NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60609-1

Première édition
First edition
2004-11

Turbines hydrauliques, pompes d'accumulation et pompes-turbines – Evaluation de l'érosion de cavitation –

Partie 1: Evaluation dans les turbines à réaction, les pompes d'accumulation et les pompes-turbines hydrauliques

Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines – Cavitation pitting evaluation –

Part 1: Evaluation in reaction turbines, storage pumps and pump-turbines

© IEC 2004 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, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE S

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 4
INTRODUCTION 8

1 Domaine d'application et objet 12
1.1 Points exclus et limitations 12
1.2 Considérations concernant la composition chimique de l'eau 12
1.3 Considérations concernant une eau contenant des particules solides 14
1.4 Références normatives 14
2 Terminologie, symboles et définitions 14
2.1 Unités 14
2.2 Liste des termes employés 16
3 Nature et étendue des garanties liées à l'érosion de cavitation 24
3.1 Période de garantie 24
3.2 Définition de l'étendue de l'érosion de cavitation 24
3.3 Domaine et durée de fonctionnement 24
4 Modalités d'exécution 28
4.1 Réparations des dommages dus à la cavitation pendant la période de garantie 28
4.2 Mesures et calcul de l'importance de l'érosion de cavitation 30
5 Evaluation des résultats et respect de la garantie 32

Annexe A (normative) Exemples de valeurs d'étendue d'érosion de cavitation 34

Bibliographie 40

Figure 1 – Etendue de l'érosion de cavitation fonction du sigma 10
Figure 2 – Domaine de fonctionnement pour les turbines et les pompes-turbines en mode turbine 20
Figure 3 – Domaine de fonctionnement pour les pompes d'accumulation et les pompes-turbines en mode pompe 22
Figure A.1 – Exemples de valeurs maximales admissibles de la profondeur d'érosion de cavitation S sur les roues 36
Figure A.2 – Exemples de valeurs maximales admissibles du volume d'érosion de cavitation V sur les roues 38

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 9

1 Scope and object 13
1.1 Excluded topics and limitations 13
1.2 Considerations concerning chemical composition of water 13
1.3 Considerations concerning water containing solids 15
1.4 Normative references 15
2 Terms, definitions and symbols 15
2.1 Units 15
2.2 List of terms 17
3 Nature and extent of cavitation-pitting guarantees 25
3.1 Period of guarantee 25
3.2 Definition of the amount of cavitation pitting 25
3.3 Operating ranges and duration of operation 25
4 Procedures 29
4.1 Repair of cavitation pitting during the guarantee period 29
4.2 Measurement and calculation of the amount of cavitation pitting 31
5 Computation of results and fulfilment of the guarantee 33

Annex A (normative) Examples of amounts of cavitation pitting 35

Bibliography 41

Figure 1 – Amount of cavitation pitting as a function of σ for a given machine at constant discharge 11
Figure 2 – Operating ranges for turbines and pump-turbines during turbine operation 21
Figure 3 – Operating ranges for storage pumps and pump-turbines during pump operation 23
Figure A.1 – Examples of maximum permissible values of cavitation pitting depth for runners/impellers 37
Figure A.2 – Examples of maximum permissible values of cavitation pitting volume for runners/impellers 39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

TURBINES HYDRAULIQUES, POMPES D'ACCUMULATION ET POMPES-TURBINES – ÉVALUATION DE L'ÉROSION DE CAVITATION –

Partie 1: Evaluation dans les turbines à réaction, les pompes d'accumulation et les pompes-turbines hydrauliques

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés «Publication(s) de la CEI»). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60609-1 a été établie par le comité d'études 4 de la CEI: Turbines hydrauliques.

Cette norme annule et remplace la CEI 60609, parue en 1978, dont elle constitue une révision technique. Les modifications principales par rapport à la CEI 60609 concernent des contrôles plus serrés pour les valeurs de perte de métal permises. La technologie moderne, bénéficiant de nombreux projets de recherche, permet maintenant d'intégrer des améliorations dans la conception hydraulique, un contrôle numérique plus serré et le choix de matériaux améliorés.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
4/196/FDIS	4/200/RVD

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HYDRAULIC TURBINES, STORAGE PUMPS AND PUMP-TURBINES – CAVITATION PITTING EVALUATION –

Part 1: Evaluation in reaction turbines, storage pumps and pump-turbines

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60609-1 has been prepared by IEC technical committee 4: Hydraulic turbines.

This standard cancels and replaces IEC 60609, published in 1978, and constitutes a technical revision. The main changes with respect to IEC 60609 pertain to tighter controls on reduced permissible values of material loss. Modern technology with accumulated R&D has permitted the integration of improved hydraulic design, better controls from numerical machining and improved choice of materials.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
4/196/FDIS	4/200/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La CEI 60609 comprend les partie suivantes, présentées sous le titre général *Evaluation de l'érosion de cavitation dans les turbines, les pompes d'accumulation et les pompes-turbines hydrauliques:*

Partie 1: Evaluation dans les turbines à réaction, les pompes d'accumulation et les pompes-turbines hydrauliques

Partie 2: Evaluation dans les turbines Pelton

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «http://webstore.iec.ch» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

IEC 60609 consists of the following parts, under the general title *Cavitation pitting evaluation in hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines:*

Part 1: Evaluation in reaction turbines, storage pumps and pump-turbines

Part 2: Evaluation in Pelton turbines

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "http://webstore.iec.ch" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

Cette partie de la CEI 60609 traite de l'évaluation de l'érosion de cavitation dans les turbines hydrauliques à réaction, les pompes d'accumulation et les pompes-turbines. Alors que la CEI 60609-2, traite de l'évaluation de l'érosion de cavitation des turbines à action (Pelton).

Les garanties concernant l'érosion de cavitation pour les turbines hydrauliques à réaction, les pompes d'accumulation et les pompes-turbines sont sensiblement différentes des autres garanties de performance définies au contrat, ces dernières représentant les caractéristiques inhérentes de la machine, comme le rendement. L'importance de l'érosion de cavitation dépend pour l'essentiel de cinq facteurs:

a) le type de machine et sa conception;

b) les matériaux et l'état de surface des parties soumises à de la cavitation;

c) l'enfoncement de la machine, c'est-à-dire la valeur du facteur de cavitation sigma (σ) de l'installation;

d) la durée de fonctionnement et les conditions d'exploitation; et

e) la qualité de l'eau.

Les points a) et b) concernent la machine alors que les points c), d) et e) dépendent des conditions de fonctionnement de l'installation. En conséquence, la garantie relative à l'érosion de cavitation ne peut être définie que d'un commun accord entre le client et le soumissionnaire pendant la phase de projet de l'installation ou la négociation du contrat. Dans des cas difficiles, comme les modernisations d'installation avec remplacement des roues, ou dans le cas d'un domaine de fonctionnement particulièrement important, il peut être avantageux pour le client de demander que le soumissionnaire présente une garantie couvrant l'érosion de cavitation dans son offre.

Une garantie d'érosion de cavitation peut être établie de deux manières différentes:

soit, l'enfoncement de la machine (et par conséquent la valeur du σ d'installation) est une donnée du contrat, alors l'étendue de l'érosion de cavitation est convenue d'un commun accord en tenant compte de la taille de la turbine ou de la pompe, de la vitesse de rotation, des matériaux utilisés, de l'état de surface, des conditions de fonctionnement, etc. (voir Figure 1a);

soit, l'étendue maximale de l'érosion de cavitation est fixée comme une donnée du contrat et l'on convient de l'enfoncement de la machine (voir Figure 1b).

Dans la majorité des cas une machine peut fonctionner normalement sans érosion de cavitation ou bien il est demandé qu'elle fonctionne sans aucune érosion de cavitation. Dans certains cas il peut être plus économique d'accepter une certaine étendue d'érosion de cavitation, ce qui permet de diminuer l'enfoncement par rapport à celui qui serait nécessaire pour éviter toute érosion de cavitation. Toutefois, pour des centrales souterraines le coût d'un enfoncement supplémentaire est généralement relativement bas.

Il n'est pas envisageable de faire des recommandations générales définissant une étendue acceptable de l'érosion de cavitation, en premier lieu car les points a) à e) présentés ci-dessus font que chaque installation est un cas particulier. Dans la mesure du possible il est donc recommandé de faire une évaluation économique pour chaque installation. A titre d'exemple, un enfoncement plus important de la machine (une valeur plus importante du σ d'installation conduisant à un coût de génie civil plus important) et/ou une roue plus chère (par sa conception ou par les matériaux utilisés) peuvent diminuer l'étendue de l'usure par cavitation. Les avantages de ces surcoûts lors de l'achat sont une minimisation du coût de fonctionnement et/ou de la fréquence des réparations, ainsi qu'une réduction de la perte de production liée aux périodes d'arrêt de la machine.

L'Annexe A présente des exemples d'étendue d'érosion de cavitation exprimés en termes de profondeur S et de volume V (voir 2.2.26 et 2.2.27) en fonction du diamètre de roue D.

INTRODUCTION

This part of IEC 60609 covers the subject of cavitation-pitting evaluation for reaction type hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines, while IEC 60609-2 covers the subject of cavitation-pitting evaluation for impulse (Pelton) type turbines.

Guarantees applied to cavitation pitting in hydraulic reaction turbines, storage pumps and pump-turbines are quite different from other performance guarantees stated in the contract documents representing inherent characteristics of the machine, such as efficiency. The extent of cavitation pitting depends essentially on five factors:

a) type and design of the machine;

b) material and surface condition of the parts subjected to cavitation;

c) setting of the machine, i.e. the cavitation factor sigma (σ) value at the plant;

d) duration of operation and type of operating conditions; and

e) water quality.

Items a) and b) describe the machine while items c), d) and e) depend on plant operating conditions. Therefore, the guarantee for cavitation pitting can be established only by mutual agreement between the employer and the contractor during the planning of the plant or during the contract negotiations. Under certain severe conditions such as plant upgrades with runner/impeller replacements or wide operating ranges, it may be to the advantage of the employer to request that tenderers submit a guarantee to cover cavitation pitting in their proposals.

A cavitation-pitting guarantee may be negotiated in two ways:

either the setting of the machine (and therefore the σ value of the plant) is given in the contract documents, and the amount of the cavitation pitting is agreed upon with due regard to the turbine or pump size, rotational speed, materials, surface conditions, operation, etc. (see Figure 1a);

or the maximum amount of the cavitation pitting is given and the setting of the machine is agreed upon (see Figure 1b).

In most cases, a machine can be operated normally without cavitation pitting or may be required to operate without cavitation pitting. In some cases, it may be more economical to accept a slight amount of cavitation pitting, which means using a higher setting than would be required for operation of the machine without cavitation pitting. Of course, in the case of underground power stations, the cost of additional submergence is usually relatively low.

It is not feasible to make general recommendations for an acceptable amount of cavitation pitting primarily because items a) through e) make each plant unique. Economic evaluations, therefore, are recommended for each case as conditions warrant. For example, a deeper setting of the machine (higher σ value for the plant requiring higher cost for civil work) and/or a more expensive runner/impeller (shape and/or material) can reduce the amount of cavitation pitting. The benefits of these higher purchase costs are a reduction in the operating cost and/or frequency of repair, as well as a reduction in lost energy production during the shut-down of the unit.

Examples of amounts of cavitation pitting expressed as depth and volume (see 2.2.26 and 2.2.27) as a function of runner/impeller diameter D are given in Annex A.

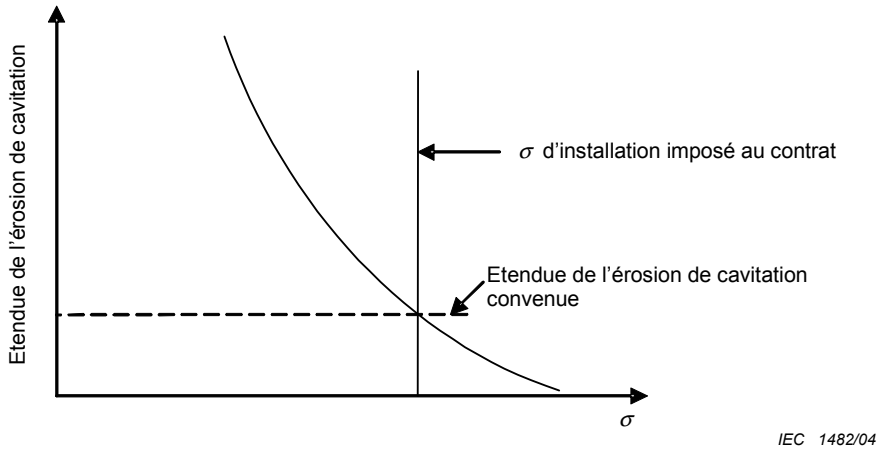


Figure 1a

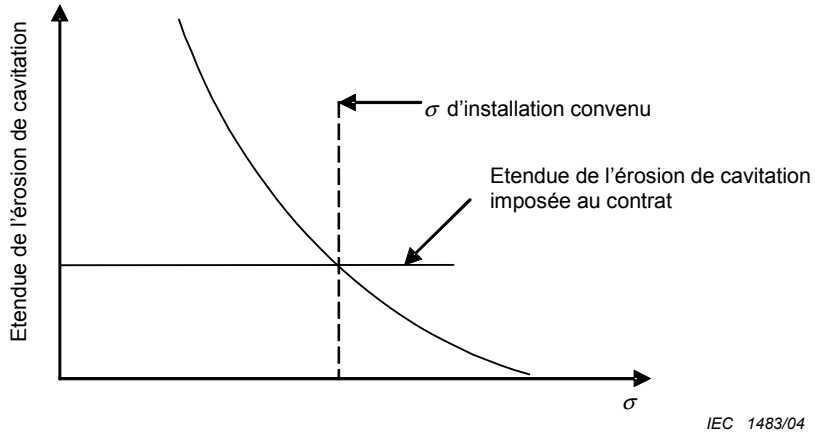


Figure 1b

Figure 1 – Etendue de l'érosion de cavitation fonction du sigma pour une machine donnée à débit donné

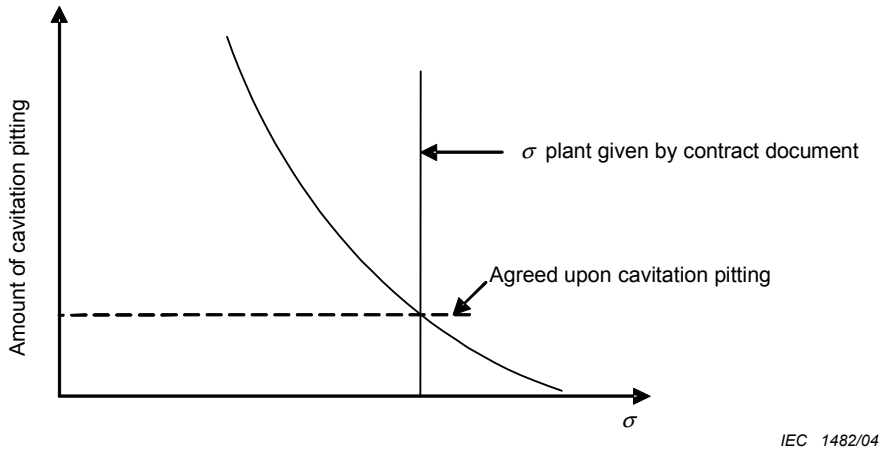


Figure 1a

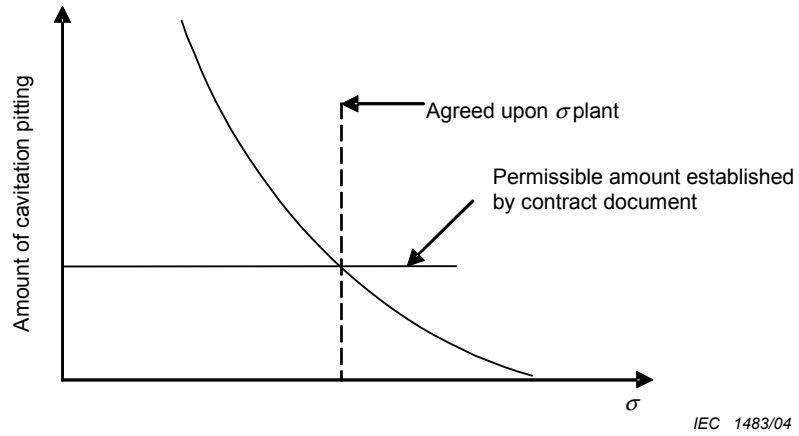


Figure 1b

Figure 1 – Amount of cavitation pitting as a function of σ for a given machine at constant discharge

TURBINES HYDRAULIQUES, POMPES D'ACCUMULATION ET POMPES-TURBINES – ÉVALUATION DE L'ÉROSION DE CAVITATION –

Partie 1: Evaluation dans les turbines à réaction, les pompes d'accumulation et les pompes-turbines hydrauliques

1 Domaine d'application et objet

Cette partie de la CEI 60609 sert de base à l'établissement des garanties d'érosion de cavitation s'appliquant aux turbines hydrauliques à réaction, pompes d'accumulation et pompes-turbines. Elle traite de la mesure et de l'évaluation de l'importance de cette érosion sur divers composants d'une machine pour des conditions définies au contrat: puissance, énergie hydraulique massique (E), vitesse de rotation, nature des matériaux, conditions de fonctionnement, etc.

Pour évaluer l'importance de l'étendue de l'érosion de cavitation on s'appuie sur la perte de matière pendant une période donnée et pour des conditions de fonctionnement définies avec précision. Toutes les surfaces en contact avec l'eau sont prises en compte.

Les documents contractuels doivent stipuler si de l'érosion de cavitation est attendue pour tout ou partie du domaine de fonctionnement.

Des garanties limitant l'étendue de l'érosion par cavitation sont nécessaires au contrat, qu'une érosion soit envisagée ou non.

1.1 Points exclus et limitations

Cette norme ne traite pas des autres effets potentiels de la cavitation sur la machine, effets qui concerneraient à titre d'exemple:

– la puissance, le rendement, les vibrations, la tenue mécanique, et le bruit; ainsi que
– d'éventuels défauts de santé matière apparus pendant l'exploitation.

Les défauts de santé matière révélés par l'usure des surfaces de la machine lors de son fonctionnement ne sont pas à prendre en compte dans la garantie d'érosion de cavitation.

1.2 Considérations concernant la composition chimique de l'eau

On considère dans cette norme que l'eau n'est pas chimiquement agressive. Si toutefois l'eau est chimiquement agressive, la garantie d'érosion de cavitation doit être donnée sur la base d'une analyse d'eau ayant fait l'objet d'un accord préalable. L'agressivité chimique dépendant des nombreuses compositions chimiques possibles ainsi que des matériaux constitutifs de la machine, il n'est pas du ressort de cette norme de fixer des limites particulières dans le cas d'une eau chimiquement agressive.

S'il apparaît, lors d'une analyse ultérieure, que l'eau est en fait plus agressive que ne l'indiquait l'analyse convenue préalablement on doit en tenir compte lors de la vérification du respect des garanties. Si l'érosion intervient dans des zones où les dommages peuvent être attribués séparément à de la corrosion chimique ou électrochimique, ces dommages doivent être exclus de l'évaluation de l'étendue de l'érosion de cavitation. Si l'érosion par cavitation intervient dans des zones où l'on peut démontrer que les dégâts ont été aggravés par des effets chimiques ou électrochimiques additionnels à ceux correspondant à l'analyse d'eau convenue, alors ces zones doivent être exclues de l'évaluation de l'étendue de l'érosion de cavitation.

HYDRAULIC TURBINES, STORAGE PUMPS AND PUMP-TURBINES – CAVITATION PITTING EVALUATION –

Part 1: Evaluation in reaction turbines, storage pumps and pump-turbines

1 Scope and object

This part of IEC 60609 serves as a basis for the formulation of guarantees applied to cavitation pitting for reaction hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines. It addresses the measurement and evaluation of the amount of cavitation pitting on certain specified machine components for given conditions, which are defined in the contract by output, specific hydraulic energy (E), speed, material, operation, etc.

The cavitation-pitting evaluation is based on the loss of material during a given time and under accurately defined operating conditions. All wetted surfaces are considered.

The contract documents shall state whether cavitation pitting on the hydraulic machine should or should not be anticipated in all or in some operating ranges.

Guarantees that restrict the extent of cavitation pitting are necessary in the contract whether cavitation pitting is anticipated or not.

1.1 Excluded topics and limitations

This standard does not cover other effects which cavitation may possibly have on the machine such as:

– output, efficiency, vibration, mechanical integrity, and noise; and

– material defects revealed during operation.

Material defects revealed by wear on the machine surfaces during operation are not included in a guarantee against cavitation pitting.

1.2 Considerations concerning chemical composition of water

It is assumed in this standard that the water is not chemically aggressive. In cases where the water is considered to be chemically aggressive, the cavitation-pitting guarantee shall be given on the basis of an agreed water analysis. Since chemical aggressiveness is dependent upon so many possible chemical compositions, and the materials of the machine, it is beyond the scope of this standard to set particular limits.

If it becomes apparent in the course of later analysis that the water is in fact more aggressive than the agreed analysis indicated, this must be taken into consideration when evaluating whether the cavitation-pitting guarantees have been met. If cavitation pitting occurs in zones where damage can be separately attributable to chemical or electrochemical corrosion, such damage shall be excluded from the evaluation of cavitation pitting. If cavitation pitting occurs in zones where damage can be proven to have been increased by chemical or electrochemical effects additional to those normal to cavitation in water of the agreed analysis, then such zones shall be excluded from the evaluation of cavitation pitting.

1.3 Considérations concernant une eau contenant des particules solides

L'abrasion due à de l'eau contenant des matériaux solides (par exemple du sable) ne peut être considérée comme de l'érosion de cavitation. Si une machine fonctionne en présence d'une quantité importante de matériaux solides, la perte de matière sera aggravée par l'action conjointe de l'érosion de cavitation (si elle existe) et de l'abrasion. L'intensité des dégâts dépend de divers facteurs, comme la concentration en sédiment, la composition minérale, la granulométrie, de paramètres définissant l'intensité des impacts (vitesse relative et angle d'incidence) ainsi que des caractéristiques des matériaux utilisés et des conditions d'exploitation de la machine. Une surface altérée par l'abrasion peut soit entraîner de l'érosion de cavitation soit aggraver cette dernière, car la géométrie est modifiée. En ce qui concerne l'évaluation des dommages, il est important de noter que l'apparition, la localisation et les mécanismes d'endommagement sont différents pour les dommages liés à la cavitation et ceux liés à l'abrasion. Si l'érosion de cavitation apparaît dans des zones où les dommages peuvent être attribués séparément à l'abrasion, ces dommages doivent être exclus de l'évaluation de l'étendue de l'érosion de cavitation.

Bien que les exemples de valeurs d'érosion de cavitation et les méthodes de mesure définies dans cette norme ne concernent que les dommages induits par la cavitation, il faut reconnaître que certaines installations hydrauliques fonctionnent, au moins une certaine période de l'année, avec de l'eau contenant une quantité significative de particules solides. Dans la mesure où l'abrasion dépend fortement des paramètres présentés précédemment, il n'est pas du ressort de cette norme de définir une quantité acceptable de matériaux solides dans l'eau.

Les documents du contrat doivent définir le contenu de l'eau en matières solides et, si pertinent le type de minéraux ainsi que la taille des particules solides (sable). Si ce contenu représente une proportion significative, il doit faire l'objet d'un accord spécifique. Cet accord peut considérer séparément les pertes de volume engendrées par érosion de cavitation et par abrasion. Toutefois, en pratique, il est extrêmement difficile de mesurer ces pertes de matière de manière séparée. Il peut donc être préférable que le contractant garantisse la perte de matière comme une combinaison de l'érosion de cavitation et de l'abrasion. La CEI TR 61366-1 traite des aspects liés à l'usure par le sable.

1.4 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60193, *Turbines hydrauliques, pompes d'accumulation et pompes-turbines – Essais de réception sur modèle*

CEI TR 61366-1, *Turbines hydrauliques, pompes d'accumulation et pompes-turbines – Documents d'appel d'offres – Partie 1: Généralités et annexes* (disponible en anglais seulement)

1.3 Considerations concerning water containing solids

Abrasion due to water contaminated with solids (for example, sand) cannot be considered as cavitation-pitting damage. When a machine operates in water containing a significant amount of solids, the weight loss of material will be intensified due to the joint action of both cavitation pitting (if it exists) and abrasion. The degree of intensifying destruction depends on various aspects, such as sediment concentration, mineral composition, size gradation and impact parameters (i.e. relative velocity and incidence angle) as well as the material characteristics and hydraulic machine operation conditions. When a surface is altered by abrasion erosion, cavitation-pitting damage can be initiated and accelerated because of the hydraulic shape change. With respect to measurement of damage, it is important to realize that, for cavitation erosion damage and abrasion erosion damage, the appearance, position and mechanism of destruction is not similar. If cavitation pitting occurs in zones where damage can be separately attributed to abrasion, such damage shall be excluded from the evaluation of cavitation pitting.

While the examples of amounts of cavitation pitting and measurement methods given in this standard cover cavitation-pitting damage only, it must be recognized that some hydro sites operate in water that contains significant amounts of solids for at least some portion of the year. Since erosion due to abrasion is so dependent on the above-mentioned parameters, it is beyond the scope of this standard to define an acceptable amount of solids content.

The contract documents shall describe the solids content of the water and, if relevant, the types of minerals and size of solid (sand) particles in the water analysis and, if it reaches significant proportion, shall be the subject of a special agreement. This agreement could consider the volume loss caused by cavitation pitting and abrasion erosion separately. However, in practice it is extremely difficult to measure them separately. It may be preferable that the contractor guarantee the material loss as a combination of cavitation pitting and abrasion. Aspects of abrasion wear by sand erosion are dealt with in IEC 61366-1.

1.4 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60193, *Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines – Model acceptance tests*

IEC TR 61366-1, *Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines – Tendering documents – Part 1: General and annexes*