

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
994**

Première édition
First edition
1991-01

**Guide pour la mesure *in situ* des vibrations
et fluctuations sur machines hydrauliques
(turbines, pompes d'accumulation
et pompes-turbines)**

**Guide for field measurement of vibrations
and pulsations in hydraulic machines (turbines,
storage pumps and pump-turbines)**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 994: 1991

Numéros des publications

Depuis le 1er 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
994**

Première édition
First edition
1991-01

**Guide pour la mesure *in situ* des vibrations
et fluctuations sur machines hydrauliques
(turbines, pompes d'accumulation
et pompes-turbines)**

**Guide for field measurement of vibrations
and pulsations in hydraulic machines (turbines,
storage pumps and pump-turbines)**

© IEC 1991 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 Varembe 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 XB
PRICE CODE

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

CORRIGENDUM 1

Page 6 - AVANT-PROPOS

*Dans la liste des publications citées de la CEI,
à la cinquième ligne, au lieu de*

*** Actuellement document 4(Bureau Central)48

lire:

CEI 41 (1991): Essais de réception sur place des
turbines hydrauliques, pompes d'accumulation et
pompes-turbines en vue de la détermination de leurs
performances (troisième édition)

Corrections en anglais uniquement

Page 7 - PREFACE

*In the list of other IEC publications quoted, fifth line,
instead of*

*** At present Document 4(Central Office)48

read:

IEC 41 (1991): Field acceptance tests to deter- mine
the hydraulic performance of hydraulic turbines,
storage pumps and pump-turbines (third edition)

Page 17 – Subclause 2.3.2.7

*In the definitions column, third line, instead of
...quantity. A is... read ...quantity, **A** is... (comma instead
of full stop) **

Page 19

*In the footnote, at end of first line, instead of ...N in
the denomination... read ...N in the denominator...*

Page 21

*In the definitions column, fifth line, instead of
...function, X(t) over... read ...function **X(t)** over...
(no comma)*

Page 25 – 2.3.4.11

*In the definitions column, first and second line,
instead of ...length of the connecting pipe connecting
the pressure transducer... read ...length of the pipe
connecting the pressure transducer...*

Page 41 – 4.1.1

*In item d), second and third line, instead of
...unbalance; also and if... read ...unbalance and
also if...*

*4.1.3 - In the first line, instead of ...to the machine
water passages... read ...to the water passages...*

* Bold types are for clarity only

This document is a preview generated by EVS

Page 58 – 6.1.1

Au point b), au lieu de
Limite supérieure de fréquence**:
— turbines Pelton:
lire **Limite supérieure de fréquence:**
— turbines Pelton**

Corrections en anglais uniquement

Page 49 – 5.2.3

In the eighth line, instead of ...in the draft tube at a distance of $0.5 D_5$ to $1.0 D_5$ from... read **...0.5 to 1.0 times the suction diameter of the runner (D_s) from...**

Tenth line, instead of $0.2 D_5 - 0.8 D_5$ from... read **... $0.2 D_s - 0.8 D_s$ from...**

Eleventh line, instead of ... D_5 being... read **... D_s being...**

Twelfth line, instead of ...outer contour of the elbow, read **...outer side of the elbow.**

Page 51 – 5.2.10

Item b), instead of ...thrust bearing load pulsations, by means of strain measurements on every bearing element; read **...thrust bearing load pulsations, on every bearing element by means of strain measurements;**

Page 53 – 5.6.1

In item b), first line, instead of ...and runner blade angle... read **...and runner/impeller blade angle...**

Page 55 – 5.7.4

In the second line, instead of ...position of a runner vane or nozzle and/or guide blade... read **...position of a guide vane or nozzle and/or runner blades...**

Page 59 – 6.1.1

In item b), instead of Upper frequency**:
— for Pelton turbines:
read **Upper frequency:**
— for Pelton turbines**

In the first footnote (*), end of first line, instead of ...lower than the vortex rope... read **...lower than the suction vortex...**

Page 65 – 6.3.5

In the second line, instead of ...any measuring point. read **...any measuring operating condition.**

Page 71 – Clause 6.8

In the seventh line (second dash), remove the words ...(see Figure 7)... and place them in next line so as to obtain **...are eliminated (see Figure 7).**

Page 85 – 8.3

In the seventh line, instead of ...A/D conversion... read **...A/D (analog to digital) conversion...**

Page 95 – 9.2.4

Ninth line, instead of Only in the last case is phase information preserved, *read:* **Only in the last case phase information is preserved.**

Page 99 – 10.3

In the second line, instead of ...should be agreed with the concerned parties,... *read* **...should be agreed between the concerned parties,...**

Page 103 – Clause A2.

In the last but one line, instead of ...conversion of the signals from the three signals... *read* **...conversion of the three signals...**

Page 108 – Article B2.

Dans la dernière formule de la page, ajouter un signe moins à la suite du second signe égale (= -)

Corrections en anglais uniquement

Page 109 – B2.

In the last formula of the page, add a minus sign just after the second equal sign (= -)

Page 115 – C7.

In the fifth line (third dash), instead of (...recorder or plotter, output)... *read* **(...recorder or plotter output)...** (no comma)

Page 117 – Figure C1.

In the heading of the table, last column, instead of Conditions test/... *read* **Test conditions/...**

Page 118 – Figure C2.

Sous le tableau, à la cinquième ligne (4ème tiret), au lieu de
– rendement de la pompe ou de la turbine,
lire
– rendement de la pompe ou de la turbine, **etc.**

Page 119 – Figure C2.

Below the table, fifth line (4th dash), instead of
– turbine or pump efficiency,
read
– turbine or pump efficiency, **etc.**

Page 132 – Figure D1.

Dans le schéma, au lieu de II_B lire II

Page 133 – Figure D1.

In the diagram, instead of II_B read II

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
INTRODUCTION	8

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

Articles

1. Domaine d'application et objet	10
1.1 Domaine d'application	10
1.2 Objet	10
1.3 Restrictions	12
2. Termes, définitions, symboles et unités	12
2.1 Unités	12
2.2 Termes	12
2.3 Liste des termes spécifiques à ce guide	14
2.4 Classification des machines hydrauliques	26
3. Garanties	40

SECTION DEUX — EXÉCUTION DES ESSAIS

4. Conditions à remplir pour l'essai	40
4.1 Conditions de fonctionnement dans lesquelles sont réalisées les mesures	40
4.2 Vérification sur la machine avant le début des essais	42
5. Procédure d'essai	42
5.1 Paramètres déterminant le point de fonctionnement	42
5.2 Grandeurs vibratoires et fluctuantes à mesurer et localisation des points de mesure	46
5.3 Personnel	50
5.4 Accord sur la procédure d'essai	50
5.5 Programme d'essais	52
5.6 Préparation des essais	52
5.7 Observations	54
5.8 Reprise des essais	56

SECTION TROIS — MÉTHODES DE MESURE, SAISIE ET TRAITEMENT DES DONNÉES

6. Considérations relatives aux méthodes de mesure	58
6.1 Vibrations	58
6.2 Vibrations radiales de l'arbre par rapport aux paliers	64
6.3 Fluctuations de pression	64
6.4 Contraintes	66
6.5 Fluctuations du couple sur l'arbre	66
6.6 Fluctuations de la vitesse de rotation	70
6.7 Fluctuations de puissance	70
6.8 Fluctuations du couple sur les directrices	70
6.9 Fluctuations de poussée radiale sur les paliers-guides	70
6.10 Fluctuations de poussée axiale sur le palier de butée	74
6.11 Grandeurs mesurées définissant le point de fonctionnement de la machine	74

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
INTRODUCTION	9

SECTION ONE — GENERAL

Clause

1. Scope and object	11
1.1 Scope	11
1.2 Object	11
1.3 Excluded topics	13
2. Terms, definitions, symbols and units	13
2.1 Units	13
2.2 Terms	13
2.3 List of terms specific to this guide	15
2.4 Classification of hydraulic machines	27
3. Guarantees	41

SECTION TWO — EXECUTION OF TESTS

4. Test conditions to be fulfilled	41
4.1 Operating conditions under which measurements are performed	41
4.2 Checks on the machine before the beginning of tests	43
5. Test procedure	43
5.1 Parameters determining the operating point	43
5.2 Vibration and pulsation quantities to be measured and locations of measuring points	47
5.3 Personnel	51
5.4 Agreement of test procedure	51
5.5 Test programme	53
5.6 Preparations for tests	53
5.7 Observations	55
5.8 Repetition of tests	57

SECTION THREE — METHODS OF MEASUREMENT, DATA ACQUISITION AND PROCESSING

6. Considerations relating to the methods of measurement	59
6.1 Vibrations	59
6.2 Radial vibrations of the shaft relative to the bearings	65
6.3 Pressure pulsations	65
6.4 Stresses	67
6.5 Shaft torque pulsations	67
6.6 Rotational speed pulsations	71
6.7 Power pulsations	71
6.8 Guide vane torque pulsations	71
6.9 Radial thrust pulsations measured at the guide bearings	71
6.10 Axial thrust pulsations measured at the thrust bearing	75
6.11 Measured quantities defining the machine operating point	75