à une ou plusieurs charges particulières. Les tolérances admissibles ne font pas partie de la présente recommandation. Lorsque la garantie est donnée sous la forme d'une moyenne pondérée pour une série de puissances, la formule de calcul doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le constructeur, et elle sera mentionnée dans le contrat.

Lorsque la pompe d'alimentation est installée sur le circuit d'alimentation entre deux réchauffeurs, le constructeur devra, si l'élévation de la pression à travers la pompe et le rendement de celle-ci n'ont pas été spécifiés par l'acheteur, indiquer dans son offre et dans le contrat les valeurs supposées sur lesquelles reposent ses garanties.

Le constructeur devra indiquer également les sources et les débits de chaleur reçue (par exemple chaleur reçue des condenseurs d'éjecteurs d'air à vapeur) ou perdue (par exemple par le refroidissement des canalisations) qui sortent du cadre de ses responsabilités mais dont il a été tenu compte dans la préparation de ses garanties et dont les variations peuvent exiger l'application d'un coefficient de correction au résultat d'essai.

Lorsqu'il existe des réchauffeurs d'eau d'alimentation, et/ou lorsqu'une turbine auxiliaire doit être incorporée au système de la turbine principale et du circuit de réchauffage de l'eau d'alimentation, l'acheteur et le fabricant adopteront d'un commun accord un schéma thermique pour l'ensemble du cycle permettant d'établir la garantie de consommation de chaleur. Les éléments d'information indispensables en ce qui concerne les circuits de réchauffage de l'eau d'alimentation sont énumérés à l'annexe B et ceux qui concernent l'entraînement des pompes d'alimentation de chaudière, à l'annexe C.

Dans la comparaison des résultats d'essais avec les garanties, on corrigera la consommation de vapeur ou de chaleur mesurée pour tenir compte de toute différence entre les conditions d'essai et les conditions spécifiées.

Les essais et la correction des résultats seront, sauf spécification contraire, effectués conformément aux règles de la Publication 46 de la C E I. Si des tolérances doivent être indiquées pour la consommation de vapeur ou de chaleur garantie, celles-ci seront fixées d'un commun accord entre l'acheteur et le constructeur et elles seront mentionnées dans le contrat.

7. Tables de vapeur

Les tables de vapeur ou les formules utilisées pour les garanties et pour le calcul des résultats d'essais seront conformes aux prescriptions de la Conférence Internationale sur les Propriétés de la Vapeur (ICPS) et seront adoptées d'un commun accord par l'acheteur et le constructeur; elles devront être mentionnées dans le contrat.

5. No-load and minimum-load operation

Running at no-load shall be the subject of discussion and agreement between the manufacturer and the purchaser.

It may be that on loss of load, operation of the turbine at no-load during a specified period (of the order of, for example, 15 min) is required. In this case, the turbine shall be specially designed to meet this requirement. However, it should be noted that this is an emergency condition to which a turbine should not be subjected periodically for test purposes.

The minimum load at which the turbine is required to operate continuously shall be specified by the purchaser.

6. Heat or steam rate guarantee

The guaranteed heat or steam rate shall be defined in accordance with the provisions of IEC Publication 46, Recommendations for Steam Turbines, Part 2: Rules for Acceptance Tests, and may be applied to one or more specific loads. Tolerances are not within the scope of this Recommendation. When the guarantee is given in terms of a weighted mean covering a series of loads, the appropriate formulae shall be agreed upon between purchaser and manufacturer and incorporated in the contract.

Where the feed pump is installed in the feed train between two heaters, if the pressure rise across the pump and the pump efficiency have not been specified by the purchaser, the turbine manufacturer shall state in his tender and in the contract the assumed values on which his guarantees are based.

The manufacturer shall also state the sources and rates of heat flow received (e.g. from steam jet air ejector condensers) or rejected (e.g. by cooling of piping) that are outside his responsibility but have been taken into account in preparing his guarantees and variation of which may require the application of a correction to the test result.

Where there are regenerative feed heaters, and/or where an auxiliary turbine is to be incorporated in the main turbine and feed heating system, the purchaser and supplier shall agree on a diagram of the complete system to define the basis of the heat rate guarantee. The essential items of information required in connection with regenerative feed heating systems are listed in Appendix B and those required in connection with boiler feed pump drives in Appendix C.

For the checking of test results against guarantees, the heat or steam rate measured during the test shall be corrected to take account of any differences between the test conditions and those specified.

The tests and their corrections shall be made in accordance with the rules of IEC Publication 46, unless otherwise specified. Should tolerances on the heat or steam rate guarantee be required, they shall be the subject of agreement between the purchaser and the manufacturer and included in the contract.

7. Steam tables

The steam tables or formulation to be used for guarantee and the computation of test results shall conform to the requirements of the International Conference on the Properties of Steam (ICPS) and shall be agreed upon by the purchaser and the turbine manufacturer and stated in the contract.

8. Caractéristiques de régulation

Si la charge maximale vient à être supprimée alors que la turbine fonctionne dans les conditions de vapeur nominales et à sa vitesse nominale, le fonctionnement du régulateur devra empêcher une augmentation de vitesse qui déclenche l'arrêt de sécurité (voir l'article 11).

Sauf spécification contraire dans le contrat, les caractéristiques de régulation suivantes devront être respectées.

Le statisme, c'est-à-dire la variation permanente de vitesse entre la marche à vide et la puissance nominale, doit normalement être compris entre 3 % et 5 % de la vitesse nominale. En ce qui concerne les turbines à vapeur faisant partie de grands ensembles interconnectés ou à plusieurs vapeurs, il est préférable que le statisme soit réglable.

Le taux de variation minimal de la vitesse en fonction de la variation de puissance ne doit pas être inférieur à 0,4 fois le taux de variation moyen de la pleine charge à la marche à vide. Il n'y a pas de limite au taux de variation maximal de la vitesse en fonction de la variation de puissance dans la plage de 0 % à 10 % de la puissance nominale. Dans la plage de 90 % à 100 % de la puissance commandée par n'importe quelle vanne de réglage d'un groupe de tuyères, autre que la dernière tuyère, le taux de variation moyen de la vitesse ne devra pas dépasser trois fois le taux de variation moyen de la pleine puissance à la marche à vide. La stabilité dynamique du système de régulation devra être assurée.

La bande d'insensibilité du régulateur de vitesse, c'est-à-dire la variation totale de vitesse en régime permanent pour laquelle il n'y a pas de variation mesurable de position d'une vanne quelconque commandée par le régulateur, ne devra pas dépasser les valeurs suivantes:

Puissance nominale de la turbine MW	Zone d'insensibilité — pourcentage de la vitesse nominale
Jusqu'à 5,0	0,15
5,01 à 30	0,10
30,01 et au-dessus	0,06

9. 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.

10. Réglage de la vitesse

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

Des dispositifs doivent exister pour que l'on puisse augmenter de façon contrôlée la vitesse à vide de la turbine afin de pouvoir essayer le dispositif d'arrêt de survitesse, et des moyens doivent être prévus pour que ces dispositifs ne gênent pas le fonctionnement du régulateur en marche normale. Le dispositif destiné à augmenter la vitesse en marche à vide doit comprendre un limiteur pour éviter que la vitesse atteigne une valeur dangereuse.

Un turbo-alternateur ne doit pas être appelé à fonctionner continuellement au-dessous de 98 % ou au-dessus de 101 % de sa vitesse nominale.

Dans des conditions exceptionnelles d'urgence, la turbine doit pouvoir fonctionner au-dessous de 98 % de sa vitesse nominale. La durée de fonctionnement autorisée à de telles vitesses devra, après discussion, être convenue d'un commun accord entre le constructeur et l'acheteur.

8. Governing characteristics

When the machine is operating with rated steam conditions and at the rated speed, and the maximum load is thrown off, the operation of the speed governor shall prevent the speed rising to the value at which the overspeed trip is set to operate (see Clause 11).

Unless otherwise specified in the contract, the following governing characteristics shall apply.

The speed governor droop, i.e. permanent speed variation from no-load to rated power output, should normally be between 3% and 5% of the rated speed. For steam turbines operating within large interconnected systems and within mixed systems, the speed governor droop will preferably be adjustable.

The minimum rate of change of speed with change of load should not be less than 0.4 times the average rate of change from full-load to no-load. In the range 0% to 10% load, there is no limit on maximum rate of change of speed with change of load and over the range of 90% to 100% of the power controlled by any nozzle group governing valve, other than the last valve, the average rate of change shall not exceed three times the average rate of change from full-load to no-load. The dynamic stability of the governing system shall be ensured.

The dead band of the speed governing system, i.e. the total amount of change in steady state speed within which there is no resulting measurable change in the position of any valves controlled by the governor, should not exceed the following values:

Turbine rated output MW	Dead band percent of rated speed
Up to 5.0	0.15
5.01 to 30	0.10
30.01 and above	0.06

9. 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.

10. Speed adjustment

The turbine speed at no load shall be adjustable between 6% below and 6% above rated speed.

Means are to be provided whereby the speed of the turbine at no-load can be raised in a controlled manner for the purpose of testing the overspeed trip mechanism and provision made to ensure that such means do not interfere with the action of the speed governor in normal operation. The device to raise speed at no-load must incorporate limiting means to prevent it from reaching a dangerous speed.

A turbine-generator shall not be required to operate continuously at below 98% of rated speed or above 101% of rated speed.

During emergency conditions, the turbine may be operated at speeds below 98% of rated speed. The permissible duration of running at such speeds shall be the subject of discussion and agreement between manufacturer and purchaser.

11. Arrêt en cas de survitesse

Outre le régulateur de vitesse, la turbine et l'alternateur seront protégés contre toute survitesse excessive par un appareil commandé séparément qui déclenchera le dispositif d'arrêt (voir l'article 12). Si, en cas de suppression soudaine de la charge, le régulateur de vitesse ne répond pas à la condition du premier alinéa de l'article 8, l'arrêt de sécurité devra intervenir à une vitesse suffisamment basse pour limiter la survitesse maximale à une valeur non dangereuse, c'est-à-dire pour éviter toute avarie d'une pièce quelconque de la turbine ou des machines qu'elle entraîne (voir l'article 13). Les réglages d'arrêt de survitesse doivent être indiqués par le constructeur dans les instructions de fonctionnement. Le dispositif d'arrêt doit pouvoir être réarmé lorsque la vitesse de la turbine a déchu jusqu'à une vitesse non inférieure à sa vitesse nominale.

12. Dispositif d'arrêt

La turbine sera équipée d'un dispositif d'arrêt assurant la fermeture complète et rapide des vannes de vapeur, empêchant ainsi toute admission de vapeur dans la turbine indépendamment de la fermeture des soupapes de réglage haute pression et moyenne pression.

Afin d'éviter une réadmission soudaine de vapeur dans la turbine, le dispositif d'arrêt devra comporter un système de verrouillage interdisant son réarmement tant que l'admission de vapeur ne peut pas être uniquement contrôlée par les moyens normalement utilisés pour la mise en marche de la turbine.

13. Vitesse maximale

Un essai de survitesse sera effectué pour chaque rotor de turbine, de préférence dans les ateliers du constructeur. L'essai de survitesse sera effectué à une vitesse supérieure de 2 % à la survitesse maximale calculée qui se produirait si le régulateur de vitesse était défaillant et si la survitesse maximale n'était limitée que par l'action du dispositif d'arrêt de survitesse. L'essai de survitesse ne devra pas durer plus de 2 min et ne sera effectué qu'une seule fois.

Dans tous les cas, l'essai de survitesse ne devra pas être effectué à une vitesse supérieure de plus de 20 % à la vitesse nominale.

14. Vibrations

Les vibrations peuvent être mesurées sur les paliers ou sur l'arbre. La présente recommandation ne fixe pas de limites numériques à l'amplitude des vibrations mais le tableau suivant donne des valeurs correspondant à des turbines bien équilibrées, fonctionnant en régime permanent, aux vitesses indiquées. Il conviendra, dans l'examen de ces valeurs, de tenir compte du fait que les méthodes de mesure des vibrations sont toujours en cours de mise au point.

Vitesse de la turbine	tr/min	1 000	1 500	1 800	3 000	3 600	6 000 et au-delà
Amplitude des vibrations mesurées sur les paliers (de crête à crête)	microns	75	50	42	25	21	12
	inches	0,003	0,002	0,0017	0,001	0,0008	0,0005
Amplitude des vibrations mesurées sur l'arbre au voisinage du palier (de crête à crête)	microns	150	100	84	50	42	25
	inches	0,006	0,004	0,003	0,002	0,0017	0,001

Il est possible qu'une turbine continue à fonctionner de façon satisfaisante pour des valeurs supérieures à celles-ci. Les vibrations mesurées directement sur l'arbre sont susceptibles d'être beaucoup plus importantes que celles enregistrées sur l'enveloppe du palier, selon le régime nodal de l'arbre, la position axiale du détecteur, le type de palier et d'autres facteurs.

11. Overspeed trip

In addition to the speed governor, the turbine and generator shall be protected against excessive overspeed by a separately actuated overspeed device which operates the trip system (see Clause 12). In the event of sudden load rejection, should the speed governor fail to meet the requirement of the first paragraph of Clause 8, the overspeed trip shall operate at a speed which is sufficiently low to limit the maximum overspeed to a safe value, i.e. to prevent any damage to any part of the turbine or driven machinery (see Clause 13). The overspeed trip settings shall be stated by the manufacturer in the operating instructions. The overspeed trip mechanism shall be capable of being reset when the speed of the turbine has decreased to a speed not lower than the rated speed.

12. Trip system

The turbine shall be provided with a trip system for the complete and rapid closure of steam valves effectively preventing all steam admission to the turbine independently of the closure of HP and IP governing valves.

In order to avoid sudden re-admission of steam to the turbine, the trip system shall be fitted with interlocking devices so that trip re-setting cannot take place until steam admission can only be achieved under the control of the means normally employed for starting the turbine.

13. Maximum speed

An overspeed test of each turbine rotor shall be carried out, preferably at the manufacturer's works. The overspeed test shall be at a speed exceeding by 2% the maximum calculated overspeed that would occur if the speed governor failed and if the maximum overspeed was limited by the action of the overspeed trip device only. The duration of the overspeed test shall not exceed 2 min and it shall only be performed once.

In any case, the overspeed test shall not be in excess of 20% of rated speed.

14. Vibration

Vibration may be measured on the bearing housings or on the shaft. This Recommendation does not specify numerical limits for the magnitude of the vibration, but the following table quotes values which are obtainable by turbines in good balance running under steady state conditions at any specified operating speed. In considering these values, account should be taken of the fact that the techniques of measuring vibrations are in a continuing course of development.

Specified turbine speed	rev/min	1 000	1 500	1 800	3 000	3 600	6 000 and over
Peak-to-peak value of vibration measured on the bearing hous- ings	micrometres	75	50	42	25	21	12
	inches	0.003	0.002	0.0017	0.001	0.0008	0.0005
Peak-to-peak value of vibration measured on the shaft at or adjacent to the bearing	micrometres	150	100	84	50	42	25
	inches	0.006	0.004	0.003	0.002	0.0017	0.001

It is possible for a turbine to continue in satisfactory operation at values higher than these. Vibration measured directly on the shaft is liable to be considerably greater than that shown on the bearing housing, depending on the nodal pattern of the shaft, the axial position of the pick-up, the bearing design and other factors.

15. Bruit

Les niveaux de bruit devront être suffisamment bas pour ne pas porter atteinte à l'ouïe du personnel travaillant dans le voisinage de la machine ou endommager l'installation elle-même.

16. 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 dans le domaine de variation des vitesses spécifiées aux articles 10, 11 et 13.

17. Essai hydraulique

Afin de vérifier la bonne fabrication et la résistance des matériaux utilisés, toutes les pièces soumises en service à une pression de vapeur supérieure à la pression atmosphérique seront soumises à un essai hydraulique tel que la pression exercée soit au moins supérieure de 50 % à la pression maximale obtenue en service pour les conditions de vapeur spécifiées, sauf en ce qui concerne les pièces construites à partir de matériaux susceptibles d'être endommagés à une telle pression d'essai, qui devront, tout en ayant été correctement calculées pour les conditions de service, être soumises à une pression d'essai fixée d'un commun accord entre le constructeur et l'acheteur.

Les pièces dont l'encombrement rend l'essai hydraulique irréalisable en pratique seront soumises à un essai d'étanchéité et de résistance mécanique selon un procédé convenu d'un commun accord.

18. Pièces soumises à une température élevée

a) Pièces non contraintes

Les matériaux des pièces non soumises à des contraintes appréciables à leur température de fonctionnement seront choisis de manière à éviter toute réduction inacceptable de leurs propriétés par suite :

- de modifications internes de structure ou de constitution ; ou
- de réaction entre le matériau et son environnement.

b) Pièces contraintes

Les matériaux utilisés pour les pièces soumises à des contraintes devront répondre aux conditions indiquées en *a)* ci-dessus. En outre, ils seront choisis en fonction de données expérimentales qui confirment que, dans les conditions de contraintes, de température et de durée dans lesquelles les pièces seront utilisées, celles-ci ne seront pas l'objet de ruptures ou de déformations inacceptables.

19. Limites de variation, par rapport aux valeurs nominales, de la pression et de la température de vapeur

La turbine doit pouvoir admettre, par rapport aux conditions nominales, des variations dont les limites sont indiquées ci-dessous.

a) Pression

La pression moyenne à l'entrée de la turbine pour toute période de service de douze mois ne doit pas dépasser la pression nominale. Dans l'observation de cette moyenne, la pression ne doit pas dépasser 110 % de la pression nominale, bien qu'elle puisse monter momentanément à 120 % de la pression nominale, à condition que la durée totale de ces périodes de surpression ne dépasse pas 12 h pour toute période de service de douze mois.

Les soupapes de sûreté du resurchauffeur doivent être réglées de façon que la pression d'échappement de la turbine avant le resurchauffeur ne dépasse pas 120 % de la pression en ce point lorsque la machine fonctionne à la puissance nominale.

15. Noise

Noise levels should be kept low enough to avoid damage to the hearing of personnel working in the vicinity of the unit or damage to the plant itself.

16. Critical speed

The critical speeds for the combined turbine and driven element shall be sufficiently removed from the rated speed to avoid any adverse effect on the operation of the unit over the range of speeds specified in Clauses 10, 11 and 13.

17. Hydraulic test

As a check on the workmanship and the soundness of the materials, all parts subjected in service to a steam pressure above atmospheric pressure shall be tested hydraulically so that the pressure loading shall be at least 50% in excess of the maximum that can occur in service with specified steaming conditions, except that, in parts made of materials which might be damaged by such test pressure, although adequately designed for the working conditions, the test pressure shall be agreed between the manufacturer and the purchaser.

Components so large that hydraulic testing is impracticable shall be tested for leak tightness and mechanical soundness by an agreed procedure.

18. Parts subject to high temperature

a) Unstressed parts

The selection of material for parts not subject to appreciable stresses at their operating temperature shall be such as to avoid unacceptable deterioration of properties as a result of:

- internal structural or constitutional changes; or
- reaction between the material and its environment.

b) Stressed parts

The materials used for stressed parts shall fulfil the conditions stated under *a)* above. In addition, they should be selected on the basis of experimentally determined data that confirm that under the conditions of stress, temperature and time in which the components will be used, they will not fracture or deform to a greater extent than is permissible.

19. Limitation of variation from rated steam pressure and temperature

The turbine shall be capable of accepting variations from the rated conditions within the limits stated below.

a) Pressure

The average pressure at the turbine inlet over any twelve months of operation shall not exceed the rated pressure. In maintaining this average, the pressure shall not exceed 110% of the rated pressure, except that swings to 120% of the rated pressure shall be admissible, provided the aggregate duration of such swings over any twelve months of operation shall not exceed 12 h.

The reheater safety valves shall be set so that the turbine exhaust pressure before the reheater cannot exceed 120% of the pressure at this point when the machine is operating at rated power output.

b) Température

Pour les températures nominales de vapeur jusqu'à 565 °C (1 050 °F) inclus, les variations admissibles sont indiquées dans les alinéas qui suivent. Pour les températures supérieures à 565 °C (1 050 °F), les variations admissibles devront faire l'objet d'un accord spécial.

La température moyenne de la vapeur en tout point d'entrée de la turbine ne doit pas dépasser, pour toute période de service de douze mois, la température nominale. Dans l'observation de cette moyenne, la température ne doit normalement pas dépasser la température nominale de plus de 8,3 deg C (15 deg F). Si, exceptionnellement, la température dépasse la température nominale de plus de 8,3 deg C (15 deg F), la valeur instantanée de la température peut varier entre ce chiffre et 14 deg C (25 deg F) au-dessus de la température nominale, à condition que la durée totalisée des périodes de fonctionnement entre ces deux limites ne dépasse pas 400 h pour toute période de service de douze mois. Un fonctionnement entre 14 deg C (25 deg F) et 28 deg C (50 deg F) au-dessus de la température nominale est admissible, à condition que la durée totale des périodes de fonctionnement entre ces deux limites ne dépasse pas 80 h pour toute période de service de douze mois. En aucun cas, la température ne doit dépasser la température nominale de plus de 28 deg C (50 deg F).

Si de la vapeur doit être fournie à une limite de fourniture quelconque de la turbine par deux tuyauteries en parallèle ou davantage, la température de la vapeur dans l'une quelconque de ces tuyauteries ne doit pas différer de celle qui règne dans l'une des autres de plus de 17 deg C (30 deg F), sauf que, pendant des fluctuations d'une durée ne dépassant pas 15 min, on pourra admettre une différence de température ne dépassant pas 28 deg C (50 deg F). La température de la vapeur dans la tuyauterie la plus chaude ne dépassera pas les limites indiquées dans l'alinéa précédent.

Note. — Dans le cas des turbines fonctionnant en vapeur nominale saturée, les limites de la teneur en eau aux points d'entrée de la turbine seront indiquées.

Par période de service, aux alinéas *a)* et *b)*, on entend une période de marche effective.

20. 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).

En variante, la température admissible pour le métal des paliers peut être spécifiée.

La température maximale du fluide de refroidissement à son arrivée au refroidisseur d'huile doit être spécifiée par l'acheteur.

21. Huile de graissage

L'huile à employer pour le remplissage initial du circuit de graissage et pendant la période au cours de laquelle le constructeur est responsable de l'entretien de la turbine sera une huile agréée par le constructeur. Si le remplissage initial n'est pas effectué par le constructeur, l'accord de celui-ci devra être obtenu.

22. Fonctionnement sans condensation

Pour certaines utilisations spéciales, les turbines à condensation peuvent, à l'occasion, être appelées à fonctionner sans condensation ou avec condensation à une pression supérieure à la pression atmosphérique. Ces turbines doivent être spécialement conçues à cet effet et l'acheteur doit spécifier cette condition. Dans toutes les conditions de fonctionnement, les contraintes dans le condenseur et dans les tuyauteries doivent être maintenues dans des limites admissibles.

b) Temperature

For rated steam temperatures up to and including 565 °C (1 050 °F), the permissible variations are as stated in the succeeding paragraphs. For specified temperatures in excess of 565 °C (1 050 °F), the permissible variations should be the subject of special agreement.

The average steam temperature at any inlet to the turbine over any twelve months of operation shall not exceed the rated temperature. In maintaining this average, the temperature shall not normally exceed the rated temperature by more than 8.3 deg C (15 deg F). If, exceptionally, the temperature exceeds the rated temperature by more than 8.3 deg C (15 deg F), the instantaneous value of the temperature may vary between this figure and a value 14 deg C (25 deg F) in excess of the rated temperature, provided that the total operating time between these two limits does not exceed 400 h during any twelve months' operating period. Operation between limits of 14 deg C (25 deg F) and 28 deg C (50 deg F), in excess of the rated temperature, may be permitted, providing that the total operating time between these two limits does not exceed 80 h during any twelve months' operating period. In no case shall the temperature exceed the rated temperature by more than 28 deg C (50 deg F).

Should steam be supplied to any terminal point on the turbine through two or more parallel pipes, the steam temperature in any of these pipes should not differ from that in any other by more than 17 deg C (30 deg F), except that during fluctuations not exceeding 15 min in duration, a temperature difference not exceeding 28 deg C (50 deg F) shall be admissible. The steam temperature in the hottest pipe shall not exceed the limits given in the preceding paragraph.

Note. — For turbines operating with nominally saturated steam, limits should be given for the moisture content at the inlet points to the turbine.

By the period of operation, in paragraphs *a)* and *b)*, is meant the period the machine is connected to the load system.

20. Limits of lubricating oil temperature

The mean temperature of the oil as it leaves any bearing shall not exceed 71 °C (160 °F).

Alternatively, a permissible temperature for the bearing metal may be specified.

The maximum temperature of the supply of cooling fluid to the oil cooler shall be specified by the purchaser.

21. Lubricating oil

The oil used for the initial flushing of the lubrication system, and during the period when the manufacturer is responsible for the maintenance of the turbine, shall be approved by the manufacturer. When the initial flushing is not carried out by the manufacturer, it shall be approved by him.

22. Operating non-condensing

For certain special duties, condensing turbines may at times be required to work “ non-condensing ” or condensing at pressures approaching or even exceeding atmospheric pressure. Such turbines shall be specially designed for the purpose and this requirement shall be specified by the purchaser. Condenser and pipe forces must be maintained within allowable limits under all conditions of operation.

23. Equipement normal

Sauf convention contraire, l'équipement suivant est normalement fourni (en plusieurs exemplaires, si nécessaire) avec toutes les turbines répondant à la présente recommandation :

- 1) Plaque de base ou semelle ou chaises-paliers, complètes avec plaques et boulons de fondation.
- 2) Demi-accouplement complet, sauf s'il est fourni par un autre constructeur.
- 3) Vannes à haute pression et tuyauteries de raccordement internes, comprenant :
 - i) filtre de vapeur à cartouche amovible;
 - ii) vanne d'arrêt de sécurité commandée par le dispositif d'arrêt de survitesse et susceptible également d'être actionnée à la main *;
 - iii) vanne d'isolement de vapeur, si nécessaire *.
- 4) Soupapes de réglage d'admission et tuyauteries de raccordement internes commandées par le régulateur de vitesse et le mécanisme de réglage de la vitesse. De préférence, ces soupapes seront aussi commandées par le dispositif d'arrêt et susceptibles d'être actionnées à la main.
- 5) Le cas échéant, vannes de resurchauffe et tuyauteries de raccordement internes, comprenant :
 - i) filtre de vapeur à cartouche amovible;
 - ii) vanne de modération commandée par le dispositif d'arrêt et susceptible d'être actionnée à la main;
 - iii) vanne d'interception commandée par le régulateur de vitesse et conçue pour être commandée par le dispositif d'arrêt en cas de survitesse.
- 6) Système de réglage, de commande et de protection approprié aux conditions dans lesquelles la turbine doit fonctionner. Le liquide de commande ou tout autre fluide nécessaire au fonctionnement de ce circuit sera fourni. Si des dispositifs spéciaux sont demandés, tels qu'un dispositif limiteur de charge ou un dispositif de blocage du régulateur sensible à la fréquence ou des dispositifs permettant l'essai « en charge » du libre fonctionnement des soupapes d'admission de vapeur ou de l'arrêt par survitesse et autres dispositifs de protection, ceux-ci seront indiqués dans le cahier des charges.
- 7) Système de purge adéquat de tous les espaces contenant de la vapeur, à l'intérieur de la machine.
- 8) Equipement d'étanchéité, y compris les soupapes de réglage du fluide à l'entrée et à la sortie des joints d'étanchéité et, le cas échéant, condenseur de vapeur du circuit d'étanchéité et équipement approprié pour la commande automatique de la température et de la pression de vapeur aux joints d'étanchéité.
- 9) Circuit de graissage comprenant: réservoir d'huile principal (séparé ou combiné avec la plaque de base de la turbine), refroidisseurs d'huile, filtre d'huile, pompes à huile principale et auxiliaires, avec leurs dispositifs d'entraînement, clapets et équipement nécessaires au fonctionnement et toutes tuyauteries d'huile et d'eau faisant partie intégrante du circuit, à l'exception des tuyauteries de raccordement des refroidisseurs d'huile lorsque ceux-ci sont placés par l'acheteur à une certaine distance du réservoir.
- 10) Vireur, si nécessaire, pour réduire la distorsion thermique de l'arbre lorsque la turbine n'est pas entraînée sous l'action de la vapeur.
- 11) Isolation thermique avec les enveloppes de protection agréées.
- 12) Pour les turbines à condensation, moyens appropriés pour protéger l'enveloppe (par exemple, soupape automatique ou diaphragme de décharge).

* Les vannes ii) et iii) peuvent être combinées.

23. Standard equipment

Unless otherwise agreed, the following equipment shall be supplied (in multiple, where necessary) with all turbines built in accordance with this Recommendation:

- 1) Bedplate or soleplate or stools, complete with foundation bolts and plates.
- 2) Complete half-coupling, unless supplied by another manufacturer.
- 3) High-pressure steam valves and interconnecting piping within the unit, including:
 - i) steam strainer with removable element;
 - ii) emergency stop valve operated by overspeed trip mechanism and also capable of being tripped by hand *;
 - iii) isolating steam stop valve, if required *.
- 4) Steam inlet governing valves and interconnecting piping within the unit under the control of the speed governor and speed/load adjusting gear. Preferably, these valves shall also be operated by the overspeed trip mechanism and be capable of being tripped by hand.
- 5) When applicable, reheat steam valves and interconnecting piping within the unit, including:
 - i) steam strainer with removable element;
 - ii) reheat emergency stop valve operated by overspeed trip mechanism and also capable of being tripped by hand;
 - iii) intercept valve under the control of the speed governor and arranged to be operated by the overspeed trip mechanism.
- 6) Governing, control and protective system appropriate to the conditions under which the turbine will operate. This system shall be provided with the necessary control oil or other operating medium. Should there be any special requirements such as a load limit device or a frequency block load device or means for regular "on-load" testing of the freedom of operation of the steam admission valves and of overspeed and other protective devices, they shall be stated in the specification.
- 7) Adequate system of drainage from all steam spaces within the unit.
- 8) Gland sealing equipment, including valves for regulating fluid to or from the glands and, where appropriate, gland vapour condenser and equipment for the automatic control of gland steam temperature and pressure.
- 9) Lubrication system, comprising main oil tank (either separate or combined with the turbine bedplate), oil coolers, oil strainer, main and auxiliary oil pumps and means for driving them, valves and equipment necessary for adequate control, and oil and water piping forming an integral part of the system, except interconnecting piping to oil coolers when these coolers are located by the purchaser away from the tank.
- 10) Turning device, if necessary, to limit thermal distortion of the shaft when the turbine is not turning under steam.
- 11) Thermal insulation and agreed cladding for same.
- 12) For a condensing turbine, adequate means for protecting the low-pressure-turbine casing against over-pressure (such as an automatic valve or relief diaphragm).

* ii) and iii) may be combined.

- 13) Agrès spéciaux et outils spéciaux pour les travaux d'entretien normaux.
- 14) Jeu de plans pour l'installation et l'entretien, et manuel d'instructions sur le fonctionnement et l'entretien de la turbine.
- 15) Echelles d'accès, passerelles et mains-courantes ayant fait l'objet d'un accord commun.
- 16) Tachymètre.
- 17) Manomètres à chaque vanne d'arrêt d'admission, à l'échappement, ainsi qu'en tout point intermédiaire utile.
- 18) Manomètres sur l'alimentation des paliers et du circuit de commande.
- 19) Indicateur de niveau du réservoir d'huile.
- 20) Poches à thermomètres permettant de loger des dispositifs destinés à mesurer la température de la vapeur à chaque vanne d'arrêt, à l'échappement et en tout point intermédiaire utile, ainsi que pour mesurer la température à l'entrée et à la sortie du (des) refroidisseur(s) d'huile et la température de chaque palier principal.

24. Instruments de contrôle

Suivant la dimension de la turbine et les conditions dans lesquelles elle sera appelée à fonctionner, des instruments de contrôle peuvent être spécifiés par l'acheteur ou recommandés par le constructeur pour assurer l'efficacité et la sûreté de fonctionnement. A cette fin, des instruments permettant de mesurer certains des facteurs ci-dessous, ou leur totalité, peuvent être prévus.

- 1) Vitesse.
- 2) Puissance.
- 3) Levée des soupapes de réglage et des vannes d'arrêt de sécurité.
- 4) Pression du fluide de commande.
- 5) Température du métal des coussinets.
- 6) Température du métal du palier de butée.
- 7) Position axiale du collet de butée par rapport à son logement.
- 8) Différence de dilatation entre l'arbre et l'enveloppe en tout point critique.
- 9) Dilatation axiale de l'enveloppe à partir du point d'ancrage.
- 10) Excentricité de l'arbre.
- 11) Vibrations des supports de palier ou de l'arbre.
- 12) Températures appropriées de vapeur ou de métal, avec leurs différences, pour assurer, en particulier, la sécurité du fonctionnement lors de la mise en marche et dans des conditions transitoires.
- 13) Contacts pour annonceurs et alarmes, si nécessaire.

Des appareils d'enregistrement peuvent être fournis en plus ou en remplacement des indicateurs ci-dessus.

25. Equipement de protection automatique

Outre la protection assurée par le régulateur de vitesse et le dispositif d'arrêt de survitesse, la turbine sera protégée efficacement contre tout danger d'avarie résultant d'un écart excessif de tout facteur de fonctionnement par rapport à la normale. L'importance des moyens de protection automatique économiquement justifiables dépendra de la dimension de la turbine, et les conditions à respecter seront indiquées dans le contrat.

- 13) Special lifting tackle and special tools required for normal maintenance work.
- 14) Set of drawings for erection and maintenance, and manual containing instructions for operation and maintenance of the turbine.
- 15) Access ladders, galleries and hand rails as agreed.
- 16) Tachometer.
- 17) Pressure gauges at each inlet stop valve, at the exhaust, and at such intermediate points as are appropriate.
- 18) Pressure gauges on the supplies to the bearings and to the control system.
- 19) Level indicator on oil tank.
- 20) Thermometer pockets to accommodate means for measuring steam temperature at each stop valve, at the exhaust, and at such intermediate points as are appropriate, for measuring the oil temperature at inlet and outlet of the oil cooler(s) and the operating temperature of each main bearing.

24. Supervisory instruments

Depending on the size of the turbine and the conditions under which it will have to operate, supervisory instruments may be specified by the purchaser or recommended by the manufacturer as aids to reliable and efficient operation. To this end, instruments to measure any or all of the following variables may be provided.

- 1) Speed.
- 2) Load.
- 3) Emergency and control valve lift.
- 4) Control fluid pressure.
- 5) Journal bearing metal temperature.
- 6) Thrust pad metal temperature.
- 7) Axial position of thrust collar relative to its own housing.
- 8) Differential expansion between shaft and casing at any critical point.
- 9) Axial expansion of casing from anchor point.
- 10) Shaft eccentricity.
- 11) Bearing pedestal or shaft vibration.
- 12) Appropriate steam and metal temperatures and their differentials, especially with a view to ensuring safety during starting operations and under transient conditions.
- 13) Contacts for annunciators and alarms, as required.

Recording equipment may be provided in addition to, or in place of, indicators for these readings.

25. Automatic protective equipment

In addition to the protection provided by the speed governor and overspeed trip mechanism, the turbine shall be adequately protected against any danger of damage arising from excessive deviation of any operating condition from normal. The scope of automatic protection that is economically justifiable will depend on the size of the turbine and the conditions to be provided for shall be stated in the contract.

On peut citer parmi les dispositifs à envisager:

- 1) En cas de chute de la pression d'admission de la vapeur au-dessous d'une valeur fixée à l'avance, un dispositif destiné, par exemple, à fermer les soupapes de réglage graduellement si la pression continue à baisser et à arrêter la turbine si la pression descend au-dessous d'une seconde valeur fixée à l'avance.
- 2) En cas de chute de la température d'admission de la vapeur au-dessous d'une valeur fixée à l'avance, un dispositif destiné, par exemple, à fermer les soupapes de réglage graduellement si la température continue à baisser et à arrêter la turbine si la température descend au-dessous d'une seconde valeur fixée à l'avance. Cela est particulièrement important pour les générateurs de vapeur à circulation forcée en circuit ouvert.
- 3) En cas de chute du vide au-dessous d'une valeur fixée à l'avance, un dispositif destiné, par exemple, à fermer les soupapes de réglage graduellement si le vide continue à baisser et à arrêter la turbine si le vide tombe au-dessous d'une seconde valeur fixée à l'avance.
- 4) Clapets de décharge, ou dispositif équivalent, pour éviter une pression excessive en un point de soutirage contrôlé quelconque.
- 5) Clapets de retenue pour éviter l'entrée dans la turbine d'un contre-courant de vapeur provenant des réchauffeurs d'eau d'alimentation ou de tout autre équipement pour lequel de la vapeur est soutirée à la turbine.
- 6) Dispositif arrêtant la turbine dans le cas où la pression de l'huile de graissage baisserait, d'une valeur déterminée à l'avance, au-dessous de la pression normale.

Among the items to be considered are the following:

- 1) In the event of the inlet steam pressure falling below a predetermined figure, a device, for instance, to close the governing valves gradually with further fall of pressure and to trip the turbine should the pressure fall to a second predetermined figure.
- 2) In the event of the inlet steam temperature falling below a predetermined figure, a device, for instance, to close the governing valves gradually with further fall of temperature and to trip the turbine should the temperature fall to a second predetermined figure. This is especially important for once-through boilers.
- 3) In the event of the vacuum falling below a predetermined figure, a device, for instance, to close the governing valves gradually with further fall of vacuum and to trip the turbine should the vacuum fall to a second predetermined figure.
- 4) Relief valves, or equivalent, to prevent excess pressure at any controlled extraction point.
- 5) Non-return valves to prevent back flow into the turbine of steam from feedwater heaters or other equipment for which steam is extracted from the turbine.
- 6) A device to trip the turbine in the event of the lubricating oil pressure falling by a predetermined amount below normal.

ANNEXE A

RENSEIGNEMENTS A FOURNIR AVEC TOUTE DEMANDE DE PRIX OU COMMANDE DE TURBINES A VAPEUR

Les renseignements suivants doivent, dans presque tous les cas, être fournis par l'acheteur. Certains d'entre eux cependant, par exemple paragraphes 1d) et 2f), peuvent être fournis par le constructeur ou déterminés d'un commun accord entre l'acheteur et le constructeur.

1. Caractéristiques physiques de la turbine et de ses accessoires

- a) Puissance en mégawatts ou en kilowatts aux bornes de l'alternateur ou à l'accouplement de la turbine.
- b) Facteurs de pondération, si nécessaire, conformément aux dispositions du premier alinéa de l'article 6.
- c) Pourcentage de la puissance nominale pour lequel la consommation de vapeur ou de chaleur par kilowattheure doit être minimale.
- d) Vitesse, en tours par minute.
- e) Sens de rotation (en regardant la turbine dans la direction de la machine entraînée) si le constructeur de la turbine ne fournit pas la machine entraînée.
- f) Liste des pièces de rechange désirées.
- g) Limitations d'encombrement, comprenant la longueur hors-tout, hauteur libre au-dessus des fondations, capacité du pont roulant et hauteur maximale jusqu'au crochet.
- h) Renseignements techniques qui seront nécessaires à l'acheteur. Ceux-ci comprendront normalement le poids des différentes pièces de la turbine, les matériaux de fabrication et leurs propriétés mécaniques, les instructions de fonctionnement, la courbe de détente de la vapeur, l'énergie cinétique de la vapeur à l'échappement, etc.

2. Conditions relatives à la vapeur et à l'eau

- a) Pression de la vapeur (absolue) à l'entrée de chaque vanne d'arrêt de la turbine, à la puissance nominale.
- b) Température de la vapeur à l'entrée de chaque vanne d'arrêt de la turbine, à la puissance nominale et dans tout le domaine de variation de puissance.
- c) Pour les turbines fonctionnant avec de la vapeur saturée: la teneur en eau prévue de la vapeur à l'entrée de la turbine, dans tout le domaine de fonctionnement.
- d) Pression de la vapeur (et température si nécessaire) à chaque bride d'échappement de la turbine à vapeur, à la puissance nominale.
- e) Conditions relatives à l'eau de refroidissement ou à l'air de refroidissement, si la turbine et son condenseur font partie du même contrat.
- f) Si la turbine est prévue pour fonctionner avec resurchauffe entre certains étages et que le resurchauffeur n'est pas fourni par le constructeur de la turbine: la (les) pression(s) d'entrée au(x) resurchauffeur(s), la perte de charge dans le(s) resurchauffeur(s) et la (les) pression(s) de la turbine nécessaire(s) au réglage des soupapes de sûreté du (des) resurchauffeur(s). S'il y a injection d'eau pour le réglage de la température: la source d'alimentation, le débit et l'enthalpie de l'eau, ainsi que les variations de pression, de température ou de teneur en eau du courant de vapeur.

APPENDIX A

INFORMATION REQUIRED IN CONNECTION WITH ENQUIRY OR ORDER FOR STEAM TURBINES

The following information will, in nearly all cases, be supplied by the purchaser. Certain items, however, for example Sub-clause 1d) and 2f) may be given by the manufacturer or agreed in consultation between the purchaser and the manufacturer.

1. Physical characteristics of the turbine and its accessories

- a) Rating in megawatts or kilowatts at generator terminals or at the turbine coupling.
- b) Weighting factors, when required in pursuance of the requirements of the first paragraph of Clause 6.
- c) Percentage of rated output at which maximum economy is required.
- d) Speed, in revolutions per minute.
- e) If the turbine manufacturer does not supply the driven machine, the direction of rotation when viewing the turbine looking towards the driven machine.
- f) List of spare parts desired.
- g) Space limitations, including over-all length, basement headroom, capacity of crane and maximum height to hook.
- h) Schedules of technical information which will be required by the purchaser. These would normally be items such as weights of different parts of the turbine, materials of construction and their mechanical properties, operating instructions, steam expansion curve, kinetic energy of steam at exhaust, etc.

2. Steam and water conditions

- a) Steam pressure (absolute) at the inlet to each turbine stop valve at the rated output.
- b) Steam temperature at the inlet to each turbine stop valve at the rated output and over the load range.
- c) For turbines operating with saturated steam, the anticipated moisture content of the steam at the inlet of the turbine over the operating range.
- d) Steam pressure (and temperature where requisite) at each exhaust flange of the steam turbine at the rated output.
- e) Cooling water or cooling air conditions if the turbine and its condenser are included in a single contract.
- f) If the turbine is arranged for reheating between stages and the reheater is not supplied by the turbine manufacturer: the cold reheat pressure(s), the pressure drop in the reheater(s) and the turbine set pressure(s) for safety valves on reheat system(s). If water is injected for temperature control: the source of supply, the rate of flow and the enthalpy of the water including variations in pressure, temperature or moisture content of steam flow.

- g) S'il est prévu sur la turbine un séparateur d'eau extérieur qui n'est pas fourni par le constructeur de la turbine: le rendement de la séparation d'eau, la perte de charge en fonction du débit et le circuit d'évacuation de l'eau.
- h) Vapeur à basse pression fournie à une turbine à plusieurs vapeurs:
 - pression absolue;
 - température maximale, minimale et moyenne;
 - quantité fournie par heure;
 - mode de réglage du débit de la vapeur fournie;
 - puissance maximale requise lorsque la turbine ne fonctionne qu'en vapeur haute pression.
- 3. a) Si des soutirages de vapeur sont prévus pour le réchauffage de l'eau d'alimentation ou pour toute autre raison: voir les renseignements indiqués à l'annexe B.
b) Si la pompe d'alimentation de la chaudière doit être entraînée par l'arbre de la turbine principale ou par une turbine auxiliaire utilisant de la vapeur soutirée à la turbine principale: voir renseignements indiqués à l'annexe C.
- 4. Source et caractéristiques physiques et chimiques de la vapeur alimentant la turbine.
- 5. Conditions relatives aux refroidisseurs:
 - a) Source et qualité du fluide réfrigérant ou matériau utilisé pour les tubes.
 - b) Températures maximale et minimale et température moyenne sur une période d'un an.
 - c) Limitations éventuelles relatives à la quantité de fluide réfrigérant disponible.
 - d) Pressions maximale et minimale à l'entrée et à la sortie du système de refroidissement et perte de charge entre l'entrée et la sortie.
- 6. **Caractéristiques d'utilisation**
 - a) Machine entraînée (si elle n'est pas fournie par le constructeur de la turbine):
 - nom du constructeur;
 - indication détaillée des caractéristiques de la machine entraînée, notamment le sens de rotation (voir la Publication 34-1 de la C E I: Machines électriques tournantes, Première partie: Valeurs nominales et caractéristiques de fonctionnement).
 - b) Réducteur de vitesse (si nécessaire et si l'on utilise un réducteur qui n'est pas fourni par le constructeur de la turbine):
 - nom du constructeur;
 - vitesse de l'arbre entraîné par la turbine.
 - c) Nature de la charge qui sera fournie par la turbine et régime prévu d'exploitation.
 - d) Si on le désire, facteurs économiques pouvant influencer sur l'élaboration du projet.
 - e) Système de commande proposé, en indiquant les opérations (par exemple mise en marche et synchronisation, application de la charge, arrêt, etc.) qui doivent être effectuées manuellement, à partir de postes locaux ou de télécommande, et celles qui doivent être effectuées automatiquement.
 - f) Conditions d'ambiance inhabituelles.

- g) If the turbine is provided with an external water separator not supplied by the turbine supplier: the efficiency of water extraction, pressure drop as a function of flow and disposal of extracted water.
 - h) Low-pressure steam supplied to mixed-pressure turbine:
 - absolute pressure;
 - maximum, minimum and mean temperature;
 - quantity supplied per hour;
 - method of control of steam supplied;
 - maximum power output required with high-pressure steam only.
3. a) If the turbine is to be arranged for steam extraction for regenerative heating or other purposes: see information as indicated in Appendix B.
- b) If the boiler feed pump is to be driven either from the shaft of the main turbine or by an auxiliary turbine using bled steam extracted from the main turbine: see information as indicated in Appendix C.
4. The source and the physical and chemical characteristics of the steam supply.
5. Conditions for coolers:
- a) Source of supply and quality of cooling medium, or tube material to be used.
 - b) Maximum and minimum temperature, and mean temperature over annual period.
 - c) Any limitation on quantity of cooling medium available.
 - d) Maximum and minimum pressures at terminal points of cooling system and pressure drop between them.
6. **Application and mode of operation**
- a) Driven machine (if not supplied by the turbine manufacturer):
 - name of manufacturer;
 - full statement of relevant characteristics of the driven machine, including direction of rotation (see I E C Publication 34-1, Rotating Electrical Machines, Part 1: Rating and Performance).
 - b) Speed reduction gear (if required, and not supplied by the turbine manufacturer):
 - name of manufacturer;
 - speed of shaft driven by the turbine.
 - c) The nature of the load to be carried by the turbine and the expected pattern of operation.
 - d) Where desired, the relevant economic factors affecting the assessment of the design.
 - e) Proposed control system defining those functions (e.g. starting and synchronizing, loading, shutting-down, etc.) which are to be carried out manually from local or remote control positions and those to be carried out automatically.
 - f) Any unusual environment conditions.

7. Fondations

Le constructeur de la turbine fournira à l'acheteur tous les détails relatifs aux efforts supportés par les fondations, pour le matériel fourni par lui, ainsi que les dessins détaillés nécessaires à sa disposition et à son installation.

Le constructeur devra avoir la possibilité de s'assurer que les déflexions, fréquences propres des vibrations et autres caractéristiques des différentes parties des fondations n'ont pas d'effet néfaste sur le fonctionnement de l'installation, dans tout le domaine de variation des vitesses spécifiées aux articles 10, 11 et 13.

8. Limites de fournitures

Toutes limites de fournitures définissant l'installation demandée.

9. Conditions relatives au lieu de livraison

- a) Lieu de livraison.
- b) Conditions relatives au transport, à l'accès du lieu de livraison et aux moyens disponibles en ce lieu.

7. Foundations

The turbine manufacturer shall be responsible for providing the purchaser with all details of the loading imposed on the foundations by the items which he provides and for supplying the required outline and seating detail drawings.

The turbine manufacturer shall have the opportunity of ensuring that the deflections, natural frequencies of the vibrations and other properties of the parts of the foundation will have no adverse effect on the operation of the plant over the range of speeds specified in Clauses 10, 11 and 13.

8. Terminal points

Terminal points defining extent of plant required.

9. Delivery site conditions

- a) Point of delivery.
- b) Conditions affecting transport and access to site and facilities available on site.

ANNEXE B

TURBINE AVEC RÉCHAUFFAGE DE L'EAU D'ALIMENTATION PAR SOUTIRAGE

Si la turbine est prévue avec soutirage de vapeur pour le réchauffage de l'eau d'alimentation, les bases du système de réchauffage (voir article 6) et les détails indiqués ci-dessous seront déterminés en accord entre l'acheteur et le constructeur pour une ou plusieurs charges spécifiées.

- 1) Température finale de l'eau d'alimentation.
- 2) Nombre d'étages de réchauffage de l'eau d'alimentation par vapeur soutirée et indication de ceux qui doivent être prévus:
 - a) sur la turbine principale; et
 - b) sur toute turbine auxiliaire destinée à entraîner des équipements tels que pompe d'alimentation de chaudière, générateur auxiliaire ou installation similaire.
- 3) Méthode d'évacuation des purges de réchauffeurs et point(s) de pompage.
- 4) Augmentation d'enthalpie de l'eau condensée dans le refroidisseur de l'alternateur et/ou le refroidisseur d'huile de la turbine et le (les) condenseur(s) des éjecteurs d'air.
- 5) Différence terminale de température à chaque réchauffeur (y compris les refroidisseurs de purge du type flash) c'est-à-dire la différence entre la température de saturation de la vapeur dans le réchauffeur et la température de l'eau d'alimentation quittant le réchauffeur.

Note. — Si la vapeur soutirée est désurchauffée avant d'entrer dans la zone de saturation du réchauffeur d'alimentation, il conviendra de tenir compte du réchauffage complémentaire de l'eau d'alimentation dans le désurchauffeur.
- 6) Différence terminale de température de chaque refroidisseur de purge autre que ceux du type flash (habituellement compris dans un réchauffeur de vapeur soutirée), c'est-à-dire la différence entre la température du condensat du réchauffeur quittant le refroidisseur de purge et la température de l'eau d'alimentation entrant dans le refroidisseur.
- 7) Perte de charge entre chaque bride de soutirage sur la turbine et le réchauffeur, ou chute de la température de saturation entre bride de soutirage et réchauffeur.
- 8) Emplacement des pompes d'alimentation dans le cycle de réchauffage de l'eau d'alimentation, pression de l'eau d'alimentation à la bride de refoulement de chaque pompe et augmentation d'enthalpie de l'eau d'alimentation à travers chaque pompe.
- 9) Type et emplacement dans le circuit du distillateur alimenté par de la vapeur soutirée, quantité d'eau d'appoint nécessaire, tolérances de purge du distillateur et enthalpie de l'eau brute entrant dans l'évaporateur.
- 10) Lorsque l'eau d'appoint provient d'autres sources: quantité et enthalpie de celle-ci et point d'introduction dans le circuit de réchauffage de l'eau d'alimentation.
- 11) Lorsque de la vapeur est soutirée à des fins autres que le réchauffage de l'eau d'alimentation: quantité, pression à laquelle la vapeur est soutirée et indication précisant si la pression de soutirage est réglable ou non; également, quantité et enthalpie du condensat de retour et point où il est réintroduit dans le circuit de réchauffage de l'eau d'alimentation.
- 12) Lorsque le condensat d'une installation auxiliaire est repris par le circuit de réchauffage de l'eau d'alimentation: quantité et enthalpie de ce condensat et point où il est introduit dans le circuit de réchauffage.
- 13) Indication précisant si la température finale d'alimentation peut varier naturellement avec la puissance de la turbine et, dans la négative, exigences de l'acheteur à cet égard.

APPENDIX B

TURBINE WITH REGENERATIVE FEED HEATING

If the turbine is to be arranged for regenerative feed heating, the basis of the arrangement (see Clause 6) and the relevant details, indicated below, shall be agreed between the purchaser and the manufacturer for one or more specified loads.

- 1) The final feed water temperature.
- 2) The number of bled-steam feed heating stages and which of them are to be provided:
 - a) on the main turbine; and
 - b) on any auxiliary turbine which may be supplied for driving other equipment such as a boiler feed pump or auxiliary generator or similar plant.
- 3) The method of cascading heater drains, and at which point or points the drains are pumped forward.
- 4) The rise in enthalpy of the condensate over the generator cooler and/or turbine oil cooler and air ejector condenser.
- 5) The terminal difference at each heater (including flash type drain coolers), i.e. the difference between the saturation temperature of the steam in the heater and the temperature of the feed water leaving the heater.

Note. — If there is de-superheating of the bled steam before it is admitted to the saturation zone of the feed heater, the complementary feed heating in the de-superheater must be taken into account.
- 6) The terminal difference of each drain cooler other than flash type (usually incorporated in a bled steam heater), i.e. the difference between the temperature of the heater condensate leaving the drain cooler and the temperature of the feed water entering the drain cooler.
- 7) The pressure drop from each extraction outlet on the turbine to the heater or the drop in saturation temperature from extraction outlet to heater.
- 8) The position of feed pumps in the feed heating cycle, the pressure of the feed water at the discharge of each pump, and the rise in enthalpy of the feed water across each pump.
- 9) The type and the location in the system of the bled steam evaporator, the quantity of make-up water required, the blow-down allowances for the evaporator and the enthalpy of the raw water entering the evaporator.
- 10) Where the make-up water is obtained from other sources: the quantity and the enthalpy of the water make-up, and its point of introduction into the feed heating system.
- 11) If steam is to be extracted for purposes other than feed heating: the quantity, the pressure at which steam is to be extracted, and whether the extraction pressure is to be controlled; also the quantity and enthalpy of the condensate return, and its point of re-entry into the feed heating system.
- 12) If the condensate from auxiliary plant is to be dealt with by the feed heating system: the quantity and the enthalpy of such condensate and its point of introduction into the feed heating system.
- 13) Whether the final feed temperature can be allowed to vary naturally with turbine load and, if not, the purchaser's requirements in this respect.

- 14) Caractéristiques de toute condition de fonctionnement dépendant de facteurs autres que la puissance de la turbine, par exemple: pression du désaérateur si une valeur minimale est spécifiée, ainsi que source et caractéristiques de toute alimentation de vapeur de remplacement pour répondre à ces conditions.
- 15) Lorsque la vapeur est fournie pour le réchauffage de l'eau d'alimentation par des sources autres que la turbine principale: pression et enthalpie de la vapeur provenant de chaque source. De même, lorsque la chaleur est fournie par des moyens autres que la vapeur, tous détails appropriés.

Lorsque le constructeur de la turbine ne fournit pas le système de réchauffage de l'eau d'alimentation, les renseignements énumérés ci-dessus dans les alinéas 1) à 15) doivent être indiqués dans la garantie de consommation.

Le constructeur de la turbine devra avoir la possibilité de modifier ses garanties si le circuit de réchauffage de l'eau d'alimentation finalement adopté diffère de celui sur lequel reposait la garantie.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60045:1970