



IEC 62256

Edition 2.0 2017-05
REDLINE VERSION

INTERNATIONAL STANDARD



Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines – Rehabilitation and performance improvement

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

ICS 27.140

ISBN 978-2-8322-4433-3

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Normative references	10
3 Terms, definitions and nomenclature	10
4 Reasons for rehabilitating.....	12
4.1 General.....	12
4.2 Reliability and availability increase.....	14
4.3 Life extension and performance restoration.....	14
4.4 Performance improvement	14
4.5 Plant safety improvement.....	14
4.6 Environmental, social and regulatory issues.....	15
4.7 Maintenance and operating cost reduction	15
4.8 Other considerations.....	15
5 Phases of a rehabilitation project.....	15
5.1 General.....	15
5.2 Decision on organization.....	17
5.2.1 General	17
5.2.2 Expertise required	17
5.2.3 Contract arrangement.....	17
5.3 Level of assessment and determination of scope	18
5.3.1 General	18
5.3.2 Feasibility study – Stage 1.....	19
5.3.3 Feasibility study – Stage 2.....	19
5.3.4 Detailed study.....	19
5.4 Contractual issues	23
5.4.1 General	23
5.4.2 Specification requirements.....	24
5.4.3 Tendering documents and evaluation of tenders	24
5.4.4 Contract award(s).....	25
5.5 Execution of project	25
5.5.1 Model test activities	25
5.5.2 Design, construction, installation and testing	25
5.6 Evaluation of results and compliance with guarantees.....	26
5.6.1 General	26
5.6.2 Turbine performance evaluation.....	26
5.6.3 Generator performance evaluation.....	27
5.6.4 Penalties and/or bonuses assessment.....	27
6 Scheduling, cost analysis and risk analysis	27
6.1 Scheduling.....	27
6.1.1 General	27
6.1.2 Scheduling – Assessment, feasibility and detailed study phases.....	28
6.1.3 Evaluating the scheduling component of alternatives	28
6.1.4 Scheduling specification and tendering phase	29
6.1.5 Scheduling project execution phases	29
6.2 Economic and financial analyses	29

6.2.1	General	29
6.2.2	Benefit-cost analysis.....	30
6.2.3	Identification of anticipated benefits.....	31
6.2.4	Identification of anticipated costs and benefits	32
6.2.5	Sensitivity analysis	33
6.2.6	Conclusions.....	34
6.3	Risk analysis.....	34
6.3.1	General	34
6.3.2	Non-achievement of performance risk.....	34
6.3.3	Risk of continued operation without rehabilitation	35
6.3.4	Extension of outage risk	35
6.3.5	Financial risks	35
6.3.6	Project scope risk	36
6.3.7	Other risks.....	36
7	Assessment and determination of scope of the work.....	37
7.1	General.....	37
7.2	Assessment of the site	37
7.2.1	Hydrology	37
7.2.2	Actual energy production	38
7.2.3	Environmental, social and regulatory issues	38
7.3	The assessment of the turbine	39
7.3.1	General	39
7.3.2	Turbine integrity assessment	39
7.3.3	Residual life.....	53
7.3.4	Turbine performance assessment	63
7.4	The assessment of related equipment.....	85
7.4.1	General	85
7.4.2	Generator and thrust bearing	86
7.4.3	Turbine governor	87
7.4.4	Turbine inlet and outlet valves, pressure relief valve.....	87
7.4.5	Auxiliary equipment	87
7.4.6	Equipment for erection, dismantling and maintenance	88
7.4.7	Penstock and other water passages	88
7.4.8	Consequences of changes in plant specific hydraulic energy (head)	89
7.4.9	Grid integration.....	89
8	Hydraulic design and performance testing options	89
8.1	General.....	89
8.2	Computational hydraulic design	90
8.2.1	General	90
8.2.2	The role of CFD.....	91
8.2.3	The process of a CFD cycle.....	91
8.2.4	The accuracy of CFD results.....	92
8.2.5	How to use CFD for rehabilitation	92
8.2.6	CFD versus model tests.....	93
8.3	Model tests	94
8.3.1	General	94
8.3.2	Model test similitude	94
8.3.3	Model test content	95
8.3.4	Model test application.....	96

8.3.5	Model test location	97
8.4	Prototype performance test	98
8.4.1	General	98
8.4.2	Prototype performance test accuracy	99
8.4.3	Prototype performance test types	99
8.4.4	Evaluation of results	100
9	Specifications	101
9.1	General.....	101
9.2	Reference standards.....	101
9.3	Information to be included in the tender documents	102
9.4	Documents to be developed in the course of the project	103
	Annex A (informative) Check-list for evaluation of existing turbine	106
	Annex B (informative) Assessment examples.....	140
B.1	General.....	140
B.2	Runner (applicable to Francis, Kaplan, propeller and Pelton).....	140
B.2.1	Documentation – available data	140
B.2.2	Design review	141
B.2.3	Inspection items	141
B.2.4	Assessment of inspection results	142
B.2.5	Current condition assessment.....	144
B.2.6	Scope of work.....	144
B.3	Stay ring	146
B.3.1	Documentation – available data	146
B.3.2	Design review	146
B.3.3	Inspection items	146
B.3.4	Assessment of inspection results	147
B.3.5	Current condition assessment.....	147
B.3.6	Scope of work (possible action to be taken).....	148
B.4	Guide vanes	148
B.4.1	Documentation – Available data.....	148
B.4.2	Design review	149
B.4.3	Inspection items	149
B.4.4	Assessment of inspection results	150
B.4.5	Current condition assessment.....	151
B.4.6	Scope of work.....	151
B.5	Real life example: Pelton runner with severe crack	152
B.5.1	Data of the Pelton runner.....	152
B.5.2	Fatigue analysis	152
B.5.3	Fracture-mechanics analysis	154
B.5.4	Results for the Pelton runner	154
	Annex C (informative) Checklist for evaluation of related equipment	156
	Bibliography.....	160
	Figure 1 – Flow diagram depicting the logic of the rehabilitation process	16
	Figure 2 – Critical zones for cracks “A” and “B” in Pelton runner buckets	52
	Figure 3 – Bathtub curve.....	54
	Figure 4 – Process of residual life estimation.....	55
	Figure 5 – Schematic behaviour for the different stages in the fatigue process	57

Figure 6 – Start-up and full load strain gauge signal on Francis blade.....	62
Figure 7 – Relative efficiency versus relative output – Original and new runners.....	65
Figure 8 – Relative efficiency versus output – Original and new runners – Outardes 3 generating station	66
Figure 9 – Efficiency and distribution of losses versus specific speed for Francis turbines (model) in 2005	67
Figure 10 – Relative efficiency gain following modification of the blades on the La Grande 3 runner, in Quebec, Canada.....	69
Figure 11 – Potential efficiency improvement for Francis turbine rehabilitation.....	73
Figure 12 – Potential efficiency improvement for Kaplan turbine rehabilitation	74
Figure 13 – Cavitation and corrosion-erosion in Francis runner.....	76
Figure 14 – Back side erosion of the entrance into a Pelton bucket.....	77
Figure 15 – Leading edge cavitation erosion on a Francis pump-turbine caused by extended periods of operation at very low loads.....	78
Figure 16 – Severe particle erosion damage in a Francis runner	80
Table 1 – Expected life of a hydropower plant and its subsystems before major work	13
Table 2 – Typical routine inspections	41
Table 3 – Example of a rating system for the inspection results	60
Table 4 – Example of a typical list of turbine components for Francis and Kaplan with different weight factors X_1 to X_7 based on relative importance.....	61
Table 5 – Example of rating of a single component assessment including three assessment criteria	61
Table 6 – Francis turbine potential efficiency improvement (%) for runner profile modifications only	68
Table 7 – Potential impact of design and condition of runner seals on Francis turbine efficiency with new replacement runner or rehabilitated runner (%).....	71
Table 8 – Potential total gain in efficiency from the replacement of a Francis turbine runner including the blade profile improvements, the restoration of surface condition and the reduction of seal losses.....	71
Table 9 – Potential additional efficiency improvement by rehabilitation/replacement of other water passage components on a Francis turbine (%)	72
Table A.1 – Assessment of turbine embedded parts – Stay ring.....	106
Table A.2 – Assessment of turbine embedded parts – Spiral or semi-spiral case	107
Table A.3 – Assessment of turbine embedded parts – Discharge ring	108
Table A.4 – Assessment of turbine embedded parts – Draft tube	110
Table A.5 – Assessment of turbine non-embedded, non-rotating parts – Headcover	112
Table A.6 – Assessment of turbine non-embedded, non-rotating parts – Intermediate and inner headcovers	115
Table A.7 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Bottom ring	116
Table A.8 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Guide vanes.....	118
Table A.9 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Guide vane operating mechanism.....	121
Table A.10 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Operating ring	122
Table A.11 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Servomotors.....	123
Table A.12 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Guide bearings.....	124

Table A.13 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Turbine shaft seal (mechanical seal or packing box)	126
Table A.14 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Thrust bearing support.....	126
Table A.15 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Nozzles	127
Table A.16 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Deflectors and energy dissipation	128
Table A.17 – Assessment of turbine rotating parts – Runner	129
Table A.18 – Assessment of turbine rotating parts – Runner	132
Table A.19 – Assessment of turbine rotating parts – Runner	134
Table A.20 – Assessment of turbine rotating parts – Turbine shaft.....	135
Table A.21 – Assessment of turbine rotating parts – Oil head and oil distribution pipes	136
Table A.22 – Assessment of turbine auxiliaries – Speed and load regulation system (governor).....	137
Table A.23 – Assessment of turbine auxiliaries – Turbine aeration system.....	138
Table A.24 – Assessment of turbine auxiliaries – Lubrication system (guide vane mechanism)	139
Table C.1 – Assessment of related equipment – Governor	156
Table C.2 – Assessment of related equipment – Generator and thrust bearing.....	157
Table C.3 – Assessment of related equipment – Penstock and turbine inlet valves	158
Table C.4 – Assessment of related equipment – Civil works.....	159
Table C.5 – Assessment of related equipment – Crane, erection equipment	159

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**HYDRAULIC TURBINES, STORAGE PUMPS AND PUMP-TURBINES –
REHABILITATION AND PERFORMANCE IMPROVEMENT**

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.

This redline version of the official IEC Standard allows the user to identify the changes made to the previous edition. A vertical bar appears in the margin wherever a change has been made. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text.

International Standard IEC 62256 has been prepared by IEC technical committee 4: Hydraulic turbines.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2008. This edition constitutes a technical revision.

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

- Tables 2 to 23 modified, completed and moved to Annex A;
- 7.3.2:
 - subclauses moved with text changes;
 - new subclauses on temperature, noise, galvanic corrosion, galling and replacement of components without assessment;
- 7.3.3: complete new subclause on residual life;
- Tables 29 to 32 moved to Annex C;
- new Annex B with assessment examples.

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

FDIS	Report on voting
4/323/FDIS	4/326/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.

A bilingual version of this publication may be issued at a later date.

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

Hydro plant owners make significant investments annually in rehabilitating plant equipment (turbines, generators, transformers, penstocks, gates etc.) and structures in order to improve the level of service to their customers and to optimize their revenue. In the absence of guidelines, owners may be spending needlessly, or may be taking unnecessary risks and thereby achieving results that are less than optimal. This document is intended to be a tool in the optimisation and decision process.

~~IEC TC 4 wishes to thank IEA for providing its document “Guidelines on Methodology for Hydroelectric Francis Turbine Upgrading by Runner Replacement” as a starting point for the writing of this document. IEC TC 4 appreciates this contribution and acknowledges that the IEA document provided a good foundation upon which to build this IEC document.~~

Edition 1 of this International Standard was based on the IEA document *Guidelines on Methodology for Hydroelectric Francis Turbine Upgrading by Runner Replacement*.

HYDRAULIC TURBINES, STORAGE PUMPS AND PUMP-TURBINES – REHABILITATION AND PERFORMANCE IMPROVEMENT

1 ~~Scope and object~~

This document covers turbines, storage pumps and pump-turbines of all sizes and of the following types:

- Francis;
- Kaplan;
- propeller;
- Pelton (turbines only);
- bulb **turbines**.

This document also identifies without detailed discussion, other powerhouse equipment that could affect or be affected by a turbine, storage pump, or pump-turbine rehabilitation.

The object of this document is to assist in identifying, evaluating and executing rehabilitation and performance improvement projects for hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines. This document can be used by owners, consultants, and suppliers to define:

- needs and economics for rehabilitation and performance improvement;
- scope of work;
- specifications;
- evaluation of results.

This document is intended to be:

- an aid in the decision process;
- an extensive source of information on rehabilitation;
- an identification of the key milestones in the rehabilitation process;
- an identification of the points ~~that should~~ **to** be addressed in the decision processes.

This document is not intended to be a detailed engineering manual nor a maintenance document.

2 **Normative references**

There are no normative references in this document.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines – Rehabilitation and performance improvement

**Turbines hydrauliques, pompes d'accumulation et pompes-turbines –
Réhabilitation et amélioration des performances**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.



IEC 62256

Edition 2.0 2017-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines – Rehabilitation and performance improvement

**Turbines hydrauliques, pompes d'accumulation et pompes-turbines –
Réhabilitation et amélioration des performances**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.140

ISBN 978-2-8322-5201-7

**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.**

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Normative references	10
3 Terms, definitions and nomenclature	10
4 Reasons for rehabilitating.....	12
4.1 General.....	12
4.2 Reliability and availability increase.....	13
4.3 Life extension and performance restoration.....	13
4.4 Performance improvement	14
4.5 Plant safety improvement.....	14
4.6 Environmental, social and regulatory issues.....	14
4.7 Maintenance and operating cost reduction	15
4.8 Other considerations.....	15
5 Phases of a rehabilitation project.....	15
5.1 General.....	15
5.2 Decision on organization.....	17
5.2.1 General	17
5.2.2 Expertise required	17
5.2.3 Contract arrangement.....	17
5.3 Level of assessment and determination of scope	18
5.3.1 General	18
5.3.2 Feasibility study – Stage 1.....	18
5.3.3 Feasibility study – Stage 2.....	19
5.3.4 Detailed study.....	19
5.4 Contractual issues	23
5.4.1 General	23
5.4.2 Specification requirements.....	23
5.4.3 Tendering documents and evaluation of tenders	24
5.4.4 Contract award(s)	24
5.5 Execution of project	24
5.5.1 Model test activities	24
5.5.2 Design, construction, installation and testing	25
5.6 Evaluation of results and compliance with guarantees.....	25
5.6.1 General	25
5.6.2 Turbine performance evaluation.....	25
5.6.3 Generator performance evaluation.....	26
5.6.4 Penalties and/or bonuses assessment.....	26
6 Scheduling, cost analysis and risk analysis	26
6.1 Scheduling.....	26
6.1.1 General	26
6.1.2 Scheduling – Assessment, feasibility and detailed study phases.....	27
6.1.3 Evaluating the scheduling component of alternatives	27
6.1.4 Scheduling specification and tendering phase	28
6.1.5 Scheduling project execution phases	28
6.2 Economic and financial analyses	29

6.2.1	General	29
6.2.2	Benefit-cost analysis.....	29
6.2.3	Identification of anticipated benefits.....	30
6.2.4	Identification of anticipated costs and benefits.....	31
6.2.5	Sensitivity analysis	32
6.2.6	Conclusions.....	32
6.3	Risk analysis.....	32
6.3.1	General	32
6.3.2	Non-achievement of performance risk.....	33
6.3.3	Risk of continued operation without rehabilitation	33
6.3.4	Extension of outage risk	34
6.3.5	Financial risks	34
6.3.6	Project scope risk	34
6.3.7	Other risks.....	35
7	Assessment and determination of scope of the work.....	35
7.1	General.....	35
7.2	Assessment of the site.....	36
7.2.1	Hydrology	36
7.2.2	Actual energy production	36
7.2.3	Environmental, social and regulatory issues	37
7.3	The assessment of the turbine	37
7.3.1	General	37
7.3.2	Turbine integrity assessment.....	38
7.3.3	Residual life.....	49
7.3.4	Turbine performance assessment.....	58
7.4	The assessment of related equipment.....	78
7.4.1	General	78
7.4.2	Generator and thrust bearing.....	79
7.4.3	Turbine governor	79
7.4.4	Turbine inlet and outlet valves, pressure relief valve.....	80
7.4.5	Auxiliary equipment	80
7.4.6	Equipment for erection, dismantling and maintenance	81
7.4.7	Penstock and other water passages	81
7.4.8	Consequences of changes in plant specific hydraulic energy (head).....	81
7.4.9	Grid integration.....	82
8	Hydraulic design and performance testing options.....	82
8.1	General.....	82
8.2	Computational hydraulic design	83
8.2.1	General	83
8.2.2	The role of CFD.....	83
8.2.3	The process of a CFD cycle.....	84
8.2.4	The accuracy of CFD results.....	84
8.2.5	How to use CFD for rehabilitation	85
8.2.6	CFD versus model tests.....	85
8.3	Model tests	86
8.3.1	General	86
8.3.2	Model test similitude	87
8.3.3	Model test content	87
8.3.4	Model test application.....	88

8.3.5	Model test location	90
8.4	Prototype performance test	90
8.4.1	General	90
8.4.2	Prototype performance test accuracy	91
8.4.3	Prototype performance test types	92
8.4.4	Evaluation of results	92
9	Specifications	93
9.1	General.....	93
9.2	Reference standards.....	93
9.3	Information to be included in the tender documents	94
9.4	Documents to be developed in the course of the project	95
Annex A (informative)	Check-list for evaluation of existing turbine	98
Annex B (informative)	Assessment examples.....	131
B.1	General.....	131
B.2	Runner (applicable to Francis, Kaplan, propeller and Pelton).....	131
B.2.1	Documentation – available data	131
B.2.2	Design review.....	132
B.2.3	Inspection items	132
B.2.4	Assessment of inspection results	133
B.2.5	Current condition assessment.....	135
B.2.6	Scope of work.....	135
B.3	Stay ring	136
B.3.1	Documentation – available data	136
B.3.2	Design review.....	137
B.3.3	Inspection items	137
B.3.4	Assessment of inspection results	137
B.3.5	Current condition assessment.....	138
B.3.6	Scope of work (possible action to be taken).....	138
B.4	Guide vanes	139
B.4.1	Documentation – Available data.....	139
B.4.2	Design review.....	139
B.4.3	Inspection items	139
B.4.4	Assessment of inspection results	140
B.4.5	Current condition assessment.....	141
B.4.6	Scope of work.....	141
B.5	Real life example: Pelton runner with severe crack	142
B.5.1	Data of the Pelton runner.....	142
B.5.2	Fatigue analysis	142
B.5.3	Fracture-mechanics analysis	143
B.5.4	Results for the Pelton runner	144
Annex C (informative)	Checklist for evaluation of related equipment	145
Bibliography	149
Figure 1	– Flow diagram depicting the logic of the rehabilitation process	16
Figure 2	– Critical zones for cracks “A” and “B” in Pelton runner buckets	48
Figure 3	– Bathtub curve.....	50
Figure 4	– Process of residual life estimation.....	51
Figure 5	– Schematic behaviour for the different stages in the fatigue process	52

Figure 6 – Start-up and full load strain gauge signal on Francis blade.....	57
Figure 7 – Relative efficiency versus relative output – Original and new runners.....	60
Figure 8 – Relative efficiency versus output – Original and new runners – Outardes 3 generating station	61
Figure 9 – Efficiency and distribution of losses versus specific speed for Francis turbines (model) in 2005	62
Figure 10 – Relative efficiency gain following modification of the blades on the La Grande 3 runner, in Quebec, Canada.....	64
Figure 11 – Potential efficiency improvement for Francis turbine rehabilitation.....	68
Figure 12 – Potential efficiency improvement for Kaplan turbine rehabilitation	69
Figure 13 – Cavitation and corrosion-erosion in Francis runner.....	70
Figure 14 – Back side erosion of the entrance into a Pelton bucket.....	71
Figure 15 – Leading edge cavitation erosion on a Francis pump-turbine caused by extended periods of operation at very low loads.....	72
Figure 16 – Severe particle erosion damage in a Francis runner	73
Table 1 – Expected life of a hydropower plant and its subsystems before major work	13
Table 2 – Typical routine inspections	39
Table 3 – Example of a rating system for the inspection results	55
Table 4 – Example of a typical list of turbine components for Francis and Kaplan with different weight factors X_1 to X_7 based on relative importance.....	56
Table 5 – Example of rating of a single component assessment including three assessment criteria.....	56
Table 6 – Francis turbine potential efficiency improvement (%) for runner profile modifications only	63
Table 7 – Potential impact of design and condition of runner seals on Francis turbine efficiency with new replacement runner or rehabilitated runner (%).....	65
Table 8 – Potential total gain in efficiency from the replacement of a Francis turbine runner including the blade profile improvements, the restoration of surface condition and the reduction of seal losses.....	66
Table 9 – Potential additional efficiency improvement by rehabilitation/replacement of other water passage components on a Francis turbine (%)	66
Table A.1 – Assessment of turbine embedded parts – Stay ring.....	98
Table A.2 – Assessment of turbine embedded parts – Spiral or semi-spiral case	99
Table A.3 – Assessment of turbine embedded parts – Discharge ring	100
Table A.4 – Assessment of turbine embedded parts – Draft tube	102
Table A.5 – Assessment of turbine non-embedded, non-rotating parts – Headcover	104
Table A.6 – Assessment of turbine non-embedded, non-rotating parts – Intermediate and inner headcovers	107
Table A.7 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Bottom ring	108
Table A.8 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Guide vanes.....	110
Table A.9 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Guide vane operating mechanism.....	112
Table A.10 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Operating ring.....	113
Table A.11 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Servomotors.....	114

Table A.12 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Guide bearings.....	115
Table A.13 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Turbine shaft seal (mechanical seal or packing box)	117
Table A.14 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Thrust bearing support.....	117
Table A.15 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Nozzles	118
Table A.16 – Assessment of turbine non embedded, non-rotating parts – Deflectors and energy dissipation	119
Table A.17 – Assessment of turbine rotating parts – Runner	120
Table A.18 – Assessment of turbine rotating parts – Runner	123
Table A.19 – Assessment of turbine rotating parts – Runner	125
Table A.20 – Assessment of turbine rotating parts – Turbine shaft.....	126
Table A.21 – Assessment of turbine rotating parts – Oil head and oil distribution pipes	127
Table A.22 – Assessment of turbine auxiliaries – Speed and load regulation system (governor).....	128
Table A.23 – Assessment of turbine auxiliaries – Turbine aeration system.....	129
Table A.24 – Assessment of turbine auxiliaries – Lubrication system (guide vane mechanism)	130
Table C.1 – Assessment of related equipment – Governor	145
Table C.2 – Assessment of related equipment – Generator and thrust bearing.....	146
Table C.3 – Assessment of related equipment – Penstock and turbine inlet valves	147
Table C.4 – Assessment of related equipment – Civil works.....	148
Table C.5 – Assessment of related equipment – Crane, erection equipment	148

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**HYDRAULIC TURBINES, STORAGE PUMPS AND PUMP-TURBINES –
REHABILITATION AND PERFORMANCE IMPROVEMENT**

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 62256 has been prepared by IEC technical committee 4: Hydraulic turbines.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2008. This edition constitutes a technical revision.

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

- Tables 2 to 23 modified, completed and moved to Annex A;
- 7.3.2:
 - subclauses moved with text changes;
 - new subclauses on temperature, noise, galvanic corrosion, galling and replacement of components without assessment;
- 7.3.3: complete new subclause on residual life;
- Tables 29 to 32 moved to Annex C;
- new Annex B with assessment examples.

This bilingual version (2017-12) corresponds to the monolingual English version, published in 2017-05.

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

FDIS	Report on voting
4/323/FDIS	4/326/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.

The French version of this standard has not been voted upon.

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

Hydro plant owners make significant investments annually in rehabilitating plant equipment (turbines, generators, transformers, penstocks, gates etc.) and structures in order to improve the level of service to their customers and to optimize their revenue. In the absence of guidelines, owners may be spending needlessly, or may be taking unnecessary risks and thereby achieving results that are less than optimal. This document is intended to be a tool in the optimisation and decision process.

Edition 1 of this International Standard was based on the IEA document *Guidelines on Methodology for Hydroelectric Francis Turbine Upgrading by Runner Replacement*.

HYDRAULIC TURBINES, STORAGE PUMPS AND PUMP-TURBINES – REHABILITATION AND PERFORMANCE IMPROVEMENT

1 Scope

This document covers turbines, storage pumps and pump-turbines of all sizes and of the following types:

- Francis;
- Kaplan;
- propeller;
- Pelton (turbines only);
- bulb turbines.

This document also identifies without detailed discussion, other powerhouse equipment that could affect or be affected by a turbine, storage pump, or pump-turbine rehabilitation.

The object of this document is to assist in identifying, evaluating and executing rehabilitation and performance improvement projects for hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines. This document can be used by owners, consultants, and suppliers to define:

- needs and economics for rehabilitation and performance improvement;
- scope of work;
- specifications;
- evaluation of results.

This document is intended to be:

- an aid in the decision process;
- an extensive source of information on rehabilitation;
- an identification of the key milestones in the rehabilitation process;
- an identification of the points to be addressed in the decision processes.

This document is not intended to be a detailed engineering manual nor a maintenance document.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	157
INTRODUCTION.....	159
1 Domaine d'application	160
2 Références normatives	160
3 Termes, définitions et nomenclature	160
4 Raisons d'une réhabilitation.....	162
4.1 Généralités	162
4.2 Augmentation de la fiabilité et de la disponibilité.....	164
4.3 Augmentation de la durée de vie et rétablissement des performances	165
4.4 Amélioration des performances.....	165
4.5 Amélioration de la sécurité de la centrale.....	165
4.6 Aspects environnementaux, sociaux et réglementaires	166
4.7 Réduction des coûts d'entretien et d'exploitation.....	166
4.8 Autres considérations	166
5 Phases d'un projet de réhabilitation	166
5.1 Généralités	166
5.2 Choix de l'organisation.....	167
5.2.1 Généralités.....	167
5.2.2 Expertise exigée.....	168
5.2.3 Mise en place du contrat.....	168
5.3 Niveau d'évaluation et détermination de l'envergure des travaux	169
5.3.1 Généralités.....	169
5.3.2 Étude de faisabilité – Étape 1.....	170
5.3.3 Étude de faisabilité – Étape 2.....	170
5.3.4 Étude détaillée.....	170
5.4 Éléments contractuels.....	175
5.4.1 Généralités.....	175
5.4.2 Exigences de spécification.....	175
5.4.3 Documents d'appel d'offres et évaluation des offres	176
5.4.4 Attribution du contrat	177
5.5 Exécution du projet.....	177
5.5.1 Activités liées à l'essai sur modèle	177
5.5.2 Conception, construction, installation et essais.....	177
5.6 Évaluation des résultats et conformité aux garanties.....	178
5.6.1 Généralités.....	178
5.6.2 Évaluation des performances de la turbine	178
5.6.3 Évaluation des performances de l'alternateur	179
5.6.4 Estimation des pénalités et/ou des primes	179
6 Planification, analyse des coûts et analyse des risques	179
6.1 Planification	179
6.1.1 Généralités.....	179
6.1.2 Planification – Phases d'évaluation, de faisabilité et d'étude détaillée.....	180
6.1.3 Évaluation de la composante planification des différentes options	180
6.1.4 Planification de la phase spécification et d'appel d'offres.....	181
6.1.5 Planification des phases d'exécution du projet.....	181
6.2 Analyses économiques et financières	182

6.2.1	Généralités	182
6.2.2	Analyse des coûts et bénéfices.....	182
6.2.3	Identification des bénéfices anticipés.....	183
6.2.4	Identification des coûts et bénéfices anticipés	184
6.2.5	Analyse de sensibilité	186
6.2.6	Conclusions.....	186
6.3	Analyse des risques.....	186
6.3.1	Généralités.....	186
6.3.2	Risque de non-obtention des performances	187
6.3.3	Risque d'une exploitation prolongée sans réhabilitation	187
6.3.4	Risque de prolongement d'indisponibilité	188
6.3.5	Risques financiers	188
6.3.6	Risque lié à l'envergure des travaux	189
6.3.7	Autres risques	189
7	Évaluation et détermination de l'envergure des travaux	190
7.1	Généralités	190
7.2	Évaluation du site	190
7.2.1	Hydrologie	190
7.2.2	Production énergétique réelle	191
7.2.3	Questions environnementales, sociales et réglementaires	191
7.3	Évaluation de l'état de la turbine	192
7.3.1	Généralités.....	192
7.3.2	Évaluation de l'intégrité de la turbine	193
7.3.3	Durée de vie résiduelle	206
7.3.4	Évaluation des performances de la turbine	217
7.4	Évaluation de l'équipement connexe	240
7.4.1	Généralités.....	240
7.4.2	Alternateur et pivot	241
7.4.3	Régulateur de la turbine	242
7.4.4	Vannes de garde turbine amont et aval et vanne déchargeur.....	243
7.4.5	Équipements auxiliaires.....	243
7.4.6	Équipement de montage, de démontage et d'entretien.....	244
7.4.7	Conduite forcée et autres passages hydrauliques	244
7.4.8	Conséquences des changements dans l'énergie hydraulique massique (chute) de la centrale.....	244
7.4.9	Intégration au réseau.....	245
8	Conception hydraulique et choix des essais de performance	245
8.1	Généralités	245
8.2	Conception hydraulique par calcul	246
8.2.1	Généralités.....	246
8.2.2	Rôle des calculs numériques pour la dynamique des fluides (CFD).....	247
8.2.3	Processus d'un cycle CFD	247
8.2.4	Précision des résultats CFD	248
8.2.5	Utilisation des CFD pour la réhabilitation	248
8.2.6	Comparaison entre CFD et essais sur modèle	249
8.3	Essais sur modèle.....	250
8.3.1	Généralités.....	250
8.3.2	Similitude de l'essai sur modèle	251
8.3.3	Contenu de l'essai sur modèle	251

8.3.4	Application de l'essai sur modèle	252
8.3.5	Lieu de l'essai sur modèle	254
8.4	Essai de performance du prototype	255
8.4.1	Généralités	255
8.4.2	Précision des essais de performance du prototype	255
8.4.3	Types d'essais de performance du prototype	256
8.4.4	Évaluation des résultats.....	257
9	Spécifications	257
9.1	Généralités	257
9.2	Normes de référence	258
9.3	Informations à inclure dans les documents d'appel d'offres	259
9.4	Documents à produire en cours d'exécution du projet	260
Annexe A (informative)	Liste de vérification pour l'évaluation de la turbine existante	263
Annexe B (informative)	Exemples d'évaluation.....	303
B.1	Généralités	303
B.2	Roue (applicable aux turbines Francis, Kaplan, hélice et Pelton)	303
B.2.1	Documentation – Données disponibles	303
B.2.2	Revue de conception	304
B.2.3	Points à examiner.....	304
B.2.4	Évaluation des résultats d'inspection	305
B.2.5	Évaluation de l'état actuel.....	307
B.2.6	Envergure des travaux.....	307
B.3	Avant-distributeur	309
B.3.1	Documentation – Données disponibles	309
B.3.2	Revue de conception	310
B.3.3	Points d'inspection	310
B.3.4	Évaluation des résultats d'inspection	310
B.3.5	Évaluation de l'état actuel.....	311
B.3.6	Envergure des travaux (action possible à réaliser).....	311
B.4	Directrices	312
B.4.1	Documentation – Données disponibles	312
B.4.2	Revue de conception	313
B.4.3	Points d'inspection	313
B.4.4	Évaluation des résultats d'inspection	313
B.4.5	Évaluation de l'état actuel.....	315
B.4.6	Envergure des travaux.....	315
B.5	Exemple concret: Roue Pelton avec une fissure sévère	316
B.5.1	Données de la roue Pelton:	316
B.5.2	Analyse de fatigue	316
B.5.3	Analyse des mécaniques de la rupture	318
B.5.4	Résultats pour la roue Pelton.....	318
Annexe C (informative)	Liste de vérification pour l'évaluation de l'équipement connexe	320
Bibliographie.....		324
Figure 1 – Ordinoigramme décrivant la logique du processus de réhabilitation.....		167
Figure 2 – Régions critiques pour les fissures "A" et "B" dans les augets de roues Pelton		205
Figure 3 – Courbe en baignoire.....		207

Figure 4 – Processus d'estimation de la durée de vie résiduelle.....	208
Figure 5 – Comportement schématique aux différents stades du processus de fatigue	209
Figure 6 – Signal de jauge de contrainte au démarrage et à pleine charge sur une aube de turbine Francis	216
Figure 7 – Rendement relatif versus puissance relative – Roue d'origine et roue neuve.....	219
Figure 8 – Rendement relatif versus puissance – Roue d'origine et roue neuve – Centrale aux Outardes-3.....	220
Figure 9 – Rendement et distribution des pertes en fonction de la vitesse spécifique pour les turbines Francis (modèle) en 2005	221
Figure 10 – Gain de rendement relatif suite à la modification des aubes sur la roue de La Grande 3, Québec, Canada.....	223
Figure 11 – Amélioration de rendement potentielle attendue de la réhabilitation d'une turbine Francis.....	228
Figure 12 – Amélioration de rendement potentielle attendue d'une réhabilitation de turbine Kaplan	229
Figure 13 – Érosion par cavitation et par corrosion dans une roue Francis.....	231
Figure 14 – Érosion de la face extérieure à l'entrée d'un auget Pelton	232
Figure 15 – Érosion par cavitation sur le bord d'attaque d'une aube de pompe-turbine Francis causée par une exploitation à très faible charge pendant de longues périodes	233
Figure 16 – Dommages sévères dus à l'érosion par particules dans une roue Francis	235
Tableau 1 – Espérance de vie d'une centrale hydroélectrique et de ses sous-systèmes avant travaux de grande ampleur	164
Tableau 2 – Inspections régulières typiques	194
Tableau 3 – Exemple de système de notation pour les résultats d'inspection	213
Tableau 4 – Exemple de liste typique de composants de turbine Francis et Kaplan avec différents facteurs de pondération X_1 à X_7 en fonction de l'importance relative	214
Tableau 5 – Exemple de classement de l'évaluation d'un seul composant incluant trois critères d'évaluation.....	214
Tableau 6 – Amélioration potentielle du rendement d'une turbine Francis (%) correspondant uniquement à des modifications du profil de roue	222
Tableau 7 – Impact potentiel de la conception et de l'état des labyrinthes de roue sur le rendement des turbines Francis lors d'un remplacement de roue ou de sa réhabilitation (%)	225
Tableau 8 – Gain total potentiel attendu d'un remplacement de roue de turbine Francis, incluant l'amélioration du profil des aubes, de la restauration de l'état de surface et de la réduction des pertes aux labyrinthes	226
Tableau 9 – Amélioration de rendement supplémentaire potentielle attendue d'une réhabilitation/d'un remplacement d'autres composants de passage hydraulique d'une turbine Francis (%)	226
Tableau A.1 – Évaluation des pièces fixes scellées de la turbine – Avant-distributeur.....	264
Tableau A.2 – Évaluation des pièces fixes scellées de la turbine – Bâche spirale ou bâche semi-spirale.....	265
Tableau A.3 – Évaluation des pièces fixes scellées de la turbine – Ceinture de sortie.....	266
Tableau A.4 – Évaluation des pièces fixes scellées de la turbine – Aspirateur	268
Tableau A.5 – Évaluation des pièces démontables, non tournantes de la turbine – Flasque supérieur.....	269
Tableau A.6 – Évaluation des pièces démontables, non tournantes de la turbine – Flasques intermédiaire et intérieur	273

Tableau A.7 – Évaluation des pièces démontables, non tournantes de la turbine – Flasque inférieur.....	275
Tableau A.8 – Évaluation des pièces démontables, non tournantes de la turbine – Directrices	277
Tableau A.9 – Évaluation des pièces démontables, non tournantes de la turbine – Mécanisme de vannage	280
Tableau A.10 – Évaluation des pièces démontables, non tournantes de la turbine – Cercle de vannage.....	282
Tableau A.11 – Évaluation des pièces démontables, non tournantes de la turbine – Servomoteurs	283
Tableau A.12 – Évaluation des pièces démontables, non tournantes de la turbine – Paliers-guides.....	285
Tableau A.13 – Évaluation des pièces démontables, non tournantes de la turbine – Joint d'arbre de turbine (joint mécanique ou presse-étoupe)	287
Tableau A.14 – Évaluation des pièces démontables, non tournantes de la turbine – Support de pivot	288
Tableau A.15 – Évaluation des pièces démontables, non tournantes de la turbine – Injecteurs.....	289
Tableau A.16 – Évaluation des pièces démontables, non tournantes de la turbine – Déflecteurs et dissipateurs d'énergie	290
Tableau A.17 – Évaluation des pièces tournantes de la turbine – Roue.....	291
Tableau A.18 – Évaluation des pièces tournantes de la turbine – Roue.....	294
Tableau A.19 – Évaluation des pièces tournantes de la turbine – Roue.....	296
Tableau A.20 – Évaluation des pièces tournantes de la turbine – Arbre de turbine.....	297
Tableau A.21 – Évaluation des pièces tournantes de la turbine – Tête d'alvéoles et conduits de distribution d'huile	299
Tableau A.22 – Évaluation des auxiliaires de la turbine – Régulateur de vitesse et de puissance (régulateur)	300
Tableau A.23 – Évaluation des auxiliaires de la turbine – Système d'aération de la turbine	301
Tableau A.24 – Évaluation des auxiliaires de la turbine – Système de graissage (mécanisme d'entraînement de la directrice).....	302
Tableau C.1 – Évaluation de l'équipement connexe – Régulateur	320
Tableau C.2 – Évaluation de l'équipement connexe – Alternateur et pivot.....	321
Tableau C.3 – Évaluation de l'équipement connexe – Conduite forcée et soupapes d'admission de la turbine	322
Tableau C.4 – Évaluation de l'équipement connexe – Ouvrages civils.....	323
Tableau C.5 – Évaluation de l'équipement connexe – Pont roulant, équipement de montage	323

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**TURBINES HYDRAULIQUES, POMPES
D'ACCUMULATION ET POMPES-TURBINES –
RÉHABILITATION ET AMÉLIORATION DES PERFORMANCES**

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 62256 a été établie par le comité d'études 4 de l'IEC: Turbines hydrauliques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2008. Cette édition constitue une révision technique.

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

- modifications et amélioration des Tableaux 2 à 23 et déplacement de ceux-ci en Annexe A
- 7.3.2:
 - Sous-paragraphes modifiés et déplacés;

- nouveaux sous-paragraphe sur la température, la corrosion galvanique, le grippage et le remplacement de composants sans évaluation;
- 7.3.3 sur la durée de vie résiduelle: complètement nouveau;
- Tableaux 29 à 32 déplacés en Annexe C;
- nouvelle Annexe B avec exemples d'évaluation.

La présente version bilingue (2017-12) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2017-05.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 4/323/FDIS et 4/326/RVD.

Le rapport de vote 4/326/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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

Les propriétaires de centrales hydroélectriques consentent d'importants investissements chaque année pour réhabiliter des équipements (turbines, alternateurs, transformateurs, conduites forcées, vannes, etc.) et leurs structures afin d'améliorer le niveau de service apporté à leurs clients et optimiser leurs revenus. En l'absence de lignes directrices, les propriétaires peuvent subir des dépenses ou peuvent être exposés à des risques inutiles, et ainsi atteindre des résultats non optimaux. Le présent document constitue un outil dans le cadre du processus d'optimisation et de décision.

La première édition de cette Norme internationale s'appuyait sur la publication suivante de l'Agence Internationale de l'Energie (IEA): *Guidelines on Methodology for Hydroelectric Francis Turbine Upgrading by Runner Replacement* (disponible en anglais seulement).

TURBINES HYDRAULIQUES, POMPES D'ACCUMULATION ET POMPES-TURBINES – RÉHABILITATION ET AMÉLIORATION DES PERFORMANCES

1 Domaine d'application

Le domaine d'application du présent document comprend les turbines, les pompes d'accumulation et les pompes-turbines de toutes tailles et des types suivants:

- Francis;
- Kaplan;
- hélice;
- Pelton (turbines seulement);
- bulbe.

Le présent document identifie également, sans fournir d'éléments détaillés, les autres équipements des centrales qui pourraient affecter ou être affectés par la réhabilitation des turbines hydrauliques, des pompes d'accumulation ou des pompes-turbines.

Le présent document a pour objet de fournir une aide à l'identification, à l'évaluation et à l'exécution de projets de réhabilitation et d'amélioration des performances de turbines hydrauliques, de pompes d'accumulation et de pompes-turbines. Le présent document peut être utilisé par les propriétaires, les consultants et les fournisseurs pour définir:

- les besoins et les aspects financiers liés à la réhabilitation et à l'amélioration des performances;
- l'envergure des travaux;
- les spécifications;
- l'évaluation des résultats.

Le présent document se veut:

- une aide au processus de décision;
- une bonne source d'informations en matière de réhabilitation;
- un indicateur des étapes-clés du processus de réhabilitation;
- un indicateur des éléments qu'il convient de prendre en considération dans le processus de décision.

Le présent guide n'est pas un manuel d'ingénierie détaillé, ni un guide d'entretien.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.