

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
545**

Première édition  
First edition  
1976

---

---

**Guide pour la réception, l'exploitation  
et l'entretien des turbines hydrauliques**

**Guide for commissioning, operation  
and maintenance of hydraulic turbines**

LICENSED TO MECON Limited, - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 545: 1976

## Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**  
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

## Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

## Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**  
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates

## Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
545**

Première édition  
First edition  
1976

---

---

**Guide pour la réception, l'exploitation  
et l'entretien des turbines hydrauliques**

**Guide for commissioning, operation  
and maintenance of hydraulic turbines**

© CEI 1976 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

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

---

---



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**S**

• Pour prix, voir catalogue en vigueur  
For price, see current catalogue

## SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE.....	4
PRÉFACE .....	4
<b>CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS</b>	
Articles	
1. Domaine d'application et objet .....	6
2. Termes et définitions .....	6
3. Conditions d'exploitation.....	8
<b>CHAPITRE II: RÉCEPTION</b>	
4. Généralités .....	12
5. Coordinateur des essais .....	12
6. Contrôle avant démarrage .....	12
7. Premier démarrage .....	14
8. Essais .....	16
<b>CHAPITRE III: EXPLOITATION</b>	
9. Généralités .....	22
10. Marche semi-industrielle .....	22
11. Marche industrielle .....	24
<b>CHAPITRE IV: ENTRETIEN</b>	
12. Généralités .....	28
13. Données utiles aux activités d'entretien .....	28
14. Remise en l'état optimal .....	30
15. Redémarrage .....	30
ANNEXE - Mesures .....	32

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	5
PREFACE .....	5
<b>CHAPTER I: GENERAL</b>	
Clause	
1. Scope and object .....	7
2. Terms and definitions .....	7
3. Data on operating conditions .....	9
<b>CHAPTER II: COMMISSIONING</b>	
4. General .....	13
5. Test co-ordinator .....	13
6. Pre-start tests .....	13
7. Initial run .....	15
8. Test runs .....	17
<b>CHAPTER III: OPERATION</b>	
9. General .....	23
10. Test service period .....	23
11. Commercial service .....	25
<b>CHAPTER IV: MAINTENANCE</b>	
12. General .....	29
13. Basis for maintenance activities .....	29
14. Restoration to optimum condition .....	31
15. Re-starting .....	31
APPENDIX - Measurements .....	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**GUIDE POUR LA RÉCEPTION, L'EXPLOITATION  
ET L'ENTRETIEN DES TURBINES HYDRAULIQUES**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes N° 4 de la CEI: Turbines hydrauliques.

Les travaux concernant la réception, l'exploitation et l'entretien des turbines hydrauliques débutèrent au cours de la réunion tenue à Madrid en 1959. Le Comité d'Action a confirmé que cette activité appartenait effectivement au domaine d'application du Comité d'Etudes N° 4. Après les réunions tenues à Aix-les-Bains en 1964 et à Paris en 1966, un premier projet fut établi en 1970 et un projet révisé fut diffusé en 1972. A la suite de la réunion tenue à Munich en 1973, un projet, document 4(Bureau Central)30, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1974.

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

Afrique du Sud (République d')	Japon
Allemagne	Norvège
Australie	Pologne
Autriche	Portugal
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Espagne	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
France	Turquie
Italie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

*Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:*

- Publications Nos: 41 : Code international concernant les essais de réception sur place des turbines hydrauliques.  
193 : Code international concernant les essais de réception sur modèle des turbines hydrauliques.  
193A: Premier complément à la Publication 193 (1965).  
308 : Code international d'essai des régulateurs de vitesse pour turbines hydrauliques.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDE FOR COMMISSIONING, OPERATION  
AND MAINTENANCE OF HYDRAULIC TURBINES**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 4, Hydraulic Turbines.

Work concerning the commissioning, operation and maintenance of hydraulic turbines was initiated during the meeting held in Madrid in 1959. The Committee of Action confirmed that this activity fell within the scope of Technical Committee No. 4. After the meetings held in Aix-les-Bains in 1964 and in Paris in 1966, a first draft was prepared in 1970 and a revised draft was circulated in 1972. As a result of the meeting held in Munich in 1973, a draft, Document 4(Central Office)30, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1974.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Portugal
Austria	Romania
Belgium	South Africa (Republic of)
Canada	Spain
France	Sweden
Germany	Switzerland
Italy	Turkey
Japan	Union of Soviet Socialist Republics
Norway	United Kingdom
Poland	United States of America

*Other IEC publications quoted in this standard:*

- Publications Nos. 41 : International Code for the Field Acceptance Tests of Hydraulic Turbines.  
193 : International Code for Model Acceptance Tests of Hydraulic Turbines.  
193A: First supplement to Publication 193 (1965).  
308 : International Code for Testing of Speed Governing Systems for Hydraulic Turbines.

# GUIDE POUR LA RÉCEPTION, L'EXPLOITATION ET L'ENTRETIEN DES TURBINES HYDRAULIQUES

## CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS

### 1. Domaine d'application et objet

L'objet du présent guide est d'établir, d'une manière générale, les modes opératoires pour la réception des turbines hydrauliques et du matériel associé et d'indiquer comment de tels turbines et matériel doivent être exploités et entretenus.

Il est entendu qu'une publication de cette nature n'engagera les parties contractantes que dans les limites dont elles seront convenues.

Le guide exclut les sujets d'intérêt purement commercial, sauf ceux étroitement liés au déroulement de la réception, à l'exploitation et à l'entretien.

Le guide s'applique aux turbines à action et à réaction de tous types et, notamment, aux turbines importantes accouplées directement aux générateurs électriques. Il s'applique également aux pompes-turbines dans leur fonctionnement en turbine.

Le guide ne concerne pas les aménagements d'eau, les batardeaux, les vannes, les pompes d'exhaure, les réfrigérants à eau, les générateurs, etc., sauf s'ils ne peuvent être dissociés de la turbine et de son équipement.

Lorsque le guide spécifie que les documents, dessins ou renseignements doivent être fournis par le constructeur (ou les constructeurs), chacun des constructeurs ne sera tenu de fournir les dites informations qu'en ce qui concerne sa propre fourniture.

### 2. Termes et définitions

#### *Termes*

#### 2.1 Réception

#### 2.2 Exploitation

#### 2.3 Entretien

#### 2.4 Contrôle avant démarrage

#### 2.5 Premier démarrage

#### 2.6 Essai

#### 2.7 Marche pour essais

#### 2.8 Période de marche pour essais

#### *Définitions*

Essai du matériel neuf pour vérifier sa conformité aux spécifications contractuelles. Egalement exploitation de ce matériel jusqu'au prononcé de la réception par l'acheteur.

Utilisation du matériel pour produire de l'énergie, ou état de disponibilité du matériel pour une telle production.

Intervention sur le matériel, en vue de le maintenir en état de fonctionnement optimal.

Contrôle ayant lieu entre l'achèvement du montage et le premier démarrage.

Première rotation des parties tournantes après le montage.

Fonctionnement destiné à obtenir un ensemble de valeurs pour un contrôle particulier.

Utilisation du matériel aux fins d'essais.

Période d'essai qui suit le premier démarrage et précède la marche semi-industrielle. Elle comprend la marche à vide pour la vérification du matériel de la centrale, ainsi que le fonctionnement en charge et les essais de déclenchement.

# GUIDE FOR COMMISSIONING, OPERATION AND MAINTENANCE OF HYDRAULIC TURBINES

## CHAPTER I: GENERAL

### 1. Scope and object

The purpose of this guide is to establish, in a general way, suitable procedures for commissioning hydraulic turbines and associated equipment, and to indicate how such turbines and equipment should be operated and maintained.

It is understood that a publication of this type will be binding only if, and to the extent that, both contracting parties have agreed upon it.

The guide excludes matters of purely commercial interest, except those inextricably bound up with the conduct of commissioning, operation and maintenance.

The guide applies to impulse and reaction turbines of all types, and especially to large turbines directly coupled to electric generators. It applies also to pump-turbines when operating as turbines.

The guide is not concerned with water conduits, gates, valves, drainage pumps, cooling-water equipment, generators, etc., except where they cannot be separated from the turbine and its equipment.

Wherever the guide specifies that documents, drawings or information shall be supplied by a manufacturer (or by manufacturers), each individual manufacturer shall be required to furnish the appropriate information for his own supply only.

### 2. Terms and definitions

#### *Terms*

#### 2.1 *Commissioning*

#### 2.2 *Operation*

#### 2.3 *Maintenance*

#### 2.4 *Pre-start tests*

#### 2.5 *Initial run*

#### 2.6 *Test run*

#### 2.7 *Test operation*

#### 2.8 *Test operation period*

#### *Definitions*

Testing of new equipment to check its conformity with contractual specifications, as well as operation of the equipment until formally accepted by the purchaser.

Utilization of the equipment to produce energy, or a state of readiness for such production.

Activity on the equipment directed to its conservation in a state of optimum operating condition.

Test between completion of erection of the equipment and initial run.

First movement of rotating parts after erection.

Operation to obtain one set of data for a specific test.

Utilization of the equipment for testing purposes.

Test period following initial run and followed by test service. It includes no-load runs for checking power plant equipment, as well as load runs and load rejection tests.

- 2.9 *Marche semi-industrielle*      Fonctionnement du matériel pendant une période convenue, pendant laquelle le constructeur est généralement responsable de la manière dont son matériel est exploité.
- 2.10 *Marche industrielle*      Fonctionnement du matériel sous la responsabilité de l'acheteur pour produire de l'énergie, ou état de disponibilité de ce matériel pour un tel fonctionnement.
- 2.11 *Période de marche industrielle*      Période commençant après le prononcé de réception et comprenant les périodes de fonctionnement, ainsi que les périodes pendant lesquelles le matériel peut être à l'arrêt pour entretien, contrôle, réparation, etc.
- 2.12 *Période de garantie*      Période d'une durée convenue, s'étendant sur une partie de la marche industrielle et pendant laquelle le constructeur a l'obligation commerciale de corriger les défauts de sa fourniture afin de la mettre en conformité avec le contrat. A cet effet, on devra effectuer les essais conformément aux parties correspondantes du paragraphe 11.1.4.
- 2.13 *Visite de contrôle*      Vérification de l'état du matériel.
- 2.14 *Visite systématique*      Visite à intervalles réguliers, souvent associée à des réparations marginales.
- 2.15 *Réparation*      Remise en l'état après usure ou détérioration.
- 2.16 *Modification*      Transformation destinée à améliorer les caractéristiques de fonctionnement.
- 2.17 *Révision*      Visite complète accompagnée des réparations et/ou des modifications nécessaires destinées à donner au groupe, ou à une partie du groupe, un fonctionnement optimal ou presque optimal.

### 3. Conditions d'exploitation

3.1 L'une des conditions essentielles à une exploitation et à un entretien corrects est la connaissance satisfaisante de la turbine et de ses accessoires par le personnel de l'acheteur.

Le constructeur (les constructeurs) devra (devront) fournir aux représentants responsables de l'acheteur tous les documents, instructions et informations nécessaires, comprenant:

- dessins généraux et caractéristiques;
- listes de matériels, descriptions et procès-verbaux d'essais concernant les éléments principaux;
- diagrammes de fonctionnement;
- instructions pour l'exploitation, la vérification et l'entretien de sa fourniture et tableaux de relevés analogues à ceux de l'annexe;
- gamme de démontage et de remontage et/ou vues éclatées en éléments;
- instructions de sécurité;
- liste des pièces de rechange d'origine, comme précisé dans le contrat.

Ces documents, même dans leur forme provisoire, devront être donnés aux représentants de l'acheteur dès qu'ils le demanderont et, en tout cas, avant le premier démarrage.

3.2 Les documents du constructeur (des constructeurs) devront comprendre les éléments suivants, certains d'entre eux pouvant être modifiés selon l'expérience acquise pendant la réception.

- 1) Diagramme (tel que diagramme en colline) indiquant les hauteurs de chute et les niveaux dans le canal de fuite, le débit et la puissance, les ouvertures du distributeur et les limites de fonctionnement; également, s'il y a lieu, la position des pales ou du déflecteur.

- 2.9. *Test service* Operation of the equipment for an agreed period, during which the manufacturer is generally responsible for the way in which it is operated.
- 2.10 *Commercial service* Operation of the equipment, under the purchaser's responsibility, to produce energy, or a state of readiness for such operation.
- 2.11 *Commercial service period* Period starting after acceptance and including service periods, as well as periods when the equipment may be out of operation for maintenance, inspection, repairs, etc.
- 2.12 *Guarantee period* Time, extending through an agreed part of the commercial service period, during which the manufacturer has commercial obligations to correct defects in his equipment in order to bring it into conformity with the contract. For this purpose, tests in accordance with the appropriate parts of Sub-clause 11.1.4, shall be performed.
- 2.13 *Inspection* Check on the condition of equipment.
- 2.14 *Maintenance inspection* Inspection at regular intervals, often combined with incidental repairs.
- 2.15 *Repair* Restoration after wear or damage.
- 2.16 *Modification* Change intended to improve performance.
- 2.17 *Overhaul* Complete inspection with necessary repairs and/or modifications intended to bring the unit or part of it to, or nearly to, the optimum functioning condition.

### 3. Data on operating conditions

3.1 A fundamental requirement for proper operation and maintenance is a satisfactory knowledge of the turbine and its accessories by the purchaser's personnel.

The manufacturer (manufacturers) shall deliver to the purchaser's responsible representatives all necessary documents, instructions and information. They shall include:

- general drawings and data;
- material lists, descriptions and test certificates for main parts;
- function diagrams;
- instructions for operation, inspection and maintenance of his supply and tables of measurements as given in the Appendix;
- assembly and dismantling instructions and/or exploded view of the parts;
- safety instructions;
- list of original spare parts, as stated in the contract.

These documents, even in a preliminary form, shall be given to the purchaser's representatives as soon as required and, in any case, before the initial run.

3.2 The documents submitted by the manufacturer (manufacturers) shall include the following data, some of which may be amended according to experience gathered during commissioning.

- 1) Diagram (such as a hill diagram) relating heads, tailwater elevations, flow and output, wicket-gate openings and operating limits; also, where applicable, runner blade or deflector position.

- 2) Transposition applicable au modèle ou au prototype, conformément à la Publication 193 de la CEI: Code international concernant les essais de réception sur modèle des turbines hydrauliques, si celle-ci est applicable.
  - 3) Renseignements sur les vannes et batardeaux d'admission et d'évacuation de la turbine et sur le déchargeur.
  - 4) Ouverture du distributeur (ou ouverture des pointeaux des turbines à action) pour la marche à vide, le démarrage et la limite de cavitation en fonction de la chute et du niveau dans le canal de fuite, de même, s'il y a lieu, la position des pales ou du déflecteur.
  - 5) Caractéristiques du régulateur et du servomoteur.
  - 6) Réglage du détecteur de survitesse.
  - 7) Caractéristiques des fluides du système de régulation. Caractéristiques des filtres et renseignements sur la méthode et la fréquence de traitement.
  - 8) Vitesse d'emballlement en régime permanent, survitesse transitoire maximale et variations de pression sous différentes hauteurs de chute.
  - 9) Vitesse minimale de fonctionnement à atteindre lors du premier démarrage (elle dépend de la conception du pivot et des paliers).
  - 10) Description des systèmes de lubrification, précisant les quantités de lubrifiant, leurs caractéristiques et la fréquence de remplacement des charges.
  - 11) S'il y a lieu, caractéristiques du système de soulèvement des parties tournantes et durée maximale d'arrêt avant redémarrage sans soulèvement des parties tournantes.
  - 12) Limites de vitesse au-dessous de laquelle l'injection d'huile sur la butée est nécessaire.
  - 13) S'il y a lieu, vitesses maximale et minimale pour le fonctionnement du freinage.
  - 14) Niveaux et pressions d'huile intermédiaires auxquels les pompes et les compresseurs doivent être démarrés ou des alarmes données; également, valeurs de réglage des dispositifs automatiques de signalisation et d'alerte.
  - 15) Températures maximales et minimales dans les paliers, les joints et dans les circuits à pression d'huile ou de fluide (valeurs d'alarme et d'arrêt)
  - 16) Pressions maximales et minimales, débits et niveaux dans les systèmes à pression d'huile ou de fluide et dans les paliers, selon le système de manœuvre (valeurs d'alarme et d'arrêt).
  - 17) Pression et débit maximaux et minimaux dans les réfrigérants (valeurs d'alarme et d'arrêt).
  - 18) Niveaux maximaux de l'eau dans les puits de drainage (valeurs d'alarme et d'arrêt).
  - 19) Caractéristiques des moteurs électriques, des pompes et des autres accessoires.
  - 20) Instructions de sécurité pour le personnel d'essais et d'exploitation.
  - 21) Autres renseignements importants estimés nécessaires par l'acheteur ou le constructeur pour la sécurité d'exploitation du matériel ou pour l'instruction du personnel.
- 3.3 Le constructeur (les constructeurs) devra (devront) fournir au personnel de l'acheteur les instructions appropriées et lui donner toutes les informations énumérées au paragraphe 3.2 sur le fonctionnement du matériel, et cela pendant la dernière partie du montage, le premier démarrage, les essais et la marche semi-industrielle, en particulier pour chacun des matériels que l'acheteur utilise pour la première fois.
- Pendant la dernière phase de montage, le démarrage, les essais et la marche semi-industrielle, l'acheteur tiendra à la disposition du constructeur son personnel pour le former et l'entraîner de façon à ce qu'il puisse faire marcher convenablement la turbine et son équipement.
- 3.4 Pendant la période de garantie, le matériel ne devra pas fonctionner en dehors des limites fixées dans le contrat, sans l'accord du constructeur.

- 2) Statement of similitude of model and prototype, according to IEC Publication 193, International Code for Model Acceptance Tests of Hydraulic Turbines, if appropriate;
  - 3) Information on turbine inlet and outlet gates, valves and pressure relief valves.
  - 4) Wicket-gate opening (or needle opening of impulse turbines) for no-load, starting and cavitation limits, as functions of head and tailwater levels also, where appropriate, runner blade or deflector position.
  - 5) Turbine governor and servomotor characteristics.
  - 6) Adjustment of overspeed protection device.
  - 7) Characteristics of the fluids for the governing system. Filter specifications and information on purification frequency and method.
  - 8) Maximum steady-state runaway speed and maximum momentary speed and pressure variations at various operating heads.
  - 9) Minimum continuous operating speed for initial run (depending on design of thrust bearing and other bearings).
  - 10) Description of lubrication systems, stating amount and characteristics of lubricants and frequency of replacement.
  - 11) If applicable, data on jacking system for rotating parts and maximum time after shut-down before re-start without operating the jacking system.
  - 12) Speed limits below which operation of the thrust bearing oil injection system is necessary.
  - 13) If applicable, maximum and minimum speeds for brake operation.
  - 14) Intermediate oil levels and pressures at which pumps and compressors should be started or alarms given; also data for automatic signalling and emergency devices.
  - 15) Maximum and minimum temperatures in bearings, seals and in the oil or fluid pressure circuits (alarm and shut-down values).
  - 16) Maximum and minimum pressures, flows and levels in oil or fluid pressure systems and bearings, according to control system (alarm and shut-down values).
  - 17) Maximum and minimum pressures and flows in coolers (alarm and shut-down values).
  - 18) Maximum water levels in drainage pits (alarm and shut-down values).
  - 19) Data on electric motors, pumps and other accessories.
  - 20) Safety instructions for test and operating staff.
  - 21) Other data of importance which are considered necessary by either purchaser or manufacturer for safe operation of the equipment or for instruction of personnel.
- 3.3 The manufacturer(s) shall give appropriate instructions to the purchaser's staff and provide the information stated in Sub-clause 3.2 on operating the equipment during the final stage of erection, initial run, test runs and test service period, particularly for all items not previously used by the purchaser.

During the final stage of erection, the start, the test runs and test service, the purchaser shall make his staff available to the manufacturer for instruction and training in order that they may be capable of operating properly the turbine and associated equipment.

3.4 During the guarantee period, the equipment shall not be operated outside the limits stated in the contract without agreement with the manufacturer.

## CHAPITRE II: RÉCEPTION

### 4. Généralités

4.1 La réception a lieu après le premier montage d'un nouveau groupe. Des modes opératoires analogues peuvent aussi être utilisés, suivis ou non d'un prononcé de réception, après réparation ou révision.

4.2 Pendant la réception, on doit respecter les conditions de fonctionnement indiquées à l'article 3. Si les conditions d'exploitation propres à la centrale empêchent la réception dans les conditions requises, un accord devra intervenir entre l'acheteur et le constructeur sur le mode opératoire de la réception.

4.3 Pour permettre l'interprétation correcte de tout phénomène inattendu et afin d'en déterminer les causes, il y aura avantage à enregistrer simultanément les paramètres significatifs sur un enregistreur. Chaque enregistrement doit mentionner la date et l'heure.

4.4 L'acheteur a la responsabilité d'obtenir de toutes les autorités intéressées, leur accord sur les conditions particulières de la marche pour essais (débits, réseau, etc.).

### 5. Coordinateur des essais

Un coordinateur des essais doit être désigné par l'acheteur, les principaux entrepreneurs et les constructeurs. Il a mission d'établir le programme de réception. Son programme doit être vérifié et approuvé par l'acheteur, les principaux constructeurs et les entrepreneurs, avant et pendant les essais si des modifications apparaissent nécessaires. Il doit diriger les essais et en contrôler les résultats.

Le coordinateur des essais est responsable du déroulement de tous les essais jusqu'au commencement de la marche semi-industrielle. Le personnel d'exploitation et le personnel d'essais doivent rendre compte au coordinateur de toutes les interventions faites sur le matériel.

### 6. Contrôle avant démarrage

#### 6.1 Avant mise en eau

Avant que la bache de la turbine soit remplie d'eau, le groupe générateur, ainsi que les auxiliaires et le matériel annexe, seront vérifiés. Les points suivants, au moins, devront être contrôlés et les résultats consignés par le coordinateur des essais.

- 1) Visite de toutes les aménées d'eau de la turbine et enlèvement de tous les corps étrangers ou égarés (ils peuvent causer des dommages). Si nécessaire, les sections de mesure et les points de prélèvement pour les futurs essais de réception de la turbine seront vérifiés. On s'assurera qu'ils sont satisfaisants et que les dimensions relevées conviennent.
- 2) Etalonnage des graduations pour l'ouverture des directrices et, dans les cas voulus, pour les pales mobiles, les pointeaux et les déflecteurs, y compris leurs cames d'asservissement; également, mesure des jeux.
- 3) Fonctionnement des systèmes générateurs de pression d'huile, de la vanne de coupure de l'alimentation de la turbine, du déchargeur, du régulateur, des appareils de démarrage et d'arrêt soit automatiques soit manuels et des dispositifs de signalisation.
- 4) Niveaux et pressions d'huile dans le système de régulation, état de tous les filtres à huile.
- 5) Dispositifs de protection tels que détecteurs de niveaux ou de températures d'huile ainsi que leurs relais, avec exécution des réglages nécessaires.

## CHAPTER II: COMMISSIONING

### 4. General

4.1 Commissioning occurs after first erection of a new unit. Similar procedures may also be utilized with or without formal acceptance after repair or overhaul.

4.2 The operating requirements given in Clause 3 shall be complied with during commissioning. If the operating conditions of the power station prevent commissioning within these requirements, the purchaser and manufacturer shall agree on the commissioning procedure.

4.3 For correct interpretation and determination of the causes of any unexpected phenomena, it will be advantageous to make simultaneous recordings of significant parameters on a recording instrument. Each recording shall mention the time and date.

4.4 It is the purchaser's responsibility to obtain from all the authorities concerned, agreements on specified conditions (flow, grid, etc.) for test operation.

### 5. Test co-ordinator

A test co-ordinator shall be chosen by the purchaser, the main contractors and the manufacturers. He is in charge of drawing up the programme of commissioning. His programme shall be checked and approved by the purchaser, the main manufacturers and contractors before and during the tests if changes appear to be necessary. He shall conduct the tests and check the results.

The test co-ordinator is responsible for the execution of all tests up to the beginning of the test service period. Operating and commissioning personnel shall report to the co-ordinator on all operations performed on the equipment.

### 6. Pre-start tests

#### 6.1 *Prior to filling waterways*

Before the turbine casing is filled with water, the generator, as well as auxiliary and stand-by equipment, shall be checked. At least the following items shall be checked and results recorded by the test co-ordinator.

- 1) Inspection of all the turbine waterways and removal of all foreign or loose objects (these might cause damage). If required, the measuring sections and pressure taps for future turbine acceptance tests shall be checked and confirmed as satisfactory and dimensions recorded as appropriate.
- 2) Calibration of scales for wicket-gate openings and, where applicable, for runner blades, needles and deflectors, including their cam relationships; also measurement of clearances.
- 3) Operation of pressure oil units, hydraulic shut-off valves, pressure relief valves, governors, automatic and manually-operated starting and stopping devices and signalling devices.
- 4) Oil levels and pressures in governor system; condition of all oil filters.
- 5) Protective devices, such as oil level and temperature alarms and relays, with adjustment if needed.

- 6) Durées d'ouverture et de fermeture des éléments de réglage, c'est-à-dire, directrices, pales des turbines à pales mobiles, pointeaux et déflecteurs des turbines à action, déchargeurs et dispositifs de sécurité en cas d'un mauvais fonctionnement du déchargeur et, si possible, zone morte du signal de commande.
- 7) Durées d'ouverture et de fermeture des vannes.
- 8) Jeux aux paliers et aux joints. Dans le cas de paliers lubrifiés par pression d'huile, le système d'injection devra être vérifié.
- 9) Fonctionnement des pompes de reprise des fuites et de drainage et des pompes de lubrification à entraînement individuel.
- 10) Huile, graisse et alimentation en eau de tous les paliers et joints qui requièrent une lubrification ou un refroidissement.
- 11) Fonctionnement du système de freinage du groupe.
- 12) Blocage convenable de tous les couvercles de trous d'homme.
- 13) Pales des turbines à pales mobiles placées en position de repos.

Après les vérifications ci-dessus, les vannes doivent être fermées, les directrices des turbines à réaction ou les pointeaux des turbines à action doivent être fermés (et verrouillés s'il y a lieu), le groupe doit être freiné et le tableau de commande doit être sous tension.

Après s'être assuré que toutes ces conditions sont satisfaites, le coordinateur des essais donnera des instructions pour que les amenées d'eau soient remplies.

#### 6.2 *Après mise en eau*

La vanne ou le batardeau du canal de fuite devra être ouvert en premier lieu. Selon le niveau dans le canal de fuite, une vérification des fuites sera faite.

Toutes les arrivées d'eau devront être remplies lentement, de préférence en commande manuelle, soit par le by-pass, soit par une légère ouverture de la vanne ou du batardeau. Quand les arrivées d'eau seront suffisamment remplies, la vanne sera ouverte complètement ou le batardeau enlevé.

S'il existe une vanne à l'entrée de la turbine, la bêche sera remplie soigneusement, mise sous pression et vérifiée avant l'ouverture de la vanne principale. Puis, le fonctionnement des dispositifs automatiques de protection qui commandent cette vanne sera vérifié et le fonctionnement de la vanne elle-même essayé.

Les dispositifs automatiques de protection qui manœuvrent la vanne d'entrée ou de sortie seront vérifiés et, en particulier, la vanne assurant la coupure d'urgence du débit. Si les dispositifs de protection et ladite vanne fonctionnent de manière satisfaisante et si l'on n'observe pas de fuite ou de déformation inhabituelle, on procédera à un essai de fonctionnement:

- du déchargeur, s'il existe;
- des pointeaux des turbines à action (les déflecteurs étant dans le jet);
- du système de mise en dépression du canal de fuite des turbines à action, s'il y a lieu.

### 7. **Premier démarrage**

Après que le coordinateur d'essais en aura donné l'autorisation, les dispositifs de verrouillage et les freins seront libérés et le distributeur ou les pointeaux ouverts en commande manuelle, conformément aux prescriptions du constructeur, jusqu'à obtenir au moins la vitesse minimale convenue (voir le paragraphe 3.2, point 9).

Si l'on observe des bruits, des frottements ou tous autres phénomènes anormaux, ou si un représentant accrédité de l'un des constructeurs le demande, le groupe sera immédiatement arrêté. (Sous le débit de fuite, seule une tendance du groupe à tourner, et non une rotation, doit être observée.)

- 6) Times of opening and closing of governing elements, i.e. wicket gates, runner blades of turbines with movable blades, needles and deflectors of impulse turbines, pressure relief valves together with safety devices for pressure relief valve malfunction and, if possible, command signal dead band.
- 7) Valve or gate opening and closing times.
- 8) Bearing and seal clearances. In the case of pressure-lubricated bearings, the oil injection system shall be checked.
- 9) Operation of leakage and drainage pumps and separately-driven lubricating pumps.
- 10) Oil, grease and water supply to all bearings and seals requiring lubrication or cooling.
- 11) Operation of the braking system of the unit.
- 12) Proper fastening of all man-hole covers.
- 13) Blades of movable-blade turbines set at rest position.

After the above checks, the valves or gates shall be closed, the wicket gates of reaction turbines or the needles of impulse turbines shall be closed (and locked, if applicable), the brakes applied and the control board energized.

When satisfied that all conditions have been met, the test co-ordinator shall give instructions for the waterways to be filled.

#### 6.2 *After filling waterways*

The tailwater valve or gate shall be opened first. Depending on the tailwater level, a check for leaks shall be made.

The whole waterway shall be filled slowly, and preferably manually either through a by-pass or a small opening of the gate or stoplogs. When the waterway has been sufficiently filled, the gate shall be opened or the stop-logs removed.

If there is a turbine inlet valve, the turbine casing shall be carefully filled, pressurized and checked before the main valve is opened. The operation of automatic protection devices which actuate this valve shall then be checked and the functioning of the valve itself tested.

Automatic protection devices which actuate the intake or outlet gate or valve shall be checked, especially the emergency gate. If the protective devices and the emergency gate work satisfactorily and no unusual leakage or deformation has been observed, an operational test shall be carried out:

- on the pressure relief valve, if any;
- on the needles of impulse turbines (with deflectors diverting);
- on the tailwater depression system of impulse turbines, if applicable.

#### 7. **Initial run**

After the test co-ordinator has given permission, locking devices and brakes are released and the turbine wicket gates or needles are opened under manual control, according to the manufacturer's requirements, to bring the speed up to at least the minimum stated value (see Sub-clause 3.2, Item 9).

If any noise, scraping or other abnormal phenomena is observed, or if an authorized representative of any manufacturer so requests, the unit shall be shut down immediately. (A tendency for the unit to rotate with leakage flow only shall be noted.)

## 8. Essais

### 8.1 Essais à vide

8.1.1 On conserve le groupe en commande manuelle à la vitesse de démarrage ou au-dessus (voir le paragraphe 3.2, point 9) jusqu'à ce que les températures des paliers satisfassent les représentants des constructeurs.

Si l'une des températures est trop élevée ou monte trop rapidement, le groupe sera arrêté, la cause des anomalies recherchée et celles-ci corrigées.

Si tout va bien, la vitesse du groupe sera augmentée par paliers jusqu'à la vitesse nominale en restant à chaque palier successif jusqu'à ce que le taux d'accroissement de toutes les températures des paliers satisfasse les représentants des constructeurs.

8.1.2 Pendant chaque palier de vitesse de l'essai, on fera au moins les mesures et/ou les observations suivantes:

- 1) Déformation des fonds de turbine et des carters de paliers.
- 2) Bruits ou vibrations de la turbine et/ou du générateur.
- 3) Pression de l'eau d'alimentation des paliers et des presse-étoupe lubrifiés à l'eau, et de la réfrigération des joints d'arbre.
- 4) Conditions de fonctionnement des matériels accessoires et des dispositifs de sécurité et de signalisation de la turbine, en particulier de ceux qui n'ont pu être convenablement essayés avant que la turbine ait été mise en eau et que le groupe ait tourné.
- 5) Conditions de fonctionnement des pompes fournissant l'huile sous pression et des autres pompes.
- 6) Etat de l'huile dans les paliers et dans les systèmes à huile sous pression. Si l'on observe de l'eau dans l'huile, les fuites devront être localisées et éliminées. Si l'on observe une émulsion de l'huile, la cause devra en être décelée et éliminée.
- 7) Pression d'huile dans les systèmes à huile sous pression et dans les circuits de lubrification; pression, circulation et température d'entrée et de sortie de l'eau de réfrigération.
- 8) Niveaux de l'huile dans le système de graissage des paliers et dans les systèmes à pression d'huile.
- 9) Températures des paliers, des presse-étoupe et de l'huile de graissage.
- 10) Précession de l'arbre dans les paliers de la turbine et de l'alternateur et déplacement axial des parties tournantes, si possible.

Aux valeurs de vitesse convenues, généralement après les essais à vitesse nominale et à charge nulle, le fonctionnement du système de freinage (des contre-jets des turbines à action) devra être essayé.

8.1.3 Le fonctionnement du système de régulation pourra être vérifié à ce moment et le régulateur fonctionnant convenablement, la turbine pourra être utilisée pour le séchage et l'équilibrage du groupe, pour les essais du matériel électrique, des protections, des dispositifs automatiques, etc.

8.1.4 Quand l'essai à vide à la vitesse nominale est achevé, la vitesse de la turbine est progressivement augmentée, toujours en commande manuelle, pour vérifier l'action des dispositifs de survitesse.

La vitesse à laquelle chaque dispositif fonctionne doit être mesurée et tous les réglages nécessaires exécutés.

Après les essais de déclenchement, un réajustement des seuils de fonctionnement des dispositifs de survitesse peut être nécessaire.

## 8. Test runs

### 8.1 *No-load tests*

8.1.1 The unit is kept under manual control at or above the starting speed (see Sub-clause 3.2, Item 9) until bearing temperatures are satisfactory to the manufacturers' representatives.

If any temperature is excessive or increases too rapidly, the unit shall be shut down and the causes of this phenomenon investigated and corrected.

If all goes well, the unit speed shall be increased in pre-arranged steps up to the rated value, remaining at each successive speed until the rate of rise of all bearing temperatures is satisfactory to the manufacturers' representatives.

8.1.2 During each speed step of the test run, at least the following measurements and/or observations shall be made:

- 1) Deformation of covers and bearing supports.
- 2) Noise or vibration in the turbine and/or generator.
- 3) Water supply pressure in water-lubricated bearings and packings, and cooling of shaft-sealing devices.
- 4) Operating conditions of standby, turbine safety and signal devices, in particular those which could not be properly tested before water was admitted and the unit rotated.
- 5) Operating conditions for the oil pressure and other pumps.
- 6) Condition of oil in the bearings and pressure oil systems. If water is observed in oil, the leaks shall be located and eliminated. If oil foaming is observed, the cause shall be located and eliminated.
- 7) Oil pressure in pressure and lubrication systems; pressure, circulation and inlet and outlet temperature of cooling water.
- 8) Levels of oil in lubricating systems of bearings and in oil pressure systems.
- 9) Temperatures of bearings, packings and lubrication oil.
- 10) Shaft runout at turbine and generator bearings and axial displacement of rotating parts, if possible.

At some agreed speed value, usually after the rated-speed no-load test, the action of the braking system (also braking jets of impulse turbines) shall be checked.

8.1.3 The functioning of the governing system may be checked at this time and, with the governor operating correctly, the turbine may be used for dry-out and balancing of the unit, tests on the electrical equipment, protection and automatic devices, etc.

8.1.4 When the no-load test at rated speed is completed, the turbine speed is carefully increased, still under manual control, for checking the action of overspeed protection devices.

The set speed for each device shall be measured and any necessary adjustments made.

After the load rejection tests, a further adjustment of the overspeed device setting may be required.

## 8.2 *Essais en charge et essais de déclenchement*

### 8.2.1 *Généralités*

Quand le générateur électrique et son disjoncteur ont été déclarés prêts à fonctionner, le groupe peut être synchronisé. Pendant les essais de déclenchement, on doit prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter que les contraintes de la conduite forcée et de la turbine dépassent les valeurs spécifiées.

Ces précautions peuvent comprendre un réglage de la vitesse de manœuvre du régulateur à une valeur inférieure à la valeur stipulée dans le projet.

Quand des réglages sont faits sur le régulateur ou sur les organes de réglage, tous les essais déjà exécutés et pouvant être affectés par ce réglage doivent être refaits.

### 8.2.2 *Buts*

Les buts des essais en charge et des essais de déclenchement sont:

- 1) de vérifier, avec la précision convenue, la puissance du groupe par rapport à celle figurant dans les documents énumérés au paragraphe 3.2;
- 2) de vérifier la stabilité, les vibrations et la cavitation du groupe dans la gamme des puissances garanties;
- 3) de vérifier le fonctionnement du régulateur et des organes de réglage ainsi que celui du groupe tout entier;
- 4) de déterminer les variations momentanées de pression et les variations de vitesse du groupe et de connaître leurs valeurs extrêmes;
- 5) de régler les temps de fermeture des distributeurs, des pointeaux, des déflecteurs et des déchargeurs pour obtenir la plus faible survitesse du groupe compatible avec les variations de pression admissibles;
- 6) de permettre le contrôle du fonctionnement du reste de l'équipement hydraulique ou électrique, y compris les protections et les autres dispositifs automatiques.

### 8.2.3 *Mode opératoire*

On augmentera la charge par paliers. Des déclenchements sont exécutés à chaque palier de charge jusqu'à la charge maximale que l'on espère obtenir du groupe (par exemple des déclenchements peuvent être faits à 25 %, 50 %, 75 % et 100 % de la charge nominale aussi bien qu'à la charge maximale convenue).

Deux déclenchements seront faits à chaque palier de charge. L'un par commande du régulateur jusqu'au retour à l'ouverture de marche à vide du distributeur ou des pointeaux, l'autre résultera d'un arrêt d'urgence par l'électro-aimant d'arrêt.

Si cela est spécifié, les essais de déclenchement seront également exécutés au moyen des vannes de sécurité ou de tout autre dispositif d'arrêt d'urgence.

Après l'exécution de chaque essai de déclenchement, les surpressions et les survitesses seront analysées pour s'assurer que les valeurs limites spécifiées ne seront pas dépassées au cours de l'essai de déclenchement exécuté à la charge immédiatement supérieure.

### 8.2.4 *Observations, mesures et enregistrements*

Pendant ces essais, le coordinateur des essais devra s'assurer que, lorsque c'est possible, les observations suivantes seront faites et les résultats des mesures ci-après consignés:

#### *a) Fonctionnement en régime permanent*

- 1) Hauteurs de chute et niveaux dans le canal de fuite (ou pressions).
- 2) Puissance fournie par le générateur.
- 3) Ouverture du distributeur ou des pointeaux (dans les cas où c'est applicable, position des pales ou des déflecteurs).
- 4) Pression à l'entrée et à la sortie de la turbine.
- 5) Poussée axiale.

## 8.2 Load run and load rejection tests

### 8.2.1 General

When the generator and switching equipment have been declared ready for operation, the unit may be synchronized. During the load rejection tests, all necessary precautions shall be taken to ensure that rated values of penstock and turbine stresses will not be exceeded.

Such precautions may include setting governor timing at a slower-than-design rate.

When adjustments are made on governor or regulating devices, all tests which might be affected by the adjustment shall be repeated.

### 8.2.2 Purposes

The purposes of load run and load rejection tests are:

- 1) to check, with an agreed accuracy, the output of the unit, compared to the documents listed in Sub-clause 3.2;
- 2) to check the unit for instability, vibration or cavitation in the range of guaranteed loads;
- 3) to check the functioning of governor and regulating devices, as well as that of the entire unit;
- 4) to determine the momentary pressure and speed variations of the unit and to find their extreme values;
- 5) to adjust the closing times of the wicket gates, needle valves, runner blades, deflectors and pressure relief valves to minimize overspeed of the unit within the permissible limit of pressure variations;
- 6) to permit testing of the operation of other hydraulic and electrical equipment, including protection and other automatic devices.

### 8.2.3 Procedure

The load shall be increased in steps and a load rejection test made at successively higher loads up to the maximum expected to be placed on the unit (for example, rejections may be made at 25 %, 50 %, 75 % and 100 % of rated load, as well as from the maximum load that may be agreed upon).

Two rejections shall be made at each load. One rejection is made under governor control to no-load gate or needle opening, the other shall be an emergency shut-down by the stop solenoid.

If specified, load rejection tests shall also be made by means of the emergency gate or valve or by any other emergency device.

After the completion of each load rejection test, the pressure rise and turbine speed rise data shall be analyzed to ensure that the specified safe limits will not be exceeded during the next higher load rejection test.

### 8.2.4 Observations, measurements and recordings

During these tests, the test co-ordinator shall ensure, where possible, that the following observations and measurements are made and recorded:

#### a) Steady-state operation

- 1) Head and tailwater levels (or pressures).
- 2) Generator output.
- 3) Wicket gate or needle opening (where applicable, blade or deflector position).
- 4) Pressure at turbine inlet and outlet.
- 5) Axial thrust.

- 6) Pressions et niveaux dans les systèmes à pression d'huile.
- 7) Rythme de fonctionnement des pompes à pression d'huile.
- 8) Différence de pression nécessaire entre l'entrée et la sortie des servomoteurs pour fermer le distributeur ou les pointeaux. Réglage du déclenchement de la vanne de sécurité en corrélation avec cette différence de pression.
- 9) Température dans les paliers et les joints.
- 10) Niveau de bruit, si des valeurs sont spécifiées par le contrat.
- 11) Bruits anormaux, s'il y en a.
- 12) Vibrations et autres déplacements des parties tournantes et des parties fixes.
- 13) Fonctionnement des dispositifs d'admission d'air, s'ils existent.

*b) Essais de déclenchement et essais consécutifs*

- 1) Hauteurs de chute et niveaux dans le canal de fuite (ou pressions).
- 2) Puissance fournie par le générateur.
- 3) Course et temps de fermeture du distributeur ou des pointeaux (des pales ou des déflecteurs, s'il y a lieu).
- 4) Pression à l'entrée et à la sortie de la turbine.
- 5) Variations de niveau à la prise et à la cheminée d'équilibre.
- 6) Variation de vitesse du groupe en fonction du temps.
- 7) Poussée axiale maximale (si possible).
- 8) Course d'ouverture et temps d'ouverture et de fermeture du déchargeur, s'il existe.
- 9) Baisse de pression dans le système à pression d'huile lors de la manœuvre du régulateur et variation de niveau dans le réservoir à huile sous pression.
- 10) Niveau de bruit, si des valeurs sont spécifiées par le contrat.
- 11) Bruits anormaux, s'il y en a.
- 12) Vibrations et autres déplacements des parties tournantes et des parties fixes.
- 13) Fonctionnement des vannes d'aération, si elles existent.
- 14) Fonctionnement des vannes de sécurité avec coupure du débit, si cela est spécifié.

Si cela est possible, une estimation des fuites du distributeur de la turbine, en position fermée, sera faite, de préférence juste après les essais de déclenchement.

Après la période d'essai, on recommande de procéder à une visite de contrôle du groupe (paragraphe 2.8), par exemple pour déceler les contacts intempestifs ayant pu se produire.

Si pendant les essais (paragraphe 8.2) des phénomènes inhabituels ou des vibrations ont été observés, ou si un essai d'emballement a été réalisé (paragraphe 11.1.6), on devra procéder à cette visite de contrôle avant le début de la marche semi-industrielle (paragraphe 2.9).

- 6) Pressures and levels in oil pressure systems.
- 7) Operating times of oil pressure pumps.
- 8) Pressure differentials in servomotors required for wicket-gate or needle closure in relation to pressure setting for emergency gate tripping.
  
- 9) Temperatures in bearings and seals.
- 10) Noise levels, if values are specified in the contract.
- 11) Abnormal noises, if any.
- 12) Vibration and other displacement of rotating and fixed parts.
- 13) Action of air admission devices, if any.

*b) Load rejection and subsequent tests*

- 1) Head and tailwater levels (or pressures).
- 2) Generator output.
- 3) Strokes and closing times of wicket gates or needles (where applicable, of blades or deflectors).
- 4) Pressure at turbine inlet and outlet.
- 5) Level variations at intake and surge tanks.
- 6) Time/speed relationship of the unit.
- 7) Maximum axial thrust (if possible).
- 8) Opening strokes and opening/closing times for pressure relief valve, if any.
- 9) Pressure drop in the oil pressure system in the process of governing, and variation of level in the oil pressure reservoir.
- 10) Noise levels, if values are specified in the contract.
- 11) Abnormal noises, if any.
- 12) Vibration and other displacement of rotating and fixed parts.
- 13) Action of vacuum breaking valves, if any.
- 14) Action of emergency valve or gate under flow, if specified.

If possible, an estimate of leakage through the turbine with closed wicket gates should be made, preferably just after the load rejection tests.

It is recommended that after the test operation period (Sub-clause 2.8), an inspection of the unit be carried out, e.g. to check for any possible rubbing contact which may have occurred.

If during the tests (Sub-clause 8.2) unusual phenomena or vibration have been observed, or if a runaway speed test has been performed (Sub-clause 11.1.6), this inspection must be carried out prior to the start of the test service period (Sub-clause 2.9).

## CHAPITRE III: EXPLOITATION

### 9. Généralités

La période d'exploitation comprend:

- la marche semi-industrielle,
- la marche industrielle, comprenant: la période de garantie,  
la période postérieure à la garantie.

Les paragraphes relatifs à la marche semi-industrielle et à la période de garantie pourront s'appliquer aux groupes neufs, après leur premier montage et leur réception, ou bien à n'importe quel groupe, après réparation ou révision exécutée par un constructeur ou un entrepreneur.

L'article 12 sur la marche industrielle après la période de garantie pourra être appliqué aussi longtemps que le groupe sera en exploitation.

### 10. Marche semi-industrielle

10.1 Si l'on n'observe rien d'inhabituel pendant les essais en charge et pendant les essais de déclenchement, la marche semi-industrielle devra suivre. Comme le constructeur est généralement responsable de son matériel pendant la marche semi-industrielle et également de la manière dont il est exploité, on recommande au personnel de l'acheteur d'exploiter le matériel suivant les directives du constructeur pendant cette période.

Après le premier montage la marche semi-industrielle doit être assez longue pour donner à l'acheteur l'assurance que tous les éléments fonctionnent de manière satisfaisante. Après une révision, la marche semi-industrielle peut être écourtée ou même supprimée.

10.2 On doit préciser dans le contrat la durée de la dernière partie de la marche semi-industrielle, durée pendant laquelle le groupe doit fonctionner sans aucune interruption.

10.3 Pendant la marche semi-industrielle, le personnel de l'acheteur étudiera le fonctionnement du matériel et fera des relevés à intervalles réguliers (au moins une fois par jour - au début une fois par heure ou même plus souvent - et après tout changement de hauteur de chute, de débit ou de puissance). Ces relevés se rapporteront aux valeurs ci-après, là où elles s'appliquent:

- niveau d'eau en amont et en aval;
- pressions à l'entrée et à la sortie de la turbine;
- puissance fournie et oscillation de puissance;
- débit (si possible);
- ouverture du distributeur ou des pointeaux et, s'il y a lieu, position des pales mobiles ou des déflecteurs;
- températures des paliers, des joints et de l'huile de graissage;
- températures et pressions dans les systèmes à pression d'huile;

On doit également observer ce qui concerne:

- le fonctionnement du régulateur, de son alimentation en huile sous pression et de tous les auxiliaires;
- le fonctionnement des verrouillages et des appareils de signalisation;
- la déformation de la bêche ou des fonds de turbine;
- l'admission d'air (quantité et efficacité);
- la circulation de l'huile de graissage et de l'eau de réfrigération;
- l'efficacité du graissage aux divers points lubrifiés, l'efficacité des filtres et des réfrigérants, l'état de l'huile;
- les niveaux de l'eau dans les puits de drainage et la présence d'huile perdue;
- l'aptitude de la machine à fournir sa puissance;

## CHAPTER III: OPERATION

### 9. General

The operation period includes the following parts:

- test service,
- commercial service, divided into: guarantee period,  
post-guarantee period.

The sub-clauses on test service and the guarantee period shall be applied to new units after first erection and commissioning, or to any unit after repair or overhaul carried out by a manufacturer or a contractor.

Clause 12 on commercial service after the guarantee period may be applied as long as the unit is in operation.

### 10. Test service period

10.1 If nothing unusual has been observed during the load run and load rejection tests, the test service period shall follow. As the manufacturer is generally responsible for his equipment during test service and also for the way in which it is operated, it is recommended that the purchaser's personnel operate the equipment under the manufacturer's guidance during test service.

After the first erection, the test service period should be long enough to satisfy the purchaser that all components are in satisfactory operating condition. After an overhaul, the test service period can be shortened or even omitted.

10.2 The duration of the final part of the test service period during which the unit must operate without any interruption shall be stated in the contract.

10.3 During the test service period, the purchaser's staff shall study the functioning of the equipment and record at regular intervals (at least once a day, at the beginning once an hour or even more often, and after any change of head, flow or output). These records shall deal with the items in the following list where they apply:

- upstream and downstream water levels;
- pressures at turbine inlet and outlet;
- output and power swings;
- rate of flow (if possible);
- wicket-gate or needle opening, and, where appropriate, runner blade or deflector position;
- temperatures in bearings, seals and lubricating oil;
- temperatures and pressures in pressure oil systems;

Observations shall also be made regarding:

- functioning of governor and pressure oil units as well as all auxiliaries;
- action of interlocks and signalling devices;
- deformation of the turbine casing or cover;
- air admission (extent and effectiveness);
- circulation of lubricating oil and cooling water;
- effectiveness of lubrication at various points, filters and coolers; oil quality;
- water levels in drainage pits and presence of leaking oil;
- load-carrying ability of the machine;

- la température de l'air ambiant et la température de surface des machines avoisinantes (générateur électrique par exemple).

Le personnel observera également les bruits, les variations de la pression, les phénomènes de cavitation, les coups, les vibrations, les fuites, etc., dans le groupe et notera le déroulement de tels phénomènes et les circonstances dans lesquelles ils ont été observés.

10.4 A la fin de la marche semi-industrielle, les systèmes à fluide sous pression et les systèmes de graissage seront vérifiés pour déceler les impuretés.

10.5 Quand la marche semi-industrielle a été accomplie avec succès, la marche industrielle commence sous la responsabilité de l'acheteur. A ce moment, la période de garantie commence (paragraphe 2.12) et les parties contractantes devront établir en commun un procès-verbal sur ce point.

## 11. Marche industrielle

### 11.1 Période de garantie

#### 11.1.1 Mesures et observations

Les mesures et les observations spécifiées à l'article 10 doivent également être faites pendant la marche industrielle; en fonction des conditions d'exploitation, on peut augmenter l'intervalle de la plupart des mesures. La date et l'heure de chaque mesure ou observation devront être notées.

#### 11.1.2 Arrêt

S'il arrive quelque incident auquel on ne puisse immédiatement remédier, par exemple une montée soudaine de la température dans les paliers ou une baisse de pression dans le système à pression d'huile, le groupe doit être arrêté.

#### 11.1.3 Réparation

Quand les visites de contrôle montrent qu'une réparation est nécessaire pendant la période de garantie, une telle réparation ne doit être faite qu'en accord avec le constructeur.

#### 11.1.4 Essais de réception

Les essais de réception peuvent être complétés ainsi:

1) Des essais de rendement et de puissance peuvent être exécutés conformément à la Publication 41 de la CEI: Code international concernant les essais de réception sur place des turbines hydrauliques, quand elle est applicable; autrement, suivant accord entre le constructeur et l'acheteur.

2) L'ouverture maximale du distributeur ou des pointeaux, indiquée par le constructeur, conformément au paragraphe 3.2, sera vérifiée et les limites de fonctionnement établies en tenant compte du niveau de bruit ou de la baisse, soit de puissance, soit de rendement.

Si un fonctionnement continu n'est pas souhaitable dans un certain intervalle de charge, les limites de cet intervalle devront être déterminées et un accord devra intervenir sur la manière d'éliminer les anomalies et/ou la façon de franchir cet intervalle.

3) Dans le cas de turbines à pales mobiles, on recommande de vérifier la came de conjugaison par la méthode des rendements relatifs et, s'il en est besoin, on doit installer dès que possible une came corrigée.

#### 11.1.5 Régulateurs de vitesse

Les essais de réception des régulateurs de vitesse doivent être exécutés conformément à la Publication 308 de la CEI: Code international d'essai des régulateurs de vitesse pour turbines hydrauliques, quand elle est applicable et, autrement, suivant accord entre le constructeur et l'acheteur.

- ambient air temperature and surface temperature of surrounding machines (such as electrical generator).

The staff shall also observe noise, pressure pulsations, cavitation phenomena, bangs, vibration, leakage, etc., in the unit and record such phenomena and the circumstances under which they were observed.

10.4 At the end of the test service period, the pressure fluid systems and the lubricating systems shall be checked for impurities.

10.5 When the test service period has been successfully completed, commercial service under the responsibility of the purchaser begins. At the same time, the guarantee period begins (Sub-clause 2.12) and the contracting parties shall both place this on record.

## 11. Commercial service

### 11.1 *Guarantee period*

#### 11.1.1 *Measurements and observations*

The measurements and observations specified in Clause 10 shall also be made during commercial service. Depending on operating conditions, the intervals between most measurements can be extended. The time and date for each measurement or observation shall be recorded.

#### 11.1.2 *Shut-down*

If any trouble occurs and cannot be immediately corrected, e.g. a sudden temperature rise in bearings or pressure decrease in pressure oil unit, the unit shall be shut down.

#### 11.1.3 *Repair*

When inspection indicates the need for a repair during the guarantee period, such repair should be made only by agreement with the manufacturer.

#### 11.1.4 *Acceptance tests*

Acceptance tests may be completed in accordance with the following:

- 1) Efficiency and power tests should be performed according to IEC Publication 41, International Code for the Field Acceptance Tests of Hydraulic Turbines, where applicable; otherwise by agreement between manufacturer and purchaser.
- 2) The maximum opening values of the wicket gates or needles, indicated by the manufacturer according to Sub-clause 3.2, shall be checked and operating limits shall be established, considering noise level or power and/or efficiency decrease.

If continuous operation is considered undesirable over any load range, the limits of this range shall be established and an agreement shall be made on how to eliminate the trouble and/or how to pass through this range.

- 3) In the case of movable-blade turbines, it is recommended that the cam relationship be verified by the index method of testing and a corrected cam, if required, be installed as soon as possible.

#### 11.1.5 *Speed-governing systems*

The acceptance tests of speed-governing systems should be performed according to IEC Publication 308, International Code for Testing of Speed Governing Systems for Hydraulic Turbines, where applicable, otherwise by agreement between manufacturer and purchaser.

### 11.1.6 *Essais d'emballlement*

Les essais d'emballlement ne seront exécutés *in situ* que dans des cas exceptionnels et si le contrat le spécifie à la fois pour la turbine et le générateur. Toutes les précautions utiles devront être prises.

### 11.1.7 *Visite de garantie*

Ce paragraphe ne concerne que les points garantis dans le contrat. A une date convenue entre le constructeur et l'acheteur (habituellement juste avant la fin de la période de garantie), une visite de garantie du groupe sera exécutée. En particulier, tous les éléments pour lesquels une garantie de tenue à la cavitation s'applique doivent être inspectés (voir la publication de la CEI sur l'évaluation des cavitations, à l'étude).

Le représentant du constructeur doit être invité à participer à la visite de garantie.

La visite de garantie doit englober le fonctionnement et les vérifications mentionnés au paragraphe 13.1.

Les parties (constructeur et acheteur) devront établir conjointement le compte rendu des résultats de visites. Les comptes rendus devront énumérer toutes les mesures effectuées et préciser la partie qui doit les exécuter et la partie qui devra supporter les dépenses et programmer l'exécution du travail.

## 11.2 *Période postérieure à la garantie*

Les mesures et observations spécifiées à l'article 10 peuvent être poursuivies après la période de garantie. La périodicité des mesures et leur nombre sont déterminés par l'acheteur lui-même.

Si un phénomène inhabituel est observé ou enregistré, l'acheteur doit décider si le groupe peut rester en service ou s'il doit être arrêté pour visite de contrôle.

## 11.3 *Conditions de fonctionnement particulières*

### 11.3.1 *Fonctionnement par temps de gel*

Le fonctionnement par temps de gel requiert une attention particulière pour les petites conduites d'eau, surtout quand elles traversent des espaces non chauffés. Si la vitesse de l'eau est faible et si la conduite n'est pas isolée, elle risque d'être bloquée par la glace\*.

Quand un groupe a été à l'arrêt pendant quelque temps à des températures basses, il peut être nécessaire de réchauffer l'huile dans les paliers et dans le régulateur pour diminuer sa viscosité.

Tant que le groupe tourne, ses pertes produisent habituellement assez de chaleur pour conserver à l'huile de bonnes propriétés lubrifiantes.

### 11.3.2 *Fonctionnement dénoyé*

Le fonctionnement dénoyé exige que l'on porte une attention particulière aux besoins de réfrigération. Une réfrigération spécifique sera nécessaire pour les joints de turbine, en particulier pour les turbines à réaction de haute chute avec de faibles jeux aux labyrinthes et des vitesses périphériques élevées. Une réfrigération propre à ces jeux peut devenir nécessaire. Le constructeur fournira des instructions pour ce type de fonctionnement s'il peut avoir lieu.

---

\* Le sorbet risque également de provoquer l'obstruction des grandes aménées d'eau, en particulier aux grilles et aux distributeurs.

### 11.1.6 *Field tests for runaway speed*

Field tests for runaway speed shall be performed only in exceptional cases and then, if specified in the contract for both turbine and generator. All appropriate precautions shall be taken.

### 11.1.7 *Guarantee inspection*

This sub-clause concerns only the guarantee items in the contract. On a date agreed by manufacturer and purchaser (usually just before the end of the guarantee period), a guarantee inspection of the unit shall be performed. In particular, all of the components to which cavitation pitting guarantees apply shall be inspected (see IEC publication on cavitation pitting evaluation, under consideration).

The manufacturer's representative shall be invited to take part in the guarantee inspection.

The guarantee inspection shall cover operations and checks given in Sub-clause 13.1.

The parties (manufacturer and purchaser) shall make a joint record of the results of the inspection. These records shall list all measures to be taken, name the party to perform them and which party shall bear the expense and programme the work.

### 11.2 *Post-guarantee period*

The measurements and observations specified in Clause 10 may be continued after the guarantee period. The intervals between measurements and their extent are determined by the purchaser himself.

If any unusual phenomenon is observed or noted on a recording, the purchaser shall decide whether the unit continues to operate or whether it must be shut down for inspection.

### 11.3 *Special operating conditions*

#### 11.3.1 *Cold weather operation*

Cold weather operation requires particular attention to small water conduits, especially where they pass through unheated areas. If the water velocity is low and the conduit is not insulated, it may become blocked by ice.\*

When a unit has been shut down for some time at low temperatures, it may be necessary to heat the oil in bearings and governor system to reduce its viscosity.

As long as a unit is running, its losses will usually produce enough heat to maintain good lubrication properties of oil.

#### 11.3.2 *De-watered operation*

De-watered operation requires particular attention to cooling requirements. Separate cooling will be necessary at the shaft seal and, particularly for high-head reaction turbines with small runner clearances and high peripheral speeds, separate cooling of these clearances may become necessary. The manufacturer shall provide instructions for such operation, if applicable.

---

\* Ice can also cause blockage of large waterways, particularly at trash-racks and wicket gates.

## CHAPITRE IV: ENTRETIEN

### 12. Généralités

12.1 L'entretien comporte des activités de prévention et de réparation.

L'objectif commun à la prévention et à la réparation est de rechercher les causes de détérioration et d'usure afin de les éliminer.

Le but de l'entretien préventif est de diminuer les usures et la probabilité de détérioration ou de panne.

Le but des réparations est de redonner aux éléments endommagés et/ou usés leur état optimal.

12.2 Les activités d'entretien intéressent toutes les parties de la turbine et de son équipement annexe, à savoir:

- les arrivés d'eau;
- les parties fixes et tournantes de la turbine;
- les appareils de manœuvre et de régulation y compris leur matériel annexe;
- les systèmes de lubrification, de refroidissement et de drainage;
- les chaînes d'automatisme et les dispositifs de protection;
- les tableaux de commande et les appareils de mesure intéressant la turbine.

12.3 Les baisses de rendement et/ou de résistance des machines peuvent également être attribuées à l'une des causes suivantes ou à leur superposition:

- a) usure due au sable ou autres abrasifs en suspension dans l'eau;
- b) phénomène de cavitation;
- c) phénomène de fatigue;
- d) défauts du matériel, non décelés jusque-là;
- e) fonctionnement ou entretien ne respectant pas les recommandations et/ou les instructions du constructeur;
- f) défaut des connexions électriques ou liaisons mécaniques.

L'usure imputable au sable ou aux matières abrasives en suspension dans l'eau apparaît habituellement sur les pointeaux, les buses, les déflecteurs, les augets ou les pales, les ogives, les directrices, les sièges de vannes en général, les cercles d'usure et/ou les joints.

L'usure par cavitation apparaît habituellement sur les pointeaux, les déflecteurs, les augets ou les pales, les ogives, les directrices, le manteau et/ou l'aspirateur à la sortie de la roue.

Les roues de turbine à action sont exposées à des contraintes de fatigue élevées. Dans les turbines à réaction, les contraintes de fatigue n'atteignent pas en général des valeurs élevées sans être mises en évidence par des vibrations.

12.4 L'usure ou la cavitation constatée pendant la première partie de la marche industrielle (c'est-à-dire pendant la période de garantie) peut donner une indication sur la date de la prochaine visite de contrôle.

12.5 Pendant la période de garantie, on doit faire les réparations conformément au paragraphe 11.1.3.

Les réparations et révisions, une fois la période de garantie achevée, seront faites soit par le constructeur, soit par toute autre personne qualifiée.

### 13. Données utiles aux activités d'entretien

13.1 Afin de fournir des données utiles aux activités d'entretien, un certain nombre d'observations et de vérifications doivent être exécutées; elles comprennent:

## CHAPTER IV: MAINTENANCE

### 12. General

12.1 Maintenance consists of preventive and restorative activities (repair).

One purpose for both preventive and restorative maintenance is to search for causes of damage and wear with the object of eliminating them.

The purpose of preventive maintenance is to reduce wear and the probability of damage or breakdown.

The purpose of restorative maintenance is to restore damaged and/or worn parts to their optimum condition.

12.2 Maintenance activities concern all parts of the turbine and associated equipment such as:

- water passages;
- fixed and rotating turbine parts;
- control and regulating devices with their associated equipment;
- lubricating, cooling and drainage systems;
- automatic sequencing and safety devices;
- control board and measuring apparatus related to the turbine.

12.3 Loss of efficiency and/or strength of machinery can generally be traced to one or a combination of the following causes:

- a) wear due to silt or other abrasive matter in the water;
- b) cavitation phenomena;
- c) fatigue stress phenomena;
- d) defective material, not previously discovered;
- e) operation or maintenance not in accordance with manufacturer's recommendations and/or instructions;
- f) failures in electrical connections or mechanical linkages.

Wear due to silt or other abrasive content in the water will usually appear on needles, nozzles, deflectors, runner buckets or blades, runner hub, wicket gates, valve seats in general, wearing rings and/or seals.

Cavitation pitting will usually appear on needles, deflectors, runner buckets or blades, runner hub, wicket gates, runner chamber and/or throat ring.

Impulse turbine runners are subject to high fatigue stresses. In general, fatigue stresses in reaction turbines do not reach serious levels without being evidenced by vibration.

12.4 Experience of wear and/or cavitation pitting during the first part of commercial service (i.e. during the guarantee period) can be used to estimate the date of the next inspection.

12.5 Repairs during the guarantee period shall be made according to Sub-clause 11.1.3.

Repairs and overhaul after the guarantee period shall be made by the manufacturer or by any other qualified party.

### 13. Basis for maintenance activities

13.1 A number of observations and checks shall be made to provide a basis for maintenance activities; these include:

a) Pendant le fonctionnement à vitesse nominale:

- fonctionnement de toutes les parties mécaniques (coups, bruits anormaux, vibrations importantes, échauffement);
- fuites d'huile et/ou d'eau;
- système de lubrification, de réfrigération et de drainage (niveaux, débits, pressions, températures d'entrée et de sortie);
- régulateur et système hydraulique associé;
- seuils de fonctionnement des appareils de sécurité comparés aux seuils de fonctionnement initiaux;
- puissance et débit (ou paramètre proportionnel au débit), hauteur de chute, ouverture des directrices ou des pointeaux pour le fonctionnement en charge et pour la marche à vide.

b) Pendant les régimes transitoires:

- valeurs maximales de la vitesse et variations de pression;
- variations de pression dans les systèmes à pression d'huile. Temps de fermeture des directrices, des pointeaux et des déchargeurs;
- temps nécessaire au groupe pour s'arrêter;
- phénomènes inhabituels (coups, bruits anormaux, vibrations excessives, fuites, etc.).

c) A l'arrêt:

- pressions;
- niveaux et températures de l'huile de graissage ou du fluide du régulateur;
- positions de fermeture des directrices, des pointeaux, des déflecteurs, des pales mobiles, des vannes d'entrée et de sortie, du régulateur et des servomoteurs, comparées aux positions initiales.

d) Pendant les visites systématiques et pendant les réparations:

- usure, détérioration et fissures sur les éléments inaccessibles en fonctionnement, par exemple les roues, les pointeaux, les buses, les joints, les cercles d'usure, les paliers et la tringlerie.

L'arrêt précédant une visite systématique doit être un déclenchement à pleine charge de façon à vérifier les mécanismes du régulateur.

13.2 Il est commode, pour ces observations et vérifications, de suivre une liste établie d'avance pour le groupe concerné, liste qui indiquera explicitement la fréquence des observations et précisera ce qu'il convient de noter pendant les différentes phases des travaux.

Quand on procède aux observations indiquées au paragraphe 13.1, point d), il convient de consigner les mesures relevées sur des tableaux analogues à ceux donnés dans l'annexe de ce guide.

## 14. Remise en l'état optimal

Dans les activités de remise en l'état, deux voies sont offertes, à savoir:

- remplacer les éléments usés ou détériorés;
- réparer.

Dans ce dernier cas, on peut utiliser des techniques telles que meulage, soudage à l'arc ou au chalumeau, métallisation.

Les modes opératoires doivent être choisis en tenant dûment compte des conditions locales, des exigences de l'acheteur, des règlements et de l'expérience.

## 15. Redémarrage

Quand on démarre un groupe après une révision, on peut suivre les mêmes modalités de démarrage que lors du premier démarrage. Les résultats doivent être comparés à ceux des essais initiaux et les causes de toute différence essentielle doivent être déterminées.

*a)* During rated speed operation:

- operation of all mechanical parts (any knocking, abnormal noise, excessive vibration, temperature rise);
- oil and/or water leaks;
- lubricating, cooling and drainage systems (levels, flows, pressures, inlet and outlet temperatures);
- governor and associated fluid system;
- values set for the action of safety devices, as compared with initial values;
- power and flow (or an index value proportional to flow), head, wicket-gate or needle opening for generation, as well as for no-load operation.

*b)* During transients:

- maximum momentary speed and pressure variations;
- pressure change in the oil pressure system. Closing times of wicket gates, needles and pressure relief valves;
- time to shut unit down;
- unusual phenomena (any knocking, abnormal noise, excessive vibration, leaks, etc.).

*c)* At standstill:

- pressures;
- levels and temperatures of lubricating oil or governor fluid;
- closed positions of wicket gates, needles, deflectors, runner blades, inlet and outlet gates and valves, governor and servomotor, as compared with initial values.

*d)* During maintenance inspections and during repair activity:

- wear, damage and cracks on otherwise inaccessible parts, e.g. runners, needles, nozzles, seals, wearing rings, bearings and linkage.

The shut-down prior to regular inspection should be a full-load rejection in order to check the regulating mechanism.

13.2 It is convenient, for these observations and checks, to follow a check list prepared beforehand for the particular unit and stating explicitly the frequency of these observations and what shall be noted during different stages.

When carrying out the observations indicated in Sub-clause 13.1, Item *d)*, the measurements shall be recorded on sheets similar to those in the Appendix to this guide.

#### 14. Restoration to optimum condition

In the restoration activity, two courses are open, namely:

- to replace worn or damaged parts;
- to repair them.

In the latter case, techniques such as grinding, welding, spraying or soldering may be used.

Procedures should be chosen with due consideration to local conditions, purchaser's requirements, regulations and experience.

#### 15. Re-starting

When starting a unit after overhaul, the same general procedure may be followed as for the initial start. The results shall be compared with those of the original tests and the causes of any fundamental differences ascertained.

## ANNEXE

### MESURES

#### 1. Généralités

Les dimensions à relever pendant le montage comprennent notamment:

- les cotes d'implantation des parties fixes et les cotes de positionnement et de réglage de la ligne d'arbre;
- les valeurs des entrefers, des jeux entre roues et fonds, roues et cercles d'usure, pales et manteaux, directrices et plaques d'usure, etc.

Les profils transversaux peuvent être relevés avant ou pendant le montage et comparés aux gabarits correspondants. Les différences entre le profil relevé et le gabarit doivent être notées.

#### 2. Paramètres de réglage de la ligne d'arbre

Les tableaux suivants doivent être complétés, la figure 1, page 34, étant utilisée pour les groupes horizontaux et la figure 2, page 36, pour les groupes verticaux.

#### 3. Application à une turbine à réaction

Les principales données et cotes mesurées au cours du montage sont inscrites sur un croquis adapté fourni par le constructeur.

La figure 3, page 38, représente un croquis d'ensemble d'une turbine à réaction du type Francis et la figure 3, page 40, représente le tableau correspondant destiné à recevoir les résultats des mesures.

## APPENDIX

### MEASUREMENTS

#### 1. General

Dimensions to be measured during erection include among others:

- reference marks and measurements for location of fixed parts and shaft alignment;
- gaps and clearances between runners and covers, runners and wearing rings, runner blades and casings, wicket gates and wearing plates, etc.

Cross-section profiles may be plotted before or during erection and compared with the corresponding templates. The differences between the surface profile and the template shall be recorded.

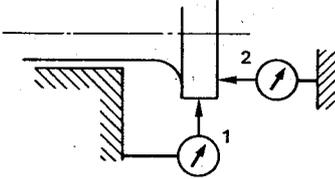
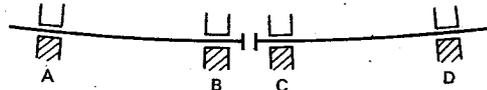
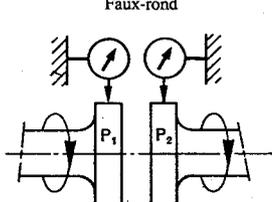
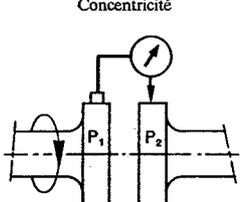
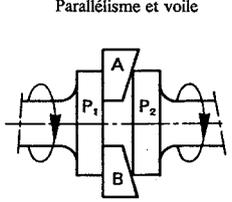
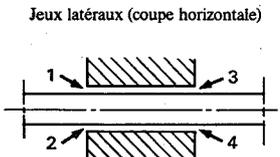
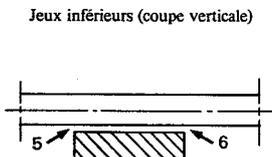
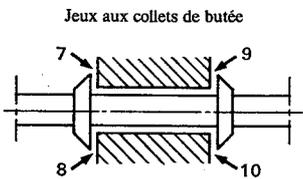
#### 2. Adjustment values for shaft alignment

The following forms shall be completed, using Figure 1, page 35, for horizontal units and Figure 2, page 37, for vertical units.

#### 3. As applied to a reaction turbine

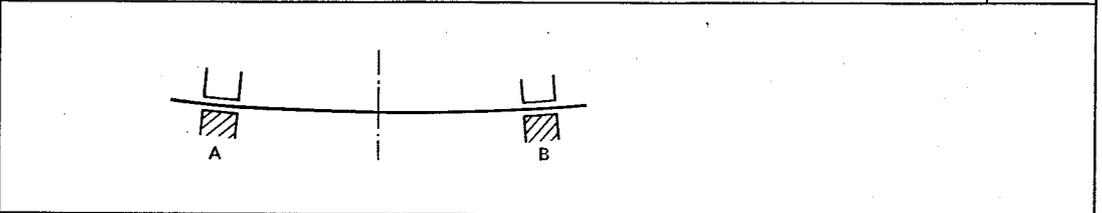
Main data and dimensions as measured during erection are inserted on a suitable sketch provided by the manufacturer.

Figure 3, page 39, is a general sketch for a Francis type reaction turbine and Figure 3, page 41, gives the corresponding table for results of measurements.

FIGURE 1		Usine:	Groupe n°:																																																																	
		MESURES AU MONTAGE - GROUPE HORIZONTAL																																																																		
1	Croquis de la ligne d'arbre																																																																			
2	Vérification sur les plateaux d'accouplement	<div style="display: flex; align-items: center;">  <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Position \ Plateau</th> <th colspan="2">0°</th> <th colspan="2">90°</th> <th colspan="2">180°</th> <th colspan="2">270°</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table> </div>		Position \ Plateau	0°		90°		180°		270°		1	2	1	2	1	2	1	2	A									B																																						
Position \ Plateau	0°		90°		180°		270°																																																													
	1	2	1	2	1	2	1	2																																																												
A																																																																				
B																																																																				
3	Croquis de la ligne d'arbre (suite)	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Si le groupe a trois paliers, le palier B n'est qu'un support auxiliaire pour le montage</p> </div> </div>																																																																		
4	Vérification sur les plateaux d'accouplement (suite)	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Faux-rond</p>  <table border="1" style="margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>Position \ Plateau</th> <th>0°</th> <th>90°</th> <th>180°</th> <th>270°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P1</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Concentricité</p>  <table border="1" style="margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>Position \ Plateau</th> <th>0°</th> <th>90°</th> <th>180°</th> <th>270°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P1</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Parallélisme et voile</p>  <table border="1" style="margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>Position \ Plateau</th> <th>0°</th> <th>90°</th> <th>180°</th> <th>270°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P1</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">A et B: cales biaisées</p> </div> </div>		Position \ Plateau	0°	90°	180°	270°	P1					P2					Position \ Plateau	0°	90°	180°	270°	P1					P2					Position \ Plateau	0°	90°	180°	270°	P1					P2																								
Position \ Plateau	0°	90°	180°	270°																																																																
P1																																																																				
P2																																																																				
Position \ Plateau	0°	90°	180°	270°																																																																
P1																																																																				
P2																																																																				
Position \ Plateau	0°	90°	180°	270°																																																																
P1																																																																				
P2																																																																				
5	Pente des tourillons et des fusées (1/1000 mm/m)	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tourillon \ Position de l'arbre</th> <th colspan="4">Plateaux désaccouplés</th> <th colspan="4">Plateaux accouplés</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0°</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>90°</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>180°</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>270°</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>		Tourillon \ Position de l'arbre	Plateaux désaccouplés				Plateaux accouplés				A	B	C	D	A	B	C	D	0°									90°									180°									270°																				
Tourillon \ Position de l'arbre	Plateaux désaccouplés				Plateaux accouplés																																																															
	A	B	C	D	A	B	C	D																																																												
0°																																																																				
90°																																																																				
180°																																																																				
270°																																																																				
6	Jeux aux paliers dans une seule position	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Jeux latéraux (coupe horizontale)</p>  <table border="1" style="margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>Palier \ Point</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Jeux inférieurs (coupe verticale)</p>  <table border="1" style="margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>Palier \ Point</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td><td></td> </tr> </tbody> </table> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Jeux aux collets de butée</p>  <table border="1" style="margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>Palier \ Point</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">Palier - butée</p> </div> </div>		Palier \ Point	1	2	3	4	A					B					C					D					Palier \ Point	5	6	A			B			C			D			Palier \ Point	7	8	9	10	A					B					C					D				
Palier \ Point	1	2	3	4																																																																
A																																																																				
B																																																																				
C																																																																				
D																																																																				
Palier \ Point	5	6																																																																		
A																																																																				
B																																																																				
C																																																																				
D																																																																				
Palier \ Point	7	8	9	10																																																																
A																																																																				
B																																																																				
C																																																																				
D																																																																				
7	<p>Pour régler la ligne d'arbre, on a placé sous les paliers des cales d'épaisseur: A = ... mm - B = ... mm - C = ... mm - D = ... mm</p>																																																																			
8	Observations:																																																																			

<b>FIGURE 1</b>	Power plant:	Unit No.:
	MEASUREMENTS DURING ERECTION - HORIZONTAL UNIT	

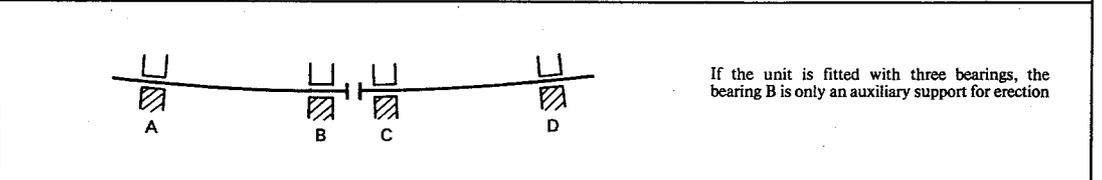
1 Shaft alignment sketch



2 Check on coupling flanges

Position	0°		90°		180°		270°	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Fixed flange								
A								
B								

3 Shaft alignment sketch (continued)



4 Check on coupling flanges (continued)

Eccentricity check

Position	0°	90°	180°	270°
Flange P1				
P2				

Concentric erection check

Position	0°	90°	180°	270°
Flange				

Parallelism and buckle check

Position	0°	90°	180°	270°
Flange P1				
P2				

A and B: feeler gauges

5 Gradient of journals and spindles (1/1000 mm/m)

Journal	Coupling flanges disengaged				Coupling flanges engaged			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Shaft position 0°								
90°								
180°								
270°								

6 Clearances in bearings in one single position

Journal side-clearances (horizontal section)

Point	1	2	3	4
Bearing A				
B				
C				
D				

Journal lower clearances (vertical section)

Point	5	6
Bearing A		
B		
C		
D		

Journal collar clearances

Point	7	8	9	10
Bearing				

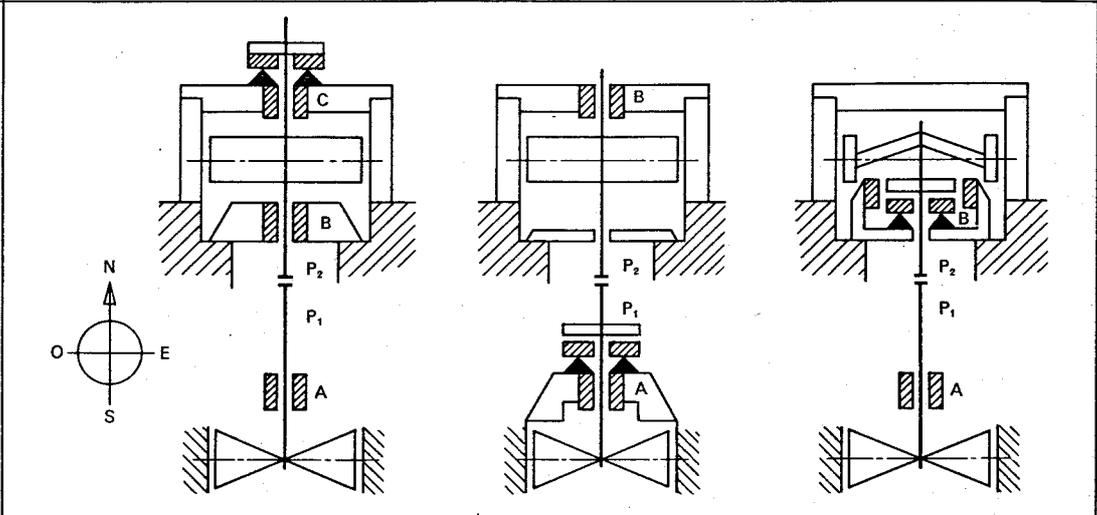
Thrust bearing

7 For shaft alignment, thicker gauges have to be placed under bearings: A = ... mm - B = ... mm - C = ... mm - D = ... mm

8 Observations:

	Usine:	Groupe n°:
<b>FIGURE 2</b>	<b>MESURES AU MONTAGE - GROUPE VERTICAL</b>	

1 Croquis de la ligne d'arbre



2 Vérification sur les plateaux d'accouplement

**Faux-rond**

	N	E	S	O
P <sub>2</sub>				
P <sub>1</sub>				

**Parallélisme et voile**

Position Plateau immobile	N	E	S	O
	A-B	A-B	A-B	A-B
P <sub>1</sub>				
P <sub>2</sub>				

L'arbre que l'on fait tourner dépend de la position du pivot

3 Jeux aux paliers (1/1000 mm)

Position Palier	N <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
	A							
B								
C								

4 Faux-rond dans les paliers

Quatre positions de l'arbre

1: partie supérieure

2: partie inférieure

Position de l'arbre Point du palier A	0°	90°	180°	270°	360°
N <sub>1</sub> ou 2					
S <sub>1</sub> ou 2					
E <sub>1</sub> ou 2					
O <sub>1</sub> ou 2					

Position de l'arbre Point du palier B	0°	90°	180°	270°	360°
N <sub>1</sub> ou 2					
S <sub>1</sub> ou 2					
E <sub>1</sub> ou 2					
O <sub>1</sub> ou 2					

Calcul du faux-rond

$$d = 0,5 \sqrt{(N-S)^2 + (E-O)^2}$$

$d_A = \dots \dots \dots$  mm

$d_B = \dots \dots \dots$  mm

Faux-rond toléré  $do = \dots \dots \dots$  mm

$$do = 0,03 \frac{L}{D}$$

$L$  = distance entre le point de mesure et la glace de pivoterie

$D$  = diamètre de la glace de pivoterie

5 Observations:

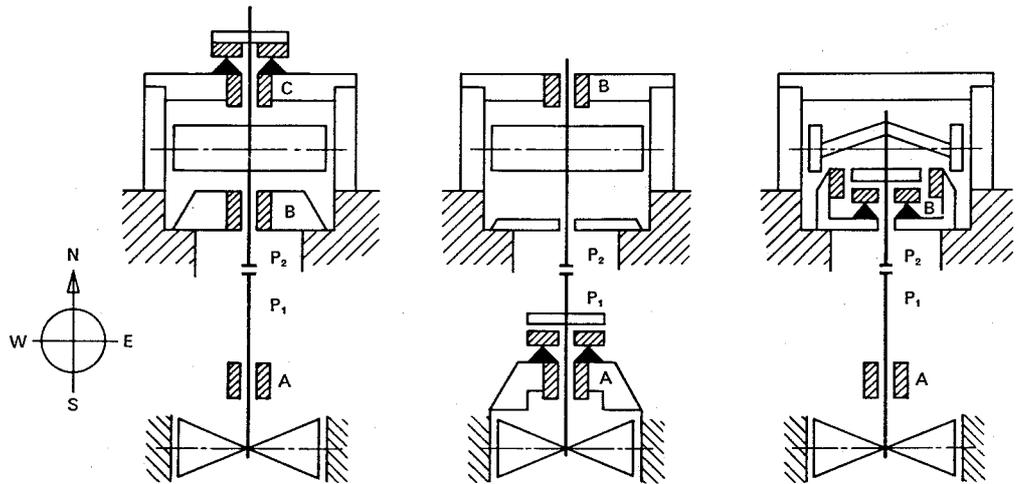
Power plant:

Unit No.:

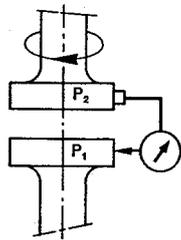
FIGURE 2

MEASUREMENTS DURING ERECTION - VERTICAL UNIT

1 Shaft alignment sketch

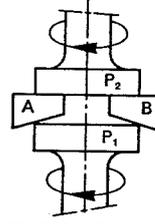


2 Check on coupling flanges



Eccentricity check

	N	E	S	W
P <sub>2</sub>				
P <sub>1</sub>				

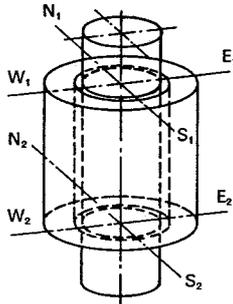


Parallelism and buckle check

Position Still flange	N	E	S	W
	A-B	A-B	A-B	A-B
P <sub>1</sub>				
P <sub>2</sub>				

Which shaft is to be turned depends upon the thrust-bearing location

3 Clearances in bearings (1/1000 mm)



Position Bearing	N <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	W <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	W <sub>2</sub>
	A							
B								
C								

4 Eccentricity in bearings  
  
Four positions for shaft  
  
1: upper part  
  
2: lower part

Point on bearing A	Shaft position				
	0°	90°	180°	270°	360°
N <sub>1</sub> or 2					
S <sub>1</sub> or 2					
E <sub>1</sub> or 2					
W <sub>1</sub> or 2					

Point on bearing B	Shaft position				
	0°	90°	180°	270°	360°
N <sub>1</sub> or 2					
S <sub>1</sub> or 2					
E <sub>1</sub> or 2					
W <sub>1</sub> or 2					

Computed eccentricity

$$d = 0,5 \sqrt{(N-S)^2 + (E-W)^2}$$

$d_A = \dots \dots \dots$  mm

$d_B = \dots \dots \dots$  mm

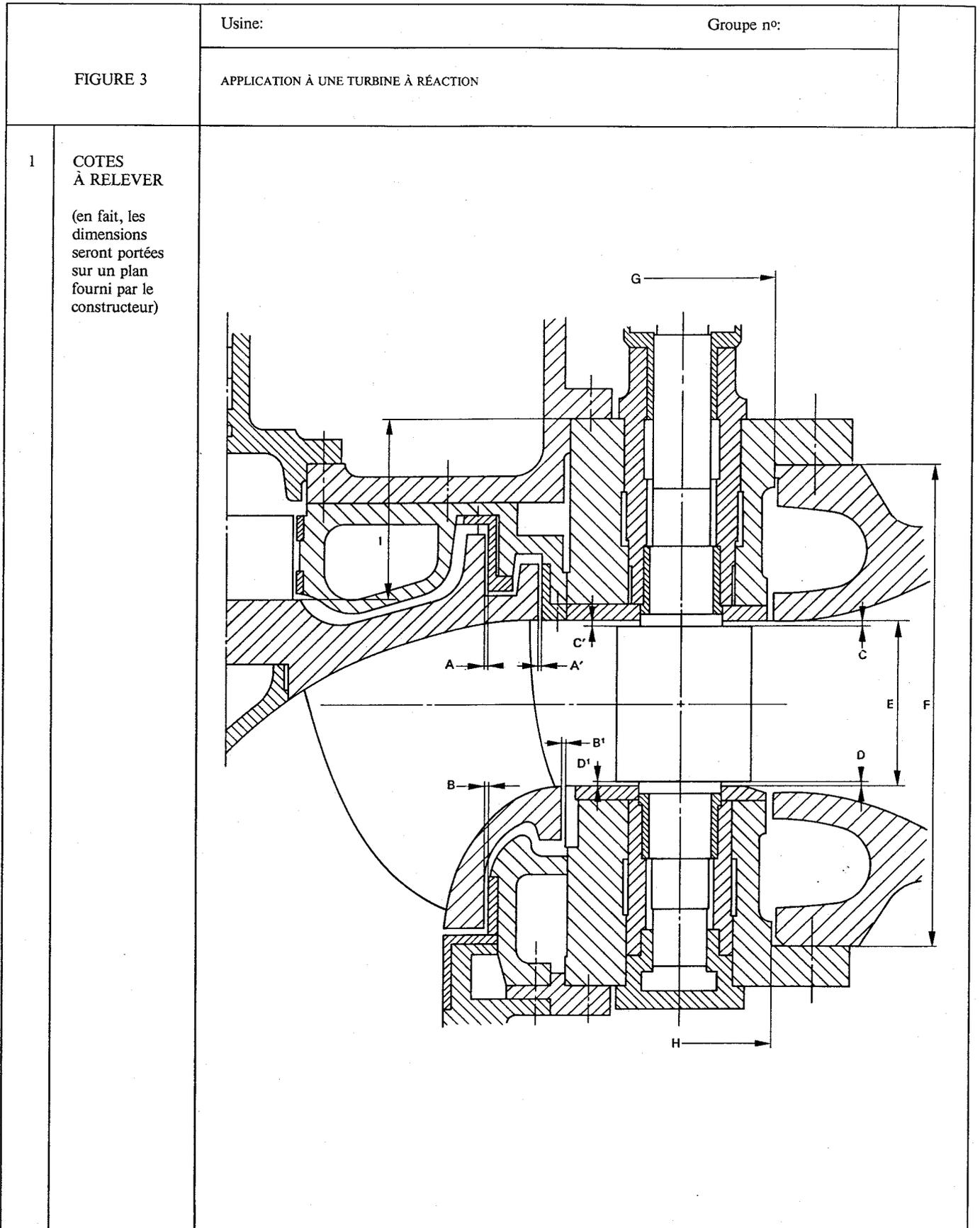
Permissible eccentricity  $do = \dots \dots \dots$  mm

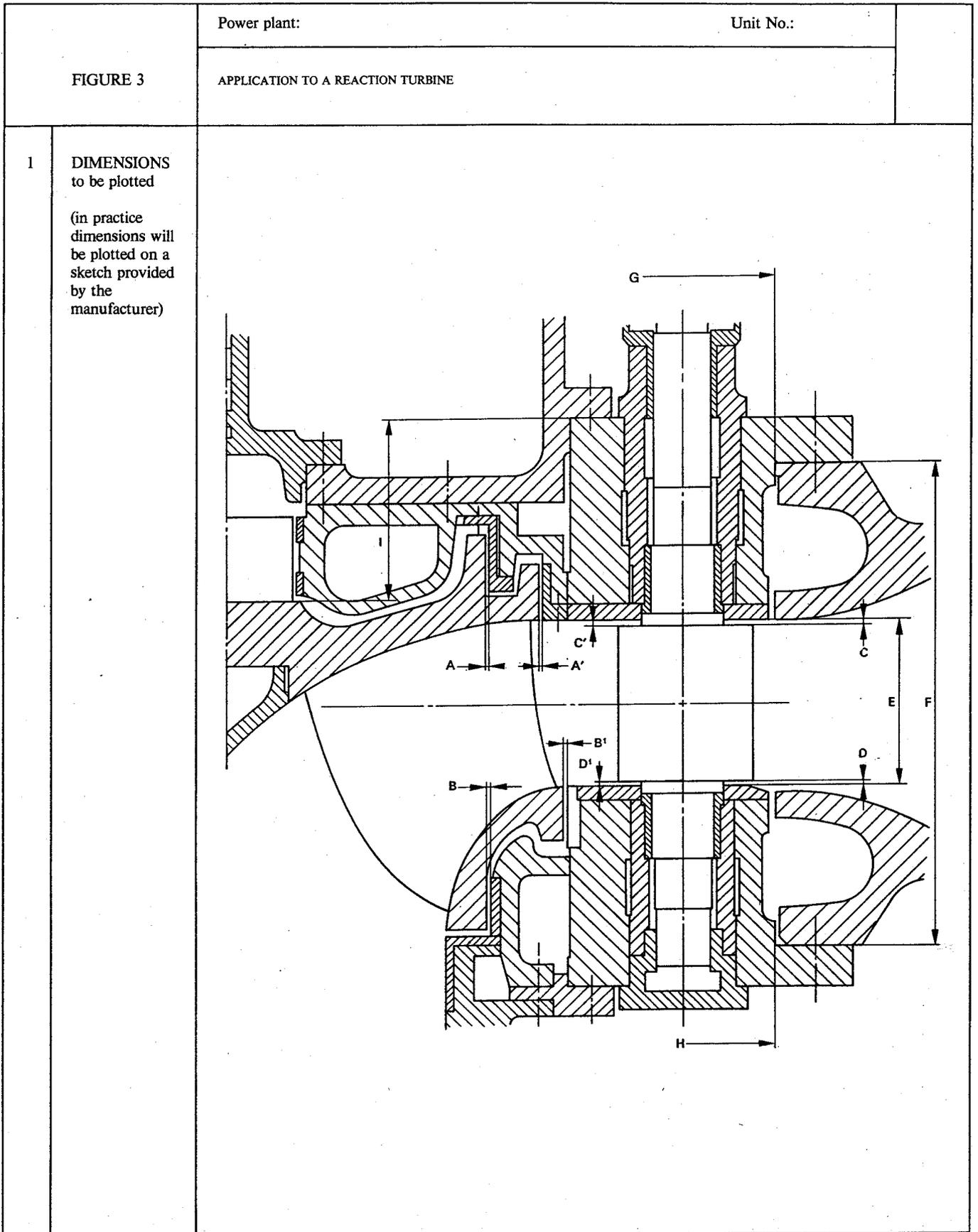
$$do = 0.03 \frac{L}{D} \text{ mm}$$

$L$  = distance between thrust ring and measurement point

$D$  = diameter of the thrust ring

5 Observations:





<b>FIGURE 3</b> (suite)	Usine:	Groupe n°:
	APPLICATION À UNE TURBINE A RÉACTION	

2 Jeux entre directrices et plaques d'usure en position d'ouverture (1/1000 mm)

	Directrice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	Emplacement																			
	C																			
	D																			
	C <sub>1</sub>																			
	D <sub>1</sub>																			

Directrice 1: voir le point 4 ci-dessous - repère I - suivant le sens de l'écoulement

3 Jeux du distributeur fermé entre les arêtes de contact des directrices (1/1000 mm)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	

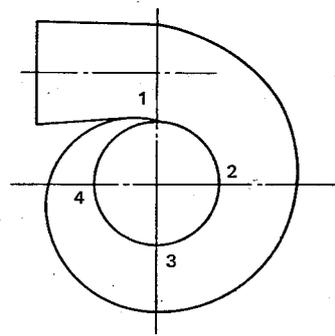
4 Contrôle sur faces d'appui des fonds

Parallélisme (groupe horizontal)

F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>

Pente (groupe vertical) (1/1000 mm/m)

M <sub>1-3</sub>	M <sub>2-4</sub>	N <sub>1-3</sub>	N <sub>2-4</sub>



5 Parallélisme des plaques d'usure en millimètres

E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>

6 Valeur maximale admissible du déplacement de l'arbre

Soulèvement ..... mm

Déplacement horizontal ..... mm

7 Jeux aux labyrinthes

Quatre positions de la roue

Quatre mesures pour chaque position (1/1000 mm)

	0°				90°				180°				270°			
	A		A <sub>1</sub>		B		B <sub>1</sub>		A		A <sub>1</sub>		B		B <sub>1</sub>	
Point	A	A <sub>1</sub>	B	B <sub>1</sub>	A	A <sub>1</sub>	B	B <sub>1</sub>	A	A <sub>1</sub>	B	B <sub>1</sub>	A	A <sub>1</sub>	B	B <sub>1</sub>
1																
2																
3																
4																

Le premier relevé est effectué à la fin du montage en faisant virer les parties tournantes après injection d'huile au palier butée ou après soulèvement des parties tournantes.

8 Observations:



LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

---

**ICS 23.100.10**

---