

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60805

Première édition
First edition
1985-09

**Guide pour la réception, l'exploitation et
l'entretien des pompes d'accumulation et
des pompes-turbines fonctionnant en pompe**

**Guide for commissioning, operation and
maintenance of storage pumps and of
pump-turbines operating as pumps**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60805: 1985

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60805

Première édition
First edition
1985-09

**Guide pour la réception, l'exploitation et
l'entretien des pompes d'accumulation et
des pompes-turbines fonctionnant en pompe**

**Guide for commissioning, operation and
maintenance of storage pumps and of
pump-turbines operating as pumps**

© IEC 1985 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
SECTION UN – GÉNÉRALITÉS	
1. Domaine d'application et objet	6
2. Termes et définition	6
3. Conditions d'exploitation	10
SECTION DEUX – RÉCEPTION	
4. Généralités	14
5. Coordonnateur des essais	14
6. Contrôles avant démarrage	14
7. Premier tour de roue	18
8. Essais en rotation	18
SECTION TROIS – EXPLOITATION	
9. Généralités	24
10. Marche semi-industrielle	26
11. Marche industrielle	28
SECTION QUATRE – ENTRETIEN	
12. Généralités	30
13. Bases de l'entretien	32
14. Remise en l'état optimal	34
15. Redémarrage	34
ANNEXE A — Mesures	36

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60805:1985

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
SECTION ONE – GENERAL	
1. Scope and object	7
2. Terms and definitions	7
3. Data on operating conditions	11
SECTION TWO – COMMISSIONING	
4. General	15
5. Test co-ordinator	15
6. Pre-start tests	15
7. Initial run	19
8. Test runs	19
SECTION THREE – OPERATION	
9. General	25
10. Test service period	27
11. Commercial service	29
SECTION FOUR – MAINTENANCE	
12. General	31
13. Basis for maintenance activities	33
14. Restoration to optimum condition	35
15. Re-starting	35
APPENDIX A – Measurements	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE POUR LA RÉCEPTION, L'EXPLOITATION ET L'ENTRETIEN DES POMPES D'ACCUMULATION ET DES POMPES-TURBINES FONCTIONNANT EN POMPE

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.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
4(BC)41	4(BC)43

Pour de plus amples renseignements, consulter le rapport de vote mentionné dans le tableau ci-dessus.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

- Publications n°s 198 (1966): Code international concernant les essais de réception sur place des pompes d'accumulation.
- 497 (1976): Code international concernant les essais de réception sur modèle réduit des pompes d'accumulation.
- 545 (1976): Guide pour la réception, l'exploitation et l'entretien des turbines hydrauliques.
- 609 (1978): Evaluation de l'érosion de cavitation dans les turbines, les pompes d'accumulation et les pompes-turbines hydrauliques.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDE FOR COMMISSIONING, OPERATION AND
MAINTENANCE OF STORAGE PUMPS AND OF
PUMP-TURBINES OPERATING AS PUMPS**

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.

The text of this standard based on the following documents:

Six Months' Rule	Report on Voting
4(CO)41	4(CO)43

Further information can be found in the Report on Voting indicated in the table above.

The following IEC publications are quoted in this standard:

- Publications Nos. 198 (1966): International Code for the Field Acceptance Tests of Storage Pumps.
497 (1976): International Code for Model Acceptance Tests of Storage Pumps.
545 (1976): Guide for Commissioning, Operation and Maintenance of Hydraulic Turbines.
609 (1978): Cavitation Pitting Evaluation in Hydraulic Turbines, Storage Pumps and Pump-turbines.

GUIDE POUR LA RÉCEPTION, L'EXPLOITATION ET L'ENTRETIEN DES POMPES D'ACCUMULATION ET DES POMPES-TURBINES FONCTIONNANT EN POMPE

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

Le présent guide a pour objet d'établir, d'une manière générale, les modes opératoires pour la réception:

- a) des machines hydrauliques non réversibles, sans distributeur mobile (pompes de stockage);
- b) des machines hydrauliques réversibles à pales fixes et distributeur fixe, fonctionnant en pompe;
- c) des machines hydrauliques réversibles à pales fixes et distributeur mobile, fonctionnant en pompe;
- d) des machines hydrauliques réversibles à pales réglables et distributeur mobile, fonctionnant en pompe,

ainsi que de leurs accessoires.

Il a également pour objet d'indiquer comment il convient que ces matériels soient exploités et entretenus.

Ce guide s'applique aux pompes d'accumulation et aux pompes-turbines réversibles de tous types et notamment aux machines importantes accouplées directement à un moteur/générateur électrique.

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

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

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

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

On suppose que la turbine de l'aménagement ou la turbine-pompe fonctionnant en turbine répondent aux spécifications de la Publication 545 de la CEI: Guide pour la réception, l'exploitation et l'entretien des turbines hydrauliques, et ont fait l'objet d'une procédure préalable. Dans le cas où cela ne serait pas possible, un programme de réception particulier doit être mis au point assez tôt pendant l'élaboration du projet.

2. Termes et définitions

2.1 Réception

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

GUIDE FOR COMMISSIONING, OPERATION AND MAINTENANCE OF STORAGE PUMPS AND OF PUMP-TURBINES OPERATING AS PUMPS

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope and object

The purpose of this guide is to establish, in a general way, suitable procedures for commissioning:

- a) non-reversible hydraulic machines without movable wicket-gates, i.e. storage pumps;
- b) reversible hydraulic machines with fixed blade impellers and without movable wicket-gates, operating as pumps;
- c) reversible hydraulic machines with fixed blade impellers and with movable wicket-gates, operating as pumps;
- d) reversible hydraulic machines with adjustable impeller blades and movable wicket-gates, operating as pumps.

and associated equipment.

This guide also indicates how such machines and equipment should be operated and maintained.

This guide applies to storage pumps and reversible pump-turbines of all types, especially to large units coupled to electrical motor-generators.

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

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

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

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 machine and its equipment.

It is assumed that the turbine of the set or the pump-turbine operating as turbine has been commissioned beforehand in accordance with IEC Publication 545: Guide for Commissioning, Operation and Maintenance of Hydraulic Turbines, where applicable. Where this is not possible, an individual commissioning procedure shall be established at an early stage of plan design.

2. Terms and definitions

2.1 Commissioning

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

2.2 *Exploitation*

Utilisation du matériel pour la transformation d'énergie, ou état de disponibilité du matériel pour une telle utilisation.

2.3 *Entretien*

Intervention sur le matériel, destinée à le maintenir dans les meilleures conditions d'exploitation possibles.

2.4 *Contrôles avant démarrage*

Contrôles ayant lieu entre l'achèvement du montage et le premier tour de roue.

2.5 *Premier tour de roue*

Première rotation des parties tournantes après le montage.

2.6 *Essai*

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

2.7 *Régime d'essai*

Utilisation du matériel aux fins d'essais.

2.8 *Période de marche pour essais*

Période d'essai qui suit le premier tour de roue et précède la marche semi-industrielle. Elle comprend la vérification du matériel en fonctionnement, ainsi que les essais de déclenchement.

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 transformation d'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 d'exploitation ainsi que les arrêts pour entretien, visites, réparations, 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, des essais conformes aux dispositions correspondantes du paragraphe 11.1.4 doivent avoir lieu.

2.13 *Visites de contrôle*

Vérification de l'état du matériel.

2.2 *Operation*

Utilization of the equipment to convert energy, or state of readiness for such utilization.

2.3 *Maintenance*

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

2.4 *Pre-start tests*

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

2.5 *Initial run*

First movement of rotating parts after erection.

2.6 *Test run*

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

2.7 *Test operation*

Utilization of the equipment for testing purposes.

2.8 *Test operation period*

Test period following initial run and followed by test service. It includes runs for checking plant equipment, as well as pumping and energy supply interruption tests.

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 convert energy, or state of readiness for such operation.

2.11 *Commercial service period*

Period starting after acceptance, 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 of his equipment in order to bring it into conformity with the contract. For this purpose, tests in accordance with appropriate parts of Sub-clause 11.1.4 shall be performed.

2.13 *Inspection*

Check on the condition of equipment.

2.14 *Visite systématique*

Visite à intervalles réguliers, souvent associée à des réparations marginales.

2.15 *Réparation*

Remise en état après usure ou détérioration.

2.16 *Modification*

Intervention destinée à améliorer les performances.

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.

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 ou les constructeurs devront fournir aux représentants responsables de l'acheteur tous les documents, instructions et informations nécessaires, comprenant:

- dessins généraux et caractéristiques;
- liste 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 A;
- gamme de démontage et de remontage et/ou vues éclatées des ensembles, selon le cas;
- 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 tour de roue.

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

- 1) Diagramme de fonctionnement de la pompe d'accumulation, ou de la pompe-turbine en pompe, indiquant les hauteurs de chute, débits, puissance absorbée et hauteur d'aspiration, et fixant les limites d'exploitation. Cela, s'il y a lieu, pour différentes ouvertures du distributeur et des pales.
- 2) Transposition applicable au modèle ou au prototype conformément à la Publication 497 de la CEI: Code international concernant les essais de réception sur modèle réduit des pompes d'accumulation, si celle-ci est applicable.
- 3) Fréquences de fonctionnement, concernant les passages normaux d'un type de fonctionnement à un autre (pompage, turbinage, compensation synchrone, réserve tournante, arrêt pour réparation) ainsi que les régimes dus à des défauts électriques ou mécaniques divers.
- 4) Ouverture du distributeur et des pales, s'il y a lieu, pendant la période de démarrage et en fonction de la hauteur de chute et du niveau dans le canal de fuite.

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 machine and its accessories by the purchaser's personnel.

The manufacturer(s) shall deliver to the purchaser's responsible representative 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 the supply, and tables of measurements as given in Appendix A;
- assembly and dismantling instructions and/or exploded views of assemblies as necessary;
- 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 representative as soon as required and in any case, before the initial run.

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

- 1) Diagram of the storage pump or pump-turbine operating as pump, relating head, discharge, input and suction head and indicating operation limits: in applicable cases, at different wicket-gate and runner blade openings.
- 2) Statement of similitude of model and prototype according to IEC Publication 497: International Code for Model Acceptance Tests of Storage Pumps, if appropriate.
- 3) Detailed sequential diagrams, illustrating ordinary changes from one mode of operation to another (pumping, generation, synchronous condenser operation, stand-by, stop for repair) as well as changes due to various electrical or mechanical faults.
- 4) Wicket-gate and impeller blade openings during the starting period and as a function of head and tailwater level, if applicable.

- 5) S'il y a lieu, description du dispositif de dénoyage et de renoyage de la roue de pompe, données sur les réservoirs d'air comprimé, compresseurs, vannes, organes de contrôle automatique, niveaux maximaux et minimaux dans l'aspirateur, etc.
- 6) Description, s'il y a lieu, du dispositif d'embrayage entre arbre de pompe et moteur-générateur et de la façon dont le système est synchronisé.
- 7) Dispositifs d'asservissement et de commande.

Description du dispositif de commande de la vanne principale du distributeur et des pales (s'il y a lieu), et lors de fermeture et d'ouverture de ces organes (vannes, directrices, pales).

Caractéristiques du fluide du dispositif de commande, filtrage à utiliser, fréquence et méthode de régénération.

- 8) Variations de vitesse et de pression sous différentes hauteurs de chute en régime transitoire. Vitesse d'emballement inverse en régime permanent, vitesse d'emballement inverse maximale en régime transitoire.
- 9) Vitesse minimale de fonctionnement à atteindre lors du premier tour de roue (en fonction de la conception du palier de butée et des autres paliers).
- 10) Description du système de lubrification précisant les quantités de lubrifiants, 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) Vitesse limite au-dessous de laquelle il est nécessaire de pratiquer l'injection d'huile dans le palier de butée.
- 13) S'il y a lieu, vitesses maximale et minimale pour l'intervention du freinage.
- 14) Niveaux et pressions d'huile intermédiaires auxquels les pompes et les compresseurs doivent être démarrés ou des alarmes être données; également, valeur 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 (alarme et déclenchement).
- 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 (alarme et déclenchement).
- 17) Pression et débit maximaux ou minimaux dans les réfrigérants (alarme et déclenchement).
- 18) Niveaux maximaux dans les puits d'exhaure (alarme et déclenchement).
- 19) Caractéristiques des moteurs électriques, des pompes et autres accessoires.
- 20) Instructions de sécurité pour le personnel d'essai et d'exploitation.
- 21) Autres renseignements jugés indispensables par le client ou le constructeur pour la sécurité d'exploitation du matériel ou pour l'instruction du personnel.

Certains de ces renseignements pourront avoir été déjà fournis pour un autre mode d'exploitation de la machine hydraulique.

- 3.3 Le ou les constructeurs 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 tour de roue, 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 qu'il puisse faire fonctionner 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.

- 5) If applicable, description of the de-watering and refilling system of the pump impeller, data for pressure air tanks, compressors, valves, automatic control devices, maximum and minimum water level in the draft tube, etc.
- 6) If applicable, description of the coupling type between pump shaft and motor-generator shaft and of the synchronizing arrangement.
- 7) Control and servo systems.
Description of type and control system of the main valve, the distributor and the movable blade impeller (as applicable) as well as closing and opening laws for the main valve, the wicket-gates and impeller blades.
Characteristics of the fluids for the control system, filter specifications and information on purification frequency and method.
- 8) Speed and pressure variations at various operating heads under transient conditions. Maximum steady-state reversed runaway speed, maximum momentary reversed runaway speed.
- 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 time after shut-down for a re-start without operating the jacking system.
- 12) Speed limit 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 pressure oil or fluid 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 for 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.

Some of this information may be required already for other modes of operation of the hydraulic machine.

- 3.3 The manufacturer(s) shall give appropriate instruction 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 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 machinery 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.

SECTION DEUX — 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 imprévu, il y aura avantage à enregistrer simultanément sur un enregistreur les paramètres significatifs (pressions dans la bêche et l'aspirateur, ouverture des organes de manœuvre, vitesse, déplacement et vibrations de l'arbre, des directrices et des fonds, et si possible puissance, efforts sur les paliers, pression dans les servomoteurs, etc.). L'enregistrement devra fonctionner pendant le démarrage et ensuite. Chaque relevé doit mentionner la date et l'heure.
- 4.4 L'acheteur a la responsabilité d'obtenir l'accord de toutes les autorités intéressées sur les conditions particulières de la marche pour essais (débits, réseau, etc.).

5. Coordonnateur des essais

Sauf spécification contraire, un coordonnateur 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 coordonnateur 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 des essais doivent rendre compte au coordonnateur de toutes les interventions faites sur le matériel.

6. Contrôles avant démarrage

La rigidité et la fréquence de résonance des éléments d'appui des machines réversibles doivent être vérifiées, de préférence, avant montage du groupe, puis revérifiées machine en place, si possible.

Ces essais de vérification doivent avoir lieu avant la première mise en eau de la machine. Ils peuvent faire partie du programme de réception des pompes-turbines fonctionnant en turbine. Suivant le paragraphe 6.1 de la Publication 545 de la CEI, les points suivants, au moins, doivent être contrôlés et les résultats consignés par le coordonnateur des essais.

6.1 Liste des contrôles

- 1) Visite de tous les ouvrages d'amenée et enlèvement de tous les corps étrangers (qui peuvent causer des dommages). Si nécessaire, les sections de mesure et les points de prélèvement pour les futurs essais de réception seront vérifiés; on s'assurera qu'ils sont satisfaisants et que les dimensions relevées conviennent.
- 2) Etalonnage des graduations pour les dispositifs de manœuvre (distributeur et pales de roue par exemple), mesure des jeux (voir annexe A).

SECTION TWO — COMMISSIONING

4. General

- 4.1 Commissioning occurs after first erection of a new unit. Similar procedures may be utilized with or without formal acceptance also after repair or overhaul.
- 4.2 Operating requirements given in Clause 3 shall be complied with during commissioning. If operating circumstances of the power station prevent commissioning within these requirements, the purchaser and manufacturer should agree on the commissioning procedure.
- 4.3 It will be advantageous for correct interpretation and determination of the causes of any unexpected phenomena, to make simultaneous recordings of significant parameters (such as pressure in spiral and draft tube, openings of control mechanisms, speed, displacement and vibration of shaft, wicket-gates and covers, and possibly power, forces on bearings, pressures in servo-motors, etc.) on recording instruments. These should be in operation during the initial run and onwards. Each recording shall have a time and date registration.
- 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

Unless otherwise specified, a test co-ordinator shall be chosen by the purchaser, the main contractors, and the manufacturers. He shall be 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

The rigidity and resonance frequency of the supporting structures for reversible machines shall preferably be checked before erection of the unit, and later checked with the machine in place, if possible.

These test checks shall be carried out before the hydraulic machine is filled for the first time with water; they may be part of the turbine commissioning programme for pump-turbines. According to Sub-clause 6.1 of IEC Publication 545, at least the following items shall be checked and the results recorded by the test co-ordinator.

6.1 *Pre-tests check*

- 1) Inspection of all waterways of the hydraulic machine and removal of all foreign or loose objects (these might cause damage). If required, the measuring sections and pressure taps for future acceptance tests shall be checked and confirmed as satisfactory and dimensions recorded as appropriate.
- 2) Calibration of scales for control devices (such as wicket-gates and impeller blades), measurement of clearances, see Appendix A.

- 3) Fonctionnement des systèmes générateurs de pression d'huile, des vannes de coupure, des organes de manœuvre, des appareils de démarrage et d'arrêt automatiques et manuels, et des dispositifs de signalisation.
- 4) Niveaux et pressions d'huile dans le dispositif de commande; état de tous les filtres à huile.
- 5) Tous les dispositifs de protection tels que détecteurs de niveau, pression ou température d'huile ainsi que leurs relais, avec exécution des réglages nécessaires.
- 6) Durées d'ouverture et de fermeture des organes de manœuvre, et fonction assurée.
- 7) Durées d'ouverture et de fermeture des vannes ou distributeur (si possible), et fonction assurée.
- 8) Jeux aux paliers et aux joints. Dans le cas de paliers lubrifiés par huile sous pression, le système d'injection devra être vérifié.
- 9) Fonctionnement des pompes de reprise des fuites et d'exhaure, et des pompes de lubrification autonomes.
- 10) Huile, graisse, et alimentation en eau de tous les paliers et joints qui requièrent une lubrification et un refroidissement.
- 11) Fonctionnement du système de freinage du groupe.
- 12) Blocage convenable de tous les couvercles de trous d'homme.

Les vérifications suivantes seront également effectuées, s'il y a lieu:

- 13) Réglage des pales en position de repos.
- 14) Fonctionnement du dispositif de dénoyage et de renoyage, et de son dispositif de commande.
- 15) Fonctionnement du dispositif d'embrayage.

Après exécution des contrôles énumérés ci-dessus, les vannes ou distributeurs seront fermés, les organes de commande de la machine également (et verrouillés si possible), les freins seront appliqués et le tableau électrique mis sous tension.

S'il est satisfait, le coordonnateur des essais donnera des instructions pour que les aménées d'eau soient remplies.

6.2 Remplissage des circuits hydrauliques

La vanne placée côté aspiration sera ouverte la première. On vérifiera les fuites.

L'ouvrage d'aménée sera rempli lentement, et de préférence manuellement, soit à travers un by-pass, soit par une petite ouverture de la vanne ou du batardeau. Quand l'ouvrage d'aménée est complètement rempli, la vanne est ouverte, ou les batardeaux sont enlevés.

La bache des machines qui comportent un distributeur sera mise en pression par un by-pass, et vérifiée avant ouverture de la vanne principale. La mise en service des dispositifs de protection automatiques qui agissent sur cette vanne sera vérifiée, ainsi que le fonctionnement de la vanne elle-même.

La bache des machines hydrauliques qui ne comportent pas de distributeur ne peut être mise partiellement en pression qu'à la pression du canal de fuite.

Les dispositifs de protection automatiques qui actionnent les vannes d'entrée et de sortie sont vérifiés et spécialement la vanne de sécurité. Les dispositifs de verrouillage automatique sont également vérifiés. Si tout fonctionne correctement, et si les fuites et déformations ne présentent pas d'anomalies, on poursuit les essais, par exemple ceux des dispositifs de dénoyage et de renoyage, avec réglage de leurs organes de commande.

- 3) Operation of pressure oil units, hydraulic shut-off valves, pressure relief valves, control systems, automatic and manually-operated starting and stopping devices, and signalling devices.
 - 4) Oil levels and pressures in the control system; condition of all oil filters.
 - 5) All protective devices, such as oil level, pressure and temperature alarms and relays, with adjustment if needed.
 - 6) Times of opening and closing of control elements, and their function.
 - 7) Times of opening and closing of valves or gate (if possible), and their function.
 - 8) Bearing and seal clearances. In the case of pressure-lubricated bearings, the oil injection system should be checked.
 - 9) Operation of leakage and drainage pumps and separately-driven lubrication pumps.
 - 10) Oil, grease, and water supply to all bearings and seals requiring lubrication and cooling.
 - 11) Operation of the braking system of the unit.
 - 12) Proper fastening of all manhole covers.
- The following will also be checked, if applicable:
- 13) Runner blades set at starting position.
 - 14) Operation of the de-watering and refilling system and its control devices.
 - 15) Operation of the disengageable coupling mechanism.

After the above checks, the valves or gates shall be closed, the control devices on the machine shall be closed (and locked, if applicable), the brakes applied and the electrical board energized.

When satisfied, the test co-ordinator shall give instructions for the waterways to be filled.

6.2 *Filling waterways*

The suction side valve or gate shall be opened first. A check for leaks shall be made.

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

The casing of a machine with a distributor shall be pressurized through a by-pass 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.

The casings of hydraulic machines without a distributor, can be partially pressurized only with the tailwater pressure.

Automatic protection devices which actuate the intake or outlet gate or valve shall be checked, especially, the emergency gate. Also automatic locking devices shall be checked. If the protective devices and the emergency gate work satisfactorily and no unusual leakage or deformation has been observed; further tests, such as a de-watering and refilling test, shall be carried out and the control devices adjusted.

7. Premier tour de roue

Pour les pompes-turbines à distributeur réglable, le premier tour de roue a lieu en principe lors de la réception en turbine, en accord avec la Publication 545 de la CEI. Pour les pompes-turbines sans distributeur réglable, le premier tour de roue du groupe est normalement effectué après ouverture de la vanne principale et/ou d'un by-pass. Les machines réversibles à distributeur réglable sont normalement démarrées en pompage avec la roue dénoyée. Il faut alors refroidir les joints ou labyrinthes et le joint d'arbre. L'alimentation en eau de réfrigération doit être vérifiée avant mise en rotation de la machine vide. Cette condition d'essai est normalement accomplie pendant la transition (au démarrage) qui va de la libération de l'air à l'ouverture optimale pour le pompage.

Les machines hydrauliques sans distributeur mobile seront normalement démarrées en pompe avec la roue noyée. Dans le cas des machines réversibles ou des pompes d'accumulation sans embrayage, la machine électrique doit être mise en vitesse assignée au moyen des matériels prévus, synchronisée et couplée au réseau.

Dans le cas des groupes ternaires, où la pompe peut être désaccouplée, il faut envisager deux cas:

- a) accouplement possible seulement à l'arrêt: accouplement en service, la machine électrique sera mise en vitesse assignée au moyen de la turbine, synchronisée et couplée au réseau;
- b) accouplement possible en rotation: accouplement hors service, la pompe sera mise en vitesse, par exemple par un convertisseur de couple en augmentant son taux de remplissage jusqu'à ce que la vitesse normale soit atteinte. Puis l'accouplement à la machine électrique sera mis en service, celle-ci ayant démarré pendant ce temps à l'aide de la turbine.

Si un bruit, un frottement ou tout autre phénomène anormal se manifeste, ou si l'un des responsables des constructeurs le demande, la machine est immédiatement arrêtée.

8. Essais en rotation

8.1 Essais à débit nul

- 8.1.1 La pompe fonctionne avec sa vanne principale ou son distributeur fermés, donc à débit nul, et seulement pendant un temps réduit pour éviter une élévation de température dangereuse de l'eau dans la pompe. Le temps à respecter dépend de la conception de la machine, des hauteurs et débits, et aura été défini au préalable.

Le groupe tourne à la vitesse nominale, avec le moteur-générateur couplé au réseau. Les températures de tous les paliers, de l'huile et de l'eau de réfrigération sont vérifiées en permanence. Si une température devient excessive, ou croît trop vite, le groupe est arrêté et il est porté remède à l'anomalie.

Pour ces essais,

- la machine hydraulique qui a démarré avec sa(ses) roue(s) noyée(s) doit fonctionner vanne principale et by-pass fermés;
- la machine hydraulique qui a démarré avec sa(ses) roue(s) dans l'air sera renoyée. Le renoyage doit être effectué soigneusement, de façon que pression et débit augmentent lentement, et qu'il ne se produise pas d'à-coups de pression et de puissance néfastes.

On notera le temps nécessaire pour atteindre ce mode de fonctionnement.

Le groupe sera arrêté avant d'avoir dépassé le temps permis pour le fonctionnement à débit nul.

7. Initial run

In the case of pump-turbines with movable wicket-gates the initial run of the set will normally take place while commissioning the turbine according to the IEC Publication 545. In the case of pump-turbines without movable wicket-gates the initial run of the set will normally take place after opening the main valve and/or a by-pass. Reversible machines with movable wicket-gates will usually be started in the pumping direction with the impeller in air. It will then be necessary to provide cooling for the impeller seals or labyrinths and for the shaft seal. The provisions for this cooling shall be tested before rotating the empty machine. This test condition is normally achieved as part of the transition (during start-up) from releasing air to best gate opening for pumping.

Hydraulic machines without movable wicket-gates will usually be started as pumps with the impeller in water: in the case of reversible machines or of storage pumps without coupling, the electrical machine shall be brought to rated speed by the equipment provided, synchronized and connected to the grid.

In the case of ternary sets with a disengageable coupling to the storage pump, two cases shall be foreseen:

- a) coupling engageable only with unit at standstill: in this case the coupling will be engaged and then the electrical machine will be brought to rated speed by the turbine, synchronized and connected to the grid;
- b) coupling engageable on speed: in this case the coupling will be disengaged and the storage pump shall be brought to speed by for example, a torque converter with increasing rate of filling of the converter, so that at the end normal speed will be reached. Then the coupling to the electrical machine, started meanwhile by the turbine, shall be engaged.

If any abnormal noise, scraping or other phenomena are observed, or if an authorized representative of any manufacturer so requests, the unit shall be stopped immediately.

8. Test runs

8.1 No-discharge tests

- 8.1.1 The pump shall operate with its main valve or wicket-gates closed and therefore under no-discharge conditions for a short period only, to avoid a dangerous temperature rise of the water inside the pump. This period depends on the design of the machine, its head and its input and shall be well defined beforehand.

The unit shall be operating at rated speed with the motor-generator connected to the grid. The temperatures of all bearings, oil and of the cooling water shall be continuously recorded. If any temperature becomes excessive or increases too rapidly, the unit shall be shut down and the reason for this phenomenon investigated and corrected.

For these tests,

- the hydraulic machine that has been started with its impeller(s) in water shall have the main valve and by-pass closed;
- the hydraulic machine that has been started with its impeller(s) in air shall be refilled. The filling procedure has to be done carefully so that pressure and input increase smoothly and so that no undue pressure or power peaks occur.

The time needed for reaching no-discharge operation shall be recorded.

The unit shall be stopped before the agreed permissible no-discharge operation period elapses.

Cet essai sera répété de façon à permettre le réglage de différents dispositifs de démarrage (coupleur, vannes de dénoyage et de renoyage, etc.).

8.1.2 Pendant ce fonctionnement à débit nul, on fera si possible les mesures et/ou observations suivantes:

- 1) Puissance et pression (y compris hauteur d'aspiration).
- 2) Vibration et déformation des couvercles et supports de paliers.
- 3) Vibrations dans la machine hydraulique, particulièrement de l'arbre et des directrices et du moteur-générateur. Bruit.
- 4) Pression de l'eau dans les paliers et les presse-étoupe lubrifiés à l'eau, et dans l'arrosage des joints d'arbre.
- 5) Conditions de fonctionnement des matériels accessoires et dispositifs de sécurité et de signalisation, en particulier de ceux qui n'auraient pas pu être essayés avant remplissage et mise en rotation.
- 6) Conditions de fonctionnement des pompes fournissant l'huile sous pression, et des autres pompes.
- 7) Etat de l'huile dans les paliers et systèmes à huile sous pression. S'il y a de l'eau dans l'huile, localiser et éliminer les fuites. De même pour odeur ou fumées d'huile.
- 8) Pression de l'huile dans les systèmes à huile sous pression et dans les circuits de lubrification; pression, circulation, température d'entrée et de sortie de l'eau de réfrigération.
- 9) Niveaux de l'huile dans le système de graissage des paliers et dans les systèmes à pression d'huile.
- 10) Température des paliers, des presse-étoupe et de l'huile de graissage.

8.2 Essais de fonctionnement et de déclenchement en pompe

8.2.1 Généralités

Quand le fonctionnement à débit nul est satisfaisant, le ou les organes de commande du débit seront ouverts lentement à la position de marche en pompe. Les mesures et observations se poursuivent, notamment sur la puissance absorbée, la pression et les vibrations. Pour les pompes-turbines qui ont un distributeur et des pales mobiles, la loi qui les relie sera vérifiée et optimisée, par exemple par la méthode des rendements relatifs (voir paragraphe 11.1.4).

Une coupure d'alimentation peut survenir à tout moment pendant ces essais. On doit prendre les précautions nécessaires pour être sûr de ne pas dépasser les contraintes admissibles dans la conduite forcée et dans la pompe. Les essais doivent tenir compte d'une vitesse de dévirage, sous réserve des dispositions du paragraphe 11.1.5.

8.2.2 Buts

Les buts sont les suivants:

- a) pour les essais en régime permanent, y compris la marche en compensateur synchrone:
 - 1) vérifier, avec la précision convenue, la puissance absorbée, la pression et le débit de la pompe par rapport aux valeurs figurant dans les documents énumérés au paragraphe 3.2;
 - 2) vérifier la stabilité, les vibrations et la cavitation du groupe dans la gamme des puissances garanties.
- b) pour les essais en régime transitoire, comprenant les changements de mode d'exploitation:
 - 1) vérifier le fonctionnement des organes de commande et de l'ensemble de la machine;

These no-discharge tests shall be repeated in order to allow the necessary adjustments of different starting devices, such as coupling mechanisms, de-watering and refilling valves, etc.

8.1.2 During the no-discharge run, the following measurements and/or observations shall be made (if possible):

- 1) Input and pressure (including suction head).
- 2) Vibration and deformation of covers and bearing supports.
- 3) Vibration in the hydraulic machine, especially of shaft and wicket-gates and of the motor-generator. Noise.
- 4) Water supply pressure in water-lubricated bearings and packings, and cooling of shaft sealing devices.
- 5) Operating conditions of stand-by, safety, and signal devices, in particular those which could not be properly tested before water was admitted and the unit rotated.
- 6) Operating conditions for the oil pressure and other pumps.
- 7) Conditions of oil in bearings and pressure oil systems. If water is observed in oil, leaks should be located and eliminated. If oil foam or smell is observed, the cause shall be located and eliminated.
- 8) Oil pressure in pressure and lubrication systems; pressure, circulation, and inlet and outlet temperature of cooling water.
- 9) Levels of oil in the lubricating system of bearings and in oil pressure systems.
- 10) Temperatures of bearings, packings, and lubrication oil.

8.2 *Pumping and energy supply interruption tests*

8.2.1 *General*

When no-discharge operation is satisfactory, the flow control device(s) shall be opened slowly to pumping position. Measurements and observations shall be continued and especially input, pressure and vibration shall be carefully studied. On pump-turbines with movable wicket-gates and impeller blades, the relation between them shall be checked and improved, for example by index tests (see Sub-clause 11.1.4).

An energy supply interruption may occur at any moment during these tests. Necessary precautions must be taken to ensure that safe values of penstock and pump stresses will not be exceeded. The tests should be arranged to include an agreed degree of reverse rotation, subject to the provision of Sub-clause 11.1.5.

8.2.2 *Purposes*

The purposes are:

- a) for tests during steady-state operation, including synchronous condenser operation:
 - 1) to check with an agreed accuracy, the input, pressure and discharge of the pump, compared with the documents listed in Sub-clause 3.2;
 - 2) to check the unit for instability, vibration, or cavitation in the range of guaranteed loads.
- b) for tests during transients; including changing mode of operation:
 - 1) to check the functioning of control devices, as well as that of the entire unit;

- 2) déterminer les variations transitoires de pression et de vitesse et trouver leurs valeurs maximales;
- 3) régler les lois et temps de manœuvre des organes de commande (vanne principale, distributeur ou pales de roue) de la machine hydraulique, de façon à atténuer au maximum les variations de pression;
- 4) permettre de contrôler le fonctionnement des autres matériels hydrauliques et électriques, y compris les protections et autres automatismes.

8.2.3 *Mode opératoire*

En partant des conditions à débit nul, on établira le débit:

- pour les machines sans distributeur, en ouvrant la vanne principale suivant une loi d'ouverture convenable;
- pour les machines avec distributeur, en ouvrant la vanne principale et le distributeur dans un ordre approprié et suivant une loi d'ouverture convenable.

Si les pales de la roue sont mobiles, elles seront positionnées à l'angle voulu.

Les essais de débit seront conduits à différents niveaux dans les réservoirs, et donc à plusieurs hauteurs.

On réalisera au moins deux déclenchements: l'un à forte hauteur, l'autre à faible hauteur de pompage.

Pour les pompes-turbines à distributeur réglable, il est nécessaire de procéder à un essai de défaut d'ouverture minimale et à un essai de défaut d'ouverture optimale en pompage. La comparaison avec les résultats prévus peut indiquer s'il est nécessaire de faire des essais dans d'autres conditions.

Si cela est spécifié, on pourra également réaliser des essais de déclenchement sous l'action des protections de sécurité et, s'il y a lieu, avec le distributeur inopérant.

Les essais et réglages seront repris jusqu'à ce que toute la séquence automatique s'enchaîne d'une façon satisfaisante, de façon à en être sûr en exploitation normale.

8.2.4 *Observations, mesures et enregistrements*

Pendant ces essais, le coordonnateur des essais doit s'assurer que, lorsque cela est possible, les observations suivantes sont faites et les résultats des mesures ci-après consignés:

- a) pendant le fonctionnement en régime permanent (y compris la marche en compensateur synchrone):
 - 1) hauteur et niveaux d'aspiration (ou pressions);
 - 2) puissance absorbée par le moteur-générateur;
 - 3) s'il y a lieu, ouvertures du distributeur et/ou angle des pales de roue;
 - 4) pressions à l'entrée et à la sortie de la pompe;
 - 5) poussée axiale;
 - 6) pressions et niveaux dans les systèmes à pression d'huile;
 - 7) temps 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, et réglage de la pression pour le basculement de la vanne de sécurité;
 - 9) température dans les paliers et les joints;
 - 10) niveaux de bruit, si des valeurs sont spécifiées par le contrat;
 - 11) bruits anormaux, s'il y en a;

- 2) to determine the momentary pressure and speed variations of the unit and to find their maximum values;
- 3) to adjust the operating law and times of the control equipment (main valve, wicket-gates or impeller blades) for the hydraulic machine in order to minimize pressure variations;
- 4) to permit testing of the operation of other hydraulic and electrical equipment, including protection and other automatic devices.

8.2.3 Procedure

Discharge will be started from no-discharge conditions:

- for hydraulic machines without distributor, by opening the main valve according to a suitable opening law;
- for hydraulic machines with distributor, by opening the main valve and the distributor in a suitable sequence and according to a suitable opening law.

If the machine has adjustable impeller blades, these shall be set at the proper angle.

Discharge tests shall be carried out at various water levels in the reservoirs and therefore at various pump heads.

At least two energy supply interruption tests shall be made, at high and low pump head.

For a pump-turbine with movable wicket-gates a low gate opening pump power failure test and a best gate opening failure test are necessary. Comparison with predicted results can indicate if other conditions should be tested.

If specified, energy supply interruption tests shall also be made under control of the emergency device and—if applicable—with inoperative wicket-gates.

The tests and adjustments shall be repeated until all sequences follow automatically in a satisfactory manner, that can be relied on during normal operation.

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) during steady-state operation (including synchronous condenser operation):

- 1) head and tailwater levels (or pressures);
- 2) motor-generator input;
- 3) where applicable, wicket-gate and/or impeller blade angles;
- 4) pressure at pump inlet and outlet sections;
- 5) axial thrust;
- 6) pressures and levels in oil pressure systems;
- 7) operating times of oil pressure pumps;
- 8) where applicable, pressure differentials in servo-motors required for wicket-gate closure and pressure setting for emergency valve tripping;
- 9) temperatures in bearings and seals;
- 10) noise levels, if values are specified in contract;
- 11) abnormal noises, if any;

- 12) vibrations, et autres déplacements des parties tournantes et de parties fixes (par exemple, vibration des supports de paliers, vibration des directrices, s'il y en a);
 - 13) consommation d'air en régime établi;
- b) pendant les régimes transitoires (y compris les changements de mode de fonctionnement):
- 1) hauteurs et niveaux d'aspiration (ou pressions);
 - 2) puissance absorbée par le moteur-générateur;
 - 3) lois et temps d'ouverture et de fermeture de la vanne principale et du distributeur, et des pales s'il y a lieu;
 - 4) pressions à l'entrée et à la sortie de la pompe;
 - 5) variations du niveau aux bassins et aux cheminées d'équilibre;
 - 6) relation vitesse/temps du groupe;
 - 7) poussée axiale maximale;
 - 8) course et temps d'ouverture et de fermeture du déchargeur, s'il y a lieu;
 - 9) chute de pression d'huile dans les circuits des organes de commande et de régulation et variation du niveau dans les accumulateurs;
 - 10) niveau de bruit, si des valeurs sont prévues au contrat;
 - 11) bruits anormaux, s'il y en a;
 - 12) vibrations et autres déplacements des parties tournantes et des parties fixes (par exemple, vibration des supports de paliers, des directrices s'il y en a);
 - 13) fonctionnement en charge de la vanne ou du robinet de sécurité, s'il est spécifié;
 - 14) séquence et temps de passage d'un mode de fonctionnement à un autre;
 - 15) consommation d'air au cours d'un dénoyage.

Si possible, on fera une estimation des fuites du distributeur de la pompe-turbine en position fermée, de préférence juste après les essais de déclenchement.

Après la période d'essai, on recommande de procéder à une visite de contrôle du groupe (voir paragraphe 2.8), par exemple pour déceler les contacts intempestifs qui auraient pu se produire. Si pendant les essais (voir paragraphe 8.2) des phénomènes anormaux ou des vibrations ont été observés, ou si un essai de devirage a été réalisé (voir paragraphe 11.1.5), cette visite doit avoir lieu avant le début de la marche semi-industrielle (voir paragraphe 2.9).

SECTION TROIS — 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 suivants, 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 tout autre groupe après réparation ou révision exécutée par un constructeur ou un entrepreneur.

Le paragraphe 11.2 sur la marche industrielle après la période de garantie pourra être appliqué aussi longtemps que le groupe sera en exploitation.

- 12) vibration and other displacements of rotating and fixed parts (e.g. vibrations of shaft bearing supports and vibrations of the wicket-gates if any);
- 13) steady-state air consumption;
- b) during transients (including changing mode of operation):
 - 1) head and suction water levels (or pressure);
 - 2) motor-generator input;
 - 3) opening and closing law and time of the main valve, where applicable strokes, opening and closing times of wicket-gate and of the impeller blades;
 - 4) pressure at pump inlet and outlet sections;
 - 5) level variations at intake and surge tanks;
 - 6) time/speed relationship of the unit;
 - 7) maximum axial thrust;
 - 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 pressure reservoir;
 - 10) noise levels, if values are specified in contract;
 - 11) abnormal noises, if any;
 - 12) vibration and other displacements of rotating and fixed parts (e.g. vibrations of shaft bearing support and vibrations of the wicket-gate vanes, if any);
 - 13) action of emergency valve or gate under flow, if specified;
 - 14) sequence and time for changing mode of operation;
 - 15) air consumption during a de-watering operation.

If possible, an estimate of leakage through the pump-turbine with closed wicket-gates should be made preferably just after the energy supply interruption tests.

It is recommended that after the test operation period (Sub-clause 2.8) an inspection of the unit be carried out, for example to check for any possible rubbing contact which may have occurred. If during the tests (see Sub-clause 8.2) unusual phenomena or vibration have been observed, or if a reversed speed test has been performed (see Sub-clause 11.1.5) this inspection shall be carried out prior to the start of the test service period (see Sub-clause 2.9).

SECTION THREE — 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 may 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.

Sub-clause 11.2 on commercial service after the guarantee period may be applied as long as the unit is in operation.

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 en pompe, la période de marche semi-industrielle doit débuter. Comme pendant cette période le constructeur est généralement responsable de son matériel et de la façon de l'exploiter, il est recommandé que le personnel de l'acheteur exploite le groupe sous le contrôle du constructeur.

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

- 10.2 On doit préciser dans le contrat la durée de la phase finale 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 — une fois par heure ou même plus souvent, au début, et après tout changement de hauteur, de débit ou de puissance). Ces relevés se rapporteront aux valeurs ci-après, là où elles s'appliquent:

- niveaux d'eau en amont et en aval;
- pressions à l'entrée et à la sortie de la pompe;
- puissance absorbée et oscillations de puissance;
- débit de la pompe (si possible);
- ouverture du distributeur et/ou angle des pales de roue;
- température 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 des organes de commande, ainsi que de la station d'air et de l'ensemble de l'appareillage auxiliaire;
- la déformation de la bache et/ou du couvercle;
- la circulation de l'huile de graissage et de l'eau de réfrigération;
- les odeurs d'huile;
- 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 d'exhaure, et la présence d'huile perdue;
- la façon dont la machine supporte la charge;
- la température ambiante et la température des machines avoisinantes (moteur-générateur par exemple).

Le personnel observera également les bruits, les fluctuations de pression, les cavitations, les chocs, les vibrations, les fuites, etc., et notera le déroulement de tels phénomènes et les conditions dans lesquelles ils ont été observés.

- 10.4 A la fin de la période de marche semi-industrielle, on vérifiera que les circuits à pression d'huile et de graissage sont exempts d'impuretés.
- 10.5 Quand la marche semi-industrielle a été accomplie avec succès, la marche industrielle commence sous la responsabilité de l'acheteur. En même temps commence la période de garantie (voir paragraphe 2.12) et les parties contractantes doivent établir en commun un procès-verbal sur ce point.

10. Test service period

- 10.1 If nothing unusual has been observed during the pumping and energy supply interruption tests, the test service period shall follow. As the manufacturer is generally responsible for his equipment during the 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 the test service.

After the first erection or a modification, the test service should be long enough to satisfy the purchaser that all components are in satisfactory operating condition. After a repair or an overhaul, the test service period can be short 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 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, discharge or input). The records shall deal with items in the following list where they apply:

- upstream and downstream water levels;
- pressures at pump inlet and outlet sections;
- input and power swings;
- discharge of the pump (if possible);
- wicket-gate and/or impeller blade angles;
- temperatures in bearings, seals and lubricating oil;
- temperatures and pressures in pressure oil systems.

Observations shall also be made regarding:

- functioning of control system, air supply unit and all auxiliaries;
- deformation of the pump casing or/and cover;
- circulation of lubricating oil and cooling water;
- smell of oil;
- effectiveness of lubrication at various points, filter and coolers; oil quality;
- water levels in drainage pits, and presence of leaking oil;
- load-carrying ability of the machine;
- ambient air temperature and temperature of surrounding machines (such as the motor-generator).

The staff shall also observe noise, pressure pulsations, cavitation, 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 (see Sub-clause 2.12) and the contracting parties shall both place this on record.

11. Marche industrielle

11.1 Période de garantie

11.1.1 Mesures et observations

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

11.1.2 Arrêt

S'il arrive quelque incident auquel on ne puisse remédier immédiatement, par exemple une soudaine montée 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, cette 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:

- des essais de rendement et de débit peuvent être exécutés conformément à la Publication 198 de la CEI; Code international concernant les essais de réception sur place des pompes d'accumulation, dans le cas où elle s'applique, sauf accord différent entre constructeur et acheteur. Les valeurs d'ouverture du distributeur et/ou des pales mobiles de route, indiquées par le constructeur suivant le paragraphe 3.2, seront vérifiées avant le début de ces essais;
- des limites d'exploitation seront fixées pour tenir compte des vibrations et du niveau de bruit, des variations de fréquence, des limitations de puissance absorbée et/ou de la décroissance du rendement.

Le rendement relatif peut être contrôlé par la méthode des rendements relatifs à condition que l'on puisse faire des mesures suffisamment stables de différences de pression.

11.1.5 Essais de dévirage à l'emballlement sur le site

Les essais de dévirage à l'emballlement sur le site ne seront exécutés que dans des cas exceptionnels, si le contrat le spécifie, à la fois pour la machine hydraulique et pour le moteur-générateur. Toutes les précautions utiles devront être prises.

11.1.6 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 doit être exécutée. En particulier, tous les éléments auxquels s'applique une garantie de tenue à la cavitation doivent être inspectés (voir la section quatre de la Publication 609 de la CEI: Evaluation de l'érosion de cavitation dans les turbines, les pompes d'accumulation et les pompes-turbines hydrauliques).

La visite de garantie doit être effectuée conjointement par l'utilisateur et par un représentant du constructeur.

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

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:

- efficiency and discharge tests shall be performed according to IEC Publication 198: International Code for the Field Acceptance Tests of Storage Pumps, where applicable unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser. The opening values of the wicket-gates and/or adjustable impeller blades indicated by the manufacturer according to Sub-clause 3.2, shall be checked before the beginning of these tests;
- operating limits shall be established, considering vibration and noise level, frequency variations, input limitations and/or efficiency decrease.

Relative efficiency may be checked by the index method, provided that sufficiently stable pressure difference measurements can be made.

11.1.5 *Field tests for reverse runaway speed*

Field tests for reverse runaway steady-state speed shall be performed only in exceptional cases and then if specified in the contract for both hydraulic machinery and motor-generator. All appropriate precautions shall be taken.

11.1.6 *Guarantee inspection*

This sub-clause concerns only the guarantee items in the contract. On a date, agreed upon 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 components to which cavitation pitting guarantees apply shall be inspected (see Section Four of IEC Publication 609: Cavitation Pitting Evaluation in Hydraulic Turbines, Storage Pumps and Pump-turbines).

The guarantee inspection shall be carried out jointly by the user and a representative of the manufacturer.

The guarantee inspection should cover operations and checks mentioned in Sub-clause 13.1.

A l'issue de cette visite, un compte rendu doit être établi, indiquant toutes les observations faites concernant l'état de la machine et son fonctionnement par rapport aux garanties. Ce compte rendu doit indiquer les mesures à prendre pour mettre la machine en conformité avec les exigences du contrat et, si possible, la partie à qui en incombent la réalisation et la charge financière. Si cette visite de garantie n'est pas liée à une mesure de rendement en vue de la réception définitive, l'époque des travaux pourra être différée s'il s'agit de réparations résultant de l'usure de fonctionnement.

11.2 *Période postérieure à la garantie*

Il convient que les mesures et observations spécifiées à l'article 10 soient poursuivies après la période de garantie. Le nombre et la périodicité des mesures seront déterminés par l'acheteur lui-même.

Si un phénomène inhabituel est observé ou enregistré, l'acheteur doit décider lui-même si le groupe peut rester en service ou s'il doit être arrêté pour visite de contrôle. La surveillance du rendement du cycle pompage/turbinage peut être une bonne méthode pour juger de l'état du matériel.

11.3 *Régimes spéciaux d'exploitation*

11.3.1 *Fonctionnement par temps froid*

Le fonctionnement par temps de gel nécessite une attention particulière pour les conduites d'eau de faible dimension, surtout si elles traversent des endroits 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.

Note. — La glace (frasil) risque également de provoquer l'obstruction des grandes amenées d'eau, en particulier aux grilles et aux distributeurs.

Quand le groupe tourne, ses pertes produisent en général assez de chaleur pour conserver de bonnes caractéristiques à l'huile de graissage. Quand un groupe a été arrêté assez longtemps à basse température, on peut être amené à réchauffer l'huile des paliers et du dispositif de commande pour diminuer sa viscosité.

11.3.2 *Fonctionnement dénoyé*

Le fonctionnement dénoyé exige que l'on porte une attention particulière aux besoins en réfrigération. Une réfrigération séparée sera nécessaire pour le joint d'arbre ainsi que pour le jeu à la roue dans le cas des pompes à grande hauteur de refoulement (jeu faible — grandes vitesses périphériques). Le constructeur doit fournir les instructions pour ce cas d'exploitation.

SECTION QUATRE — ENTRETIEN

12. **Généralités**

12.1 L'entretien comprend 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.

L'entretien préventif a pour but principal de diminuer l'usure et la probabilité de détérioration ou de panne. Le but principal des réparations est de redonner aux éléments endommagés et/ou usés leur état optimal.

After this inspection, a report shall be drawn up recording all observations made relating to the state of the machine and its functioning with respect to the guarantees. This report shall list all measures to be taken to bring the machine into accordance with the contract specification, and if possible which party shall programme the work and bear the expense. If this guarantee inspection is not made concurrently with the final acceptance tests, the work may be postponed if it involves repairs occasioned by wear in operation.

11.2 *Post-guarantee period*

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

If any unusual phenomenon is recorded or observed, the purchaser shall decide whether the unit shall continue operation or must be shut down for inspection. Observation of the pumping/generating cycle efficiency may be a suitable method for estimating the condition of the unit.

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.

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

While a unit is running, its losses will usually produce enough heat to maintain good lubrication properties of oil. 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 systems to reduce its viscosity.

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 pumps with small impeller clearances and high peripheral speed, separate cooling of these clearances may be necessary. The manufacturer shall provide instructions for such operation.

SECTION FOUR — MAINTENANCE

12. **General**

12.1 Maintenance consists of preventive and restorative activities.

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

The main purpose of preventive maintenance is to reduce wear and the probability of damage or breakdown. The main purpose of restorative maintenance is to restore damaged and/or worn parts to their optimum condition.

12.2 Les activités d'entretien concernent tous les organes de la machine hydraulique et de son équipement annexe, à savoir:

- les organes d'entrée et sortie;
- les parties fixes ou tournantes de la pompe;
- les systèmes de manœuvre, y compris leurs accessoires;
- le graissage, la réfrigération, l'exhaure;
- le dénoyage et le renoyage, s'il y a lieu;
- les chaînes d'automatisme et les dispositifs de protection;
- les tableaux de commande et les appareils de mesure intéressant la pompe.

12.3 Les baisses de rendement et/ou résistance du matériel peuvent également être attribuées à une ou plusieurs des causes suivantes:

- a) usure due à la présence de sable, ou autre abrasif en suspension dans l'eau.
- b) cavitation;
- c) corrosion électrolytique;
- d) fatigue par contraintes alternées;
- e) «vices cachés», non décelés antérieurement;
- f) exploitation ou entretien non conformes aux recommandations et/ou instructions du constructeur;
- g) défauts des connexions électriques ou liaisons mécaniques.

L'usure (sable, matières abrasives en suspension dans l'eau) se manifeste habituellement sur les pales de roue, le manteau de roue, les directrices, les sièges de vannes, les cercles d'usure et/ou les joints.

La cavitation apparaît en général sur les pales de roue, le manteau de roue et les directrices, et souvent du côté aspiration de la pompe.

La corrosion électrolytique apparaît en général sur les éléments de matériaux différents qui ne peuvent être protégés d'une façon durable.

Les pales et les directrices sont parfois fortement soumises aux contraintes de fatigue.

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 des réparations conformément aux dispositions du paragraphe 11.1.3.

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

13. Bases de l'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:

a) *Pendant le fonctionnement en régime établi:*

- fonctionnement de tous les éléments mécaniques (chocs, bruits anormaux, vibrations excessives, échauffements);
- fuites d'huile et/ou d'eau;

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

- inlet and outlet devices;
- fixed and rotating pump parts;
- control devices with their associated equipment;
- lubricating, cooling and drainage systems;
- de-watering and refilling system (if applicable);
- automatic sequencing and safety devices;
- control board and apparatus related to the pump.

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) electrolytical corrosion;
- d) fatigue due to alternating stresses;
- e) defective material, not previously discovered;
- f) operation or maintenance not in accordance with manufacturer's recommendations and/or instructions;
- g) failures in electrical connections or mechanical linkages.

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

Cavitation pitting will usually appear on impeller blades, impeller hub and wicket-gates, also mostly on the pump suction side.

Electrolytical corrosion will usually appear on machine parts of different materials which cannot be protected durably.

Impeller blades and wicket-gates can be heavily subjected to fatigue stresses.

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) *During steady-state operation:*

- operation of all mechanical parts (any knocking, abnormal noise, excessive vibration, temperature rise);
- oil and/or water leaks;

- graissage, réfrigération, exhaure (niveaux, débits, pressions, températures d'entrée et de sortie);
- organes de manœuvre et système hydraulique associé;
- seuil de fonctionnement des appareils de sécurité (comparé aux valeurs initiales);
- puissance et débit (ou paramètre proportionnel au débit) hauteur, ouverture du distributeur pour fonctionnement en charge et pour fonctionnement à débit nul (s'il y a lieu).

b) Pendant les régimes transitoires:

- variations maximales de pression dans la conduite forcée;
- variations de pression dans les systèmes à pression d'huile, temps de fermeture du distributeur et de la vanne principale;
- temps nécessaire au groupe pour s'arrêter;
- phénomènes inhabituels (chocs, bruits anormaux, vibrations excessives, fuites, etc.).

c) A l'arrêt:

- pressions;
- niveaux et températures de l'huile de graissage ou du fluide des commandes des organes de manœuvre;
- positions de fermeture des directrices, des vannes d'entrée et de sortie, des organes de commande et des servomoteurs, comparées aux valeurs initiales.

d) Pendant les visites systématiques et les campagnes de réparation:

- usure, détérioration, fissuration des organes inaccessibles en fonctionnement (roues, joints, cercles d'usure, paliers, tringlerie).

L'arrêt précédant une visite périodique doit être un déclenchement à pleine charge de façon à contrôler le mécanisme de commande.

- 13.2 Il sera commode, pour toutes ces vérifications, de suivre une liste préparée à l'avance pour la machine concernée, indiquant la périodicité des contrôles et ce qu'il convient de noter pendant les diverses phases des travaux.

Quand on procède aux observations indiquées au point *d)* du paragraphe 13.1, il convient de consigner les mesures relevées sur des tableaux analogues à ceux qui sont donnés dans l'annexe A. Les résultats seront comparés avec les mesures précédentes (voir paragraphes 3.1 et 6.1).

14. Remise en l'état optimal

Lors de la remise en état, il s'agit:

- soit de remplacer les pièces usées ou endommagées,
- soit de les réparer.

Dans le deuxième cas, on aura recours aux techniques de meulage, soudage, métallisation ou rechargement.

Le procédé utilisé tiendra compte des conditions locales, des exigences de l'acheteur, des règles en vigueur et de l'expérience.

15. Redémarrage

Pour redémarrer un groupe après une révision, on peut utiliser le même déroulement que pour la première mise en route. Les résultats doivent être comparés à ceux des essais initiaux, et les causes de toute différence importante doivent être déterminées.

- lubricating, cooling, and drainage systems (levels, flows, pressures, inlet and outlet temperatures);
 - control system and associated fluid systems;
 - values set for the action of safety devices, as compared to initial values;
 - input and discharge (or an index value proportional to flow) head, wicket-gate opening for pumping as well as for no-discharge operation (if applicable).
- b) During transients:*
- maximum pressure variations in the penstock;
 - pressure change in the oil pressure system. Closing times of wicket-gates and main valve;
 - time to shut unit down;
 - unusual phenomena (any knocking, abnormal noise, excessive vibration, leaks, etc.).
- c) At stand-still:*
- pressures;
 - levels and temperatures of lubrication oil or governor fluid;
 - closed position of wicket-gates (if applicable), inlet and outlet gates and valves, control device and servo-motor, as compared with initial values.
- d) During maintenance inspections and during repair activity:*
- wear, damage and cracks on otherwise inaccessible parts, for example, impeller, seals, wearing rings, bearings and linkage.

The shut-down prior to a regular inspection should be a complete energy supply interruption in order to check the control 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 Item *d)* of Sub-clause 13.1, the measurements shall be recorded on sheets similar to those in Appendix A, and compared with previous measurements, see Sub-clause 3.1 and Sub-clause 6.1.

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 A

MESURES

A1. 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 enveloppes, directrices et plaques d'usure, etc. Les jeux entre directrices seront mesurés en mettant à la pression atmosphérique les pressions hydrauliques de commande des directrices. Le jeu en haut et en bas des directrices sera également mesuré dans ces conditions.

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.

A2. Paramètres de réglage de la ligne d'arbre

Les tableaux suivants doivent être complétés, la figure 1, page 38, étant utilisée pour les groupes horizontaux, et la figure 2, page 40, pour les groupes verticaux.

A3. Application à une machine hydraulique réversible à distributeur réglable

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

La figure 3, page 42, représente un croquis d'ensemble d'une machine hydraulique réversible à distributeur mobile, dont le tableau correspondant est destiné à recevoir les résultats des mesures.

APPENDIX A

MEASUREMENTS

A1. 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. The clearance between wicket-gates shall be measured with the wicket-gate servo-motors oil pressures reduced to atmospheric. The top and bottom wicket-gate clearance shall also be measured under these conditions.

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.

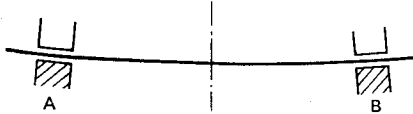
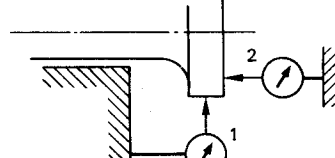
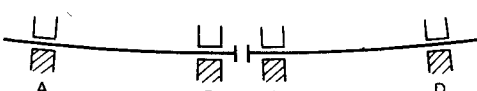
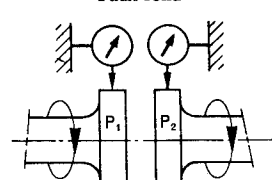
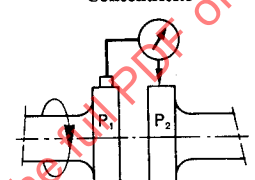
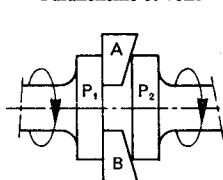
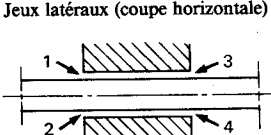
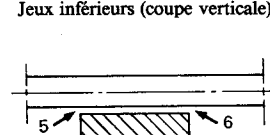
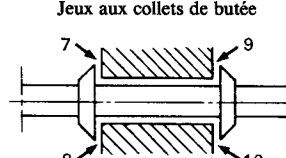
A2. Adjustment values for shaft alignment

The following forms shall be completed, using Figure 1, page 39, for horizontal units and Figure 2, page 41, for vertical units.

A3. As applied to a reversible hydraulic machine with movable wicket-gates

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

Figure 3, page 43, is a general sketch for a reversible hydraulic machine with movable wicket-gates, with 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	 <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>				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)	 Si le groupe a trois paliers, le palier B n'est qu'un support auxiliaire pour le montage																																																																				
4	Vérification sur les plateaux d'accouplement (suite)	Faux-rond  <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <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> Concentricité  <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <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> Parallélisme et voile  <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <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> A et B: cales biaisées				Position Plateau	0°	90°	180°	270°	P ₁					P ₂					Position Plateau	0°	90°	180°	270°	P ₁					P ₂					Position Plateau	0°	90°	180°	270°	P ₁					P ₂																								
Position Plateau	0°	90°	180°	270°																																																																		
P ₁																																																																						
P ₂																																																																						
Position Plateau	0°	90°	180°	270°																																																																		
P ₁																																																																						
P ₂																																																																						
Position Plateau	0°	90°	180°	270°																																																																		
P ₁																																																																						
P ₂																																																																						
5	Pente des tourillons et des fusées (1/1 000 mm/m)	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Position de l'arbre Tourillon</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>				Position de l'arbre Tourillon	Plateaux désaccouplés				Plateaux accouplés				A	B	C	D	A	B	C	D	0°									90°									180°									270°																				
Position de l'arbre Tourillon	Plateaux désaccouplés				Plateaux accouplés																																																																	
	A	B	C	D	A	B	C	D																																																														
0°																																																																						
90°																																																																						
180°																																																																						
270°																																																																						
6	Jeux aux paliers dans une seule position	Jeux latéraux (coupe horizontale)  <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Point Palier</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> Jeux inférieurs (coupe verticale)  <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Point Palier</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> Jeux aux collets de butée  <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Point Palier</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> Palier - butée				Point Palier	1	2	3	4	A					B					C					D					Point Palier	5	6	A			B			C			D			Point Palier	7	8	9	10	A					B					C					D				
Point Palier	1	2	3	4																																																																		
A																																																																						
B																																																																						
C																																																																						
D																																																																						
Point Palier	5	6																																																																				
A																																																																						
B																																																																						
C																																																																						
D																																																																						
Point Palier	7	8	9	10																																																																		
A																																																																						
B																																																																						
C																																																																						
D																																																																						
7	Pour régler la ligne d'arbre, on a placé sous les paliers des cales d'épaisseur: A = ... mm - B = ... mm - C = ... mm - D = ... mm																																																																					
8	Observations: _____																																																																					