

PRE-RELEASE VERSION (FDIS)



**Hydraulic machines –
Guidelines for dealing with hydro-abrasive erosion in Kaplan, Francis and Pelton
turbines**

**Machines hydrauliques –
Lignes directrices relatives au traitement de l'érosion hydro-abrasive des turbines
Kaplan, Francis et Pelton**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 23.100.10; 27.140

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**



FINAL DRAFT INTERNATIONAL STANDARD (FDIS)

PROJECT NUMBER: IEC 62364 ED2	
DATE OF CIRCULATION: 2018-07-06	CLOSING DATE FOR VOTING: 2018-08-17
SUPERSEDES DOCUMENTS: 4/318/CDV,4/337A/RVC	

IEC TC 4 : HYDRAULIC TURBINES	
SECRETARIAT: Canada	SECRETARY: Mr Robert Arseneault
OF INTEREST TO THE FOLLOWING COMMITTEES: TC 114	HORIZONTAL STANDARD: <input type="checkbox"/>
FUNCTIONS CONCERNED: <input type="checkbox"/> EMC <input type="checkbox"/> ENVIRONMENT <input checked="" type="checkbox"/> QUALITY ASSURANCE <input checked="" type="checkbox"/> SAFETY	
<input checked="" type="checkbox"/> SUBMITTED FOR CENELEC PARALLEL VOTING Attention IEC-CENELEC parallel voting The attention of IEC National Committees, members of CENELEC, is drawn to the fact that this Final Draft International Standard (FDIS) is submitted for parallel voting. The CENELEC members are invited to vote through the CENELEC online voting system.	<input type="checkbox"/> NOT SUBMITTED FOR CENELEC PARALLEL VOTING

This document is a draft distributed for approval. It may not be referred to as an International Standard until published as such.

In addition to their evaluation as being acceptable for industrial, technological, commercial and user purposes, Final Draft International Standards may on occasion have to be considered in the light of their potential to become standards to which reference may be made in national regulations.

Recipients of this document are invited to submit, with their comments, notification of any relevant patent rights of which they are aware and to provide supporting documentation.

TITLE:
Hydraulic machines - Guidelines for dealing with hydro-abrasive erosion in Kaplan, Francis and Pelton turbines

PROPOSED STABILITY DATE: 2025

NOTE FROM TC/SC OFFICERS:

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Terms, definitions and symbols.....	8
3 Prediction of hydro-abrasive erosion rate.....	12
3.1 Model for hydro-abrasive erosion depth	12
3.2 Reference model.....	13
3.3 Simplified hydro-abrasive erosion evaluation	14
4 Design.....	15
4.1 General.....	15
4.2 Selection of materials with high resistance to hydro-abrasive erosion and coating.....	16
4.3 Stainless steel overlays	16
4.4 Water conveyance system	16
4.5 Valve	17
4.5.1 General	17
4.5.2 Protection (closing) of the gap between housing and trunnion.....	17
4.5.3 Stops located outside the valve	17
4.5.4 Proper capacity of inlet valve operator	18
4.5.5 Increase bypass size to allow higher guide vane leakage	18
4.5.6 Bypass system design	18
4.6 Turbine	18
4.6.1 General	18
4.6.2 Hydraulic design.....	18
4.6.3 Mechanical design.....	20
5 Operation and maintenance.....	26
5.1 Operation.....	26
5.2 Spares and regular inspections	28
5.3 Particle sampling and monitoring	28
6 Materials with high resistance to hydro-abrasive erosion	29
6.1 Guidelines concerning relative hydro-abrasive erosion resistance of materials including hydro-abrasive erosion resistant coatings	29
6.1.1 General	29
6.1.2 Discussion and conclusions.....	30
6.2 Guidelines concerning maintainability of hydro-abrasive erosion resistant coating materials	30
6.2.1 Definition of terms used in this subclause	30
6.2.2 Time between overhaul for protective coatings	30
6.2.3 Repair of protective coatings	31
7 Guidelines on insertions into specifications.....	32
7.1 General.....	32
7.2 Properties of particles going through the turbine	33
7.3 Size distribution of particles	34
Annex A (informative) <i>PL</i> calculation example.....	35
Annex B (informative) Measuring and recording hydro-abrasive erosion damages	37
B.1 Recording hydro-abrasive erosion damage	37

B.2	Pelton runner without coating.....	37
B.3	Needle tip and mouth piece without coating	38
B.4	Pelton runner with hardcoating.....	38
B.5	Needle tip, seat ring and nozzle housing with coating	38
B.6	Francis runner and stationary labyrinth without coating	39
B.7	Francis runner with coating and stationary labyrinth.....	39
B.8	Guide vanes and facing plates without coating.....	39
B.9	Guide vanes and facing plates with coating.....	40
B.10	Stay vanes.....	40
B.11	Francis labyrinth seals uncoated.....	40
B.12	Kaplan uncoated.....	40
B.13	Kaplan coated.....	41
B.14	Sample data sheets	41
B.15	Inspection record, runner blade inlet.....	42
B.16	Inspection record, runner blade outlet.....	43
B.17	Inspection record, runner band	44
B.18	Inspection record, guide vanes	45
B.19	Inspection record, facing plates and covers	46
B.20	Inspection record, upper stationary seal.....	47
B.21	Inspection record, upper rotating seal	48
B.22	Inspection record, lower stationary seal	49
B.23	Inspection record, lower rotating seal.....	50
B.24	Inspection record, runner bucket.....	51
B.25	Inspection record, Pelton runner splitter.....	52
Annex C (informative) Monitoring of particle concentration and properties and water sampling procedure		53
C.1	General.....	53
C.2	Sampling before building a power station.....	53
C.3	Sampling in existing power stations	54
C.4	Logging of samples.....	54
Annex D (informative) Procedures for analysis of particle concentration, size, hardness and shape		55
D.1	General.....	55
D.2	Particle concentration	55
D.3	Particle size distribution	55
D.4	Mineralogical composition	55
D.5	Particle geometry.....	55
Annex E (informative) Frequency of sediment sampling.....		58
Annex F (informative) Typical criteria to determine overhaul time due to hydro-abrasive erosion		59
F.1	General.....	59
F.2	Parameters which are observable while the unit is in operation.....	59
F.3	Criteria that require internal inspection of the unit.....	60
Annex G (informative) Example to calculate the hydro-abrasive erosion depth.....		61
Annex H (informative) Examples to calculate the TBO in the reference model.....		63
Annex I (informative) Background for hydro-abrasive erosion depth model		66
I.1	Model background and derivation.....	66
I.2	Introduction to the <i>PL</i> variable.....	67
I.3	Calibration of the formula.....	69

Annex J (informative) Quality control of thermal sprayed WC-CoCr.....	71
J.1 Specification	71
J.2 Quality control	71
Bibliography.....	72
Figure 1 – Estimation of the characteristic velocities in guide vanes, W_{gv} , and runner, W_{run} , as a function of turbine specific speed	13
Figure 2 – Simplified evaluation of risk of hydro-abrasive erosion for first assessment.....	15
Figure 3 – Example of protection of transition area	17
Figure 4 – Runner blade overhang in refurbishment project	19
Figure 5 – Example of cavitation on runner band due to thicker blades	20
Figure 6 – Example of design of guide vane trunnion seals	21
Figure 7 – Example of fixing of facing plates from the dry side (bolt to the left)	23
Figure 8 – Head cover balancing pipes with bends.....	24
Figure 9 – Step labyrinth with optimized shape for hardcoating	26
Figure 10 – Sample plot of particle concentration versus time.....	28
Figure D.1 – Typical examples of particle geometry	57
Figure I.1 – Example of flow pattern in a Pelton injector at different load	68
Table 1 – Values of K_f and p for various components	13
Table 2 – Overview over the feasibility for repair C on site.....	31
Table 3 – Form for properties of particles going through the turbine.....	33
Table 4 – Form for size distribution of particles.....	34
Table A.1 – Example of documenting sample tests	35
Table A.2 – Example of documenting sample results	36
Table B.1 – Inspection record, runner blade inlet form	42
Table B.2 – Inspection record, runner blade outlet form	43
Table B.3 – Inspection record, runner band form.....	44
Table B.4 – Inspection record, guide vanes form.....	45
Table B.5 – Inspection record, facing plates and covers form.....	46
Table B.6 – Inspection record, upper stationary seal form.....	47
Table B.7 – Inspection record, upper rotating seal form	48
Table B.8 – Inspection record, lower stationary seal form	49
Table B.9 – Inspection record, lower rotating seal form.....	50
Table B.10 – Inspection record, runner bucket.....	51
Table B.11 – Inspection record, Pelton runner splitter	52
Table G.1 – Calculations.....	62
Table H.1 – Pelton turbine calculation example.....	63
Table H.2 – Francis turbine calculation example	64
Table I.1 – Analysis of the calibration constant K_f and p	70
Table J.1 – Recommended items to include in HVOF inspection	71

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HYDRAULIC MACHINES – GUIDELINES FOR DEALING WITH HYDRO-ABRASIVE EROSION IN KAPLAN, FRANCIS, AND PELTON 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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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 62364 has been prepared by IEC technical committee 4: Hydraulic turbines.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2013. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) the formula for TBO in Pelton reference model has been modified;
- b) the formula for calculating sampling interval has been modified;
- c) the chapter in hydro-abrasive erosion resistant coatings has been substantially modified;
- d) the annex with test data for hydro-abrasive erosion resistant materials has been removed;
- e) a simplified hydro-abrasive erosion evaluation has been added.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
4/xxx/FDIS	4/xxx/RVD

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

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

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

The number of hydro power plants with hydro-abrasive erosion is increasing worldwide.

An overall approach is needed to minimize the impact of this phenomenon. Already at the start of the planning phase an evaluation should be done to quantify the hydro-abrasive erosion and the impact on the operation. For this, the influencing parameters and their impact on the hydro-abrasive erosion have to be known. The necessary information for the evaluation comprises among others the future design, the particle parameters of the water, which will pass the turbine, the reservoir sedimentation and the power plant owner's framework for the future operation like availability or maximum allowable efficiency loss, before an overhaul needs to be done.

Based on this evaluation of the hydro-abrasive erosion, an optimised solution can then be found, by analysing all measures in relation to investments, energy production and maintenance costs as decision parameters. Often a more hydro-abrasive erosion-resistant design, instead of choosing the turbine design with the highest efficiency, will lead to higher revenue. This analysis is best performed by the overall plant designer.

With regards to the machines, owners should find the means to communicate to potential suppliers for their sites, their desire to have the particular attention of the designers at the turbine design phase, directed to the minimization of the severity and effects of hydro-abrasive erosion.

Limited consensus and very little quantitative data exists on the steps which the designer could and should take to extend the useful life before major overhaul of the turbine components when they are operated under severe hydro-abrasive erosion service. This has led some owners to write into their specifications, conditions which cannot be met with known methods and materials.

HYDRAULIC MACHINES – GUIDELINES FOR DEALING WITH HYDRO-ABRASIVE EROSION IN KAPLAN, FRANCIS, AND PELTON TURBINES

1 Scope

This document gives guidelines for:

- a) presenting data on hydro-abrasive erosion rates on several combinations of water quality, operating conditions, component materials, and component properties collected from a variety of hydro sites;
- b) developing guidelines for the methods of minimizing hydro-abrasive erosion by modifications to hydraulic design for clean water. These guidelines do not include details such as hydraulic profile shapes which are determined by the hydraulic design experts for a given site;
- c) developing guidelines based on “experience data” concerning the relative resistance of materials faced with hydro-abrasive erosion problems;
- d) developing guidelines concerning the maintainability of materials with high resistance to hydro-abrasive erosion and hardcoatings;
- e) developing guidelines on a recommended approach, which owners could and should take to ensure that specifications communicate the need for particular attention to this aspect of hydraulic design at their sites without establishing criteria which cannot be satisfied because the means are beyond the control of the manufacturers;
- f) developing guidelines concerning operation mode of the hydro turbines in water with particle materials to increase the operation life.

It is assumed in this document that the water is not chemically aggressive. Since chemical aggressiveness is dependent upon so many possible chemical compositions, and the materials of the machine, it is beyond the scope of this document to address these issues.

It is assumed in this document that cavitation is not present in the turbine. Cavitation and hydro-abrasive erosion can reinforce each other so that the resulting erosion is larger than the sum of cavitation erosion plus hydro-abrasive erosion. The quantitative relationship of the resulting hydro-abrasive erosion is not known and it is beyond the scope of this document to assess it, except to suggest that special efforts be made in the turbine design phase to minimize cavitation.

Large solids (e.g. stones, wood, ice, metal objects, etc.) traveling with the water can impact turbine components and produce damage. This damage can in turn increase the flow turbulence thereby accelerating wear by both cavitation and hydro-abrasive erosion. Hydro-abrasive erosion resistant coatings can also be damaged locally by impact of large solids. It is beyond the scope of this document to address these issues.

This document focuses mainly on hydroelectric powerplant equipment. Certain portions can also be applicable to other hydraulic machines.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application	9
2 Termes, définitions et symboles	10
3 Prédiction du taux d'érosion hydro-abrasive	13
3.1 Modélisation de la profondeur d'érosion hydro-abrasive	13
3.2 Modèle par analogie	14
3.3 Evaluation simplifiée de l'érosion hydro-abrasive	15
4 Conception	16
4.1 Généralités	16
4.2 Sélection des matériaux et revêtements présentant une forte résistance à l'érosion hydro-abrasive	17
4.3 Revêtements en acier inoxydable	17
4.4 Système d'adduction hydraulique	17
4.5 Vannes	18
4.5.1 Généralités	18
4.5.2 Protection (par obstruction) de l'espace entre le tourillon et son logement	19
4.5.3 Butées extérieures à la vanne	19
4.5.4 Capacité appropriée de l'organe de manœuvre des vannes de garde	19
4.5.5 Augmentation de la taille du circuit de dérivation pour prendre en compte un débit de fuite plus élevé au niveau des directrices	19
4.5.6 Conception du système de dérivation	19
4.6 Turbine	20
4.6.1 Généralités	20
4.6.2 Conception hydraulique	20
4.6.3 Conception mécanique	22
5 Exploitation et maintenance	29
5.1 Exploitation	29
5.2 Pièces de rechange et inspections périodiques	30
5.3 Echantillonnage et contrôle en continu des particules	30
6 Matériaux hautement résistants à l'érosion hydro-abrasive	32
6.1 Recommandations concernant la résistance à l'érosion hydro-abrasive relative des matériaux, y compris les revêtements résistants à l'érosion hydro-abrasive	32
6.1.1 Généralités	32
6.1.2 Discussion et conclusions	33
6.2 Lignes directrices concernant la maintenabilité des matériaux utilisés pour les revêtements résistant à l'érosion hydro-abrasive	33
6.2.1 Définition des termes employés dans ce paragraphe	33
6.2.2 Temps entre chaque révision pour les revêtements de protection	33
6.2.3 Réparation des revêtements de protection	34
7 Recommandations concernant les éléments à intégrer dans les spécifications	35
7.1 Généralités	35
7.2 Propriétés des particules passant dans la turbine	37
7.3 Granulométrie des particules	38
Annexe A (informative) Exemple de calcul de la valeur <i>PL</i>	39

Annexe B (informative) Mesures et enregistrements des dommages par érosion hydro-abrasive.....	41
B.1 Enregistrement du dommage par érosion hydro-abrasive.....	41
B.2 Roue Pelton sans revêtement	42
B.3 Aiguille et lèvre sans revêtement	42
B.4 Roue Pelton avec revêtement dur	42
B.5 Pointeau, bec de buse et buse des injecteurs avec revêtement.....	43
B.6 Roue Francis et labyrinthe fixe sans revêtement.....	43
B.7 Roue Francis avec revêtement et labyrinthe fixe	43
B.8 Directrices et plaques d'usure sans revêtement	44
B.9 Directrices et plaques d'usure avec revêtement	44
B.10 Avant-directrices.....	44
B.11 Labyrinthes de roue Francis sans revêtement	45
B.12 Pales de Kaplan sans revêtement.....	45
B.13 Pales de Kaplan avec revêtement	45
B.14 Fiches techniques d'échantillonnage.....	45
B.15 Registre d'inspection, entrée des aubes.....	47
B.16 Registre d'inspection, sortie des aubes	48
B.17 Registre d'inspection, ceinture de roue	49
B.18 Registre d'inspection, directrices	50
B.19 Registre d'inspection, plaques d'usure et flasques	51
B.20 Registre d'inspection, labyrinthe supérieur fixe	52
B.21 Registre d'inspection, labyrinthe supérieur mobile.....	53
B.22 Registre d'inspection, labyrinthe inférieur fixe	54
B.23 Registre d'inspection, labyrinthe inférieur mobile	55
B.24 Registre d'inspection, auget de roue Pelton	56
B.25 Registre d'inspection, arête d'auget Pelton	57
Annexe C (informative) Surveillance de la concentration et des propriétés et procédure d'échantillonnage de l'eau	58
C.1 Généralités	58
C.2 Echantillonnage avant la construction de la centrale	58
C.3 Echantillonnage au niveau des centrales existantes.....	59
C.4 Enregistrement des échantillons	59
Annexe D (informative) Procédures d'analyse de la concentration, de la taille, de la dureté et de la forme des particules	60
D.1 Généralités	60
D.2 Concentration en particules	60
D.3 Distribution granulométrique des particules.....	60
D.4 Composition minéralogique des particules	60
D.5 Géométrie des particules	61
Annexe E (informative) Fréquence d'échantillonnage des sédiments	63
Annexe F (informative) Critères typiques de détermination de la nécessité d'une révision en raison de l'érosion hydro-abrasive.....	64
F.1 Généralités	64
F.2 Paramètres qui sont observables quand le groupe est en fonctionnement.....	64
F.3 Critères qui nécessitent une inspection interne du groupe.....	65
Annexe G (informative) Exemple de calcul de la profondeur d'érosion hydro-abrasive	66
Annexe H (informative) Exemples de calcul du TBO dans le modèle de référence	68

Annexe I (informative) Compléments sur le modèle de la profondeur d'érosion hydro-abrasive.....	71
I.1 Compléments sur le modèle et incertitudes.....	71
I.2 Introduction de la variable PL	72
I.3 Calibration de la formule.....	75
Annexe J (informative) Contrôle qualité du revêtement par projection thermique WC-CoCr.....	76
J.1 Spécification.....	76
J.2 Contrôle qualité.....	76
Bibliographie.....	77
Figure 1 – Estimation des vitesses caractéristiques dans les directrices, W_{gv} , et dans la roue, W_{run} , en fonction de la vitesse spécifique de la turbine.....	14
Figure 2 – Evaluation simplifiée de l'érosion hydro-abrasive pour une première évaluation.....	16
Figure 3 – Exemple de protection de la zone de transition.....	19
Figure 4 – Aubes en porte à faux pour un projet de réhabilitation.....	21
Figure 5 – Exemple de cavitation sur la ceinture de roue due à des aubes trop épaisses.....	22
Figure 6 – Exemple de conception de joints au niveau des tourillons des directrices.....	23
Figure 7 – Exemple de fixation de plaques d'usure côté sec (élément de fixation à gauche).....	25
Figure 8 – Tuyaux d'équilibrage avec coudes au niveau du flasque supérieur.....	26
Figure 9 – Labyrinthe à étages de forme optimisée pour application d'un revêtement dur.....	29
Figure 10 – Exemple de graphique de la concentration des particules en fonction du temps.....	31
Figure D.1 – Trois exemples typiques de géométrie des particules.....	62
Figure I.1 – Exemple d'écoulement dans un injecteur Pelton à différentes ouvertures.....	73
Tableau 1 – Valeurs de K_f et p pour différents composants.....	14
Tableau 2 – Présentation succincte de la faisabilité de la réparation de type C.....	35
Tableau 3 – Formulaire pour les propriétés des particules passant dans la turbine.....	37
Tableau 4 – Formulaire pour la granulométrie des particules.....	38
Tableau A.1 – Exemple de documentation des essais sur échantillonnage.....	39
Tableau A.2 – Exemple de documentation des résultats d'échantillonnage.....	40
Tableau B.1 – Registre d'inspection, formulaire dédié à l'entrée des aubes.....	47
Tableau B.2 – Registre d'inspection, formulaire dédié à la sortie des aubes.....	48
Tableau B.3 – Registre d'inspection, formulaire dédié à la ceinture de roue.....	49
Tableau B.4 – Registre d'inspection, formulaire dédié aux directrices.....	50
Tableau B.5 – Registre d'inspection, formulaire dédié aux plaques d'usure et aux flasques.....	51
Tableau B.6 – Registre d'inspection, formulaire dédié au labyrinthe supérieur fixe.....	52
Tableau B.7 – Registre d'inspection, formulaire dédié au labyrinthe supérieur mobile.....	53
Tableau B.8 – Registre d'inspection, formulaire dédié au labyrinthe inférieur fixe.....	54
Tableau B.9 – Registre d'inspection, formulaire dédié au labyrinthe inférieur mobile.....	55
Tableau B.10 – Registre d'inspection, formulaire dédié aux augets de roue Pelton.....	56
Tableau B.11 – Registre d'inspection, formulaire dédié aux arêtes d'augets Pelton.....	57

Tableau G.1 – Calculs	67
Tableau H.1 – Exemple de calcul pour une turbine Pelton.....	68
Tableau H.2 – Exemple de calcul pour une turbine Francis	69
Tableau I.1 – Analyse des constantes de calibration K_f et p	75
Tableau J.1 – Éléments qu'il est recommandé d'inclure dans le rapport d'inspection du revêtement.....	76

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES HYDRAULIQUES – LIGNES DIRECTRICES RELATIVES AU TRAITEMENT DE L'EROSION HYDRO-ABRASIVE DES TURBINES KAPLAN, FRANCIS ET PELTON

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62364 a été établie par le comité d'études 4 de l'IEC: Turbines hydrauliques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 2013. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) la formule pour le TBO du modèle de référence des turbines Pelton a été modifiée;
- b) la formule pour le calcul de l'intervalle d'échantillonnage a été modifiée;
- c) le chapitre sur les revêtements résistant à l'érosion hydro-abrasive a été substantiellement modifié;

- d) l'annexe sur les données test pour les matériaux résistant à l'érosion hydro-abrasive a été supprimée;
- e) une évaluation simplifiée de l'érosion hydro-abrasive a été ajoutée.

Le texte de cette Norme Internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
4/xxx/FDIS	4/xxx/RVD

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/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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.

IMPORTANT – Le logo “colour inside” qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Le nombre de centrales hydroélectriques concernées par l'érosion hydro-abrasive est en augmentation dans le monde entier.

Une approche globale est nécessaire afin de minimiser l'impact lié à ce phénomène. Dès la phase d'avant-projet, il convient qu'une évaluation soit menée afin de quantifier l'érosion hydro-abrasive et son impact sur l'exploitation de la centrale. Pour ceci, les paramètres influents et leurs impacts sur l'érosion hydro-abrasive doivent être connus. Les informations nécessaires pour l'évaluation comprennent entre autres la conception future, les paramètres liés aux particules présentes dans l'eau et qui passeront dans la turbine, la sédimentation du réservoir et le cadre d'application du propriétaire de la centrale concernant l'exploitation future comme la disponibilité ou la perte de rendement maximale admissible avant la réalisation d'une révision.

Basée sur cette évaluation de l'érosion hydro-abrasive, une solution optimisée peut être trouvée, en considérant toutes les mesures liées à l'investissement, à la production d'énergie et aux coûts de maintenance comme paramètres de décision. Bien souvent, une conception adaptée pour résister à l'érosion hydro-abrasive sera plus rentable qu'une conception visant à atteindre un rendement maximal de la turbine. Cette analyse est plus efficace lorsqu'elle est réalisée par le concepteur de la centrale.

Il revient aux propriétaires de machines de communiquer auprès des fournisseurs potentiels des machines destinées à leurs sites, sur le fait que les concepteurs doivent porter une attention toute particulière, lors de la phase de conception de la turbine, à la minimisation de la gravité et des effets de l'érosion hydro-abrasive.

Les étapes que le concepteur pourrait suivre, et dont il convient qu'il les suive effectivement, de manière à prolonger la durée de vie utile avant toute révision importante des composantes d'une turbine fonctionnant dans des conditions sévères d'érosion hydro-abrasive, font l'objet d'un consensus restreint et très peu de données quantitatives existent. Cette situation a conduit certains propriétaires à intégrer dans leurs spécifications des conditions qui ne peuvent être satisfaites en s'appuyant sur des méthodes et des matériaux connus.

MACHINES HYDRAULIQUES – LIGNES DIRECTRICES RELATIVES AU TRAITEMENT DE L'ÉROSION HYDRO-ABRASIVE DES TURBINES KAPLAN, FRANCIS ET PELTON

1 Domaine d'application

Ce document donne des lignes directrices pour:

- a) présenter les données disponibles concernant les taux d'érosion hydro-abrasive avec diverses combinaisons de qualité de l'eau, conditions d'exploitation, matériaux et propriétés des composants; ces données ayant été obtenues sur différents sites hydroélectriques;
- b) développer des lignes directrices permettant de réduire au minimum l'érosion hydro-abrasive en apportant des modifications à la conception hydraulique normalement utilisée en l'absence de particules. Ces lignes directrices n'abordent pas les détails tels que les profils hydrauliques que les spécialistes en conception hydraulique déterminent pour un site donné;
- c) développer des lignes directrices établies sur le «retour d'expérience» concernant la résistance relative de matériaux confrontés aux problèmes d'érosion hydro-abrasive;
- d) développer des lignes directrices concernant la maintenabilité des matériaux résistants à l'érosion hydro-abrasive et des revêtements de surface durs;
- e) développer des lignes directrices relatives à la recommandation d'une méthode, que les propriétaires pourraient appliquer, et dont il convient qu'ils l'appliquent effectivement, afin de s'assurer que les spécifications montrent la nécessité d'accorder une attention toute particulière à la conception des formes hydrauliques propres à leur site sans imposer des critères qui ne peuvent être satisfaits dans la mesure où les moyens à mettre en œuvre ne sont pas maîtrisables par les constructeurs;
- f) développer des lignes directrices concernant le mode de fonctionnement des turbines hydroélectriques en présence de particules afin d'accroître la durée de vie.

Ce document fait l'hypothèse d'une eau chimiquement non agressive; étant donné que cette agressivité dépend des diverses compositions chimiques possibles, ainsi que des matériaux constitutifs de la machine, le domaine d'application de ce document ne traite pas de cette question.

Ce document fait également l'hypothèse de l'absence de cavitation au niveau de la turbine. En effet la cavitation et l'érosion hydro-abrasive peuvent se renforcer mutuellement de sorte que l'érosion résultante est plus importante que la somme des deux. Comme aucune formulation quantitative de cette érosion résultante n'est connue, ce document n'a pas pour objet de l'évaluer, sauf pour suggérer, lors de la phase de conception de la turbine, des efforts particuliers visant à minimiser la cavitation.

Des objets solides de grandes dimensions (comme des pierres, du bois, de la glace, des objets métalliques, etc.) véhiculés par l'eau peuvent percuter les composants de la turbine et les endommager. Ces dommages peuvent pour leur part accroître la turbulence de l'écoulement et accélérer l'usure par cavitation et par érosion hydro-abrasive. Les revêtements durs résistants à l'érosion hydro-abrasive peuvent également être endommagés localement suite à l'impact de ces particules de grandes dimensions. Ce document ne traite pas de ces questions.

Ce document se concentre principalement sur les équipements des centrales hydroélectriques. Certaines parties de ce document peuvent également s'appliquer à d'autres machines hydrauliques.