

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1116**

Première édition
First edition
1992–10

**Guide pour l'équipement électromécanique
des petits aménagements hydro-électriques**

**Electromechanical equipment guide
for small hydroelectric installations**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1116: 1992

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

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

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

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1116**

Première édition
First edition
1992-10

**Guide pour l'équipement électromécanique
des petits aménagements hydro-électriques**

**Electromechanical equipment guide
for small hydroelectric installations**

© CEI 1992 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XA

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
SECTION 1 – GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1.1 Domaine d'application et objet	8
1.2 Références normatives	10
1.3 Terminologie	12
1.4 Méthodologie	12
SECTION 2 – DESCRIPTION DE L'AMÉNAGEMENT ET CONDITIONS D'EXPLOITATION DE LA CENTRALE HYDRO-ÉLECTRIQUE	
2.1 Conditions d'implantation	12
2.2 Conditions hydrauliques de l'aménagement et critères de dimensionnement des groupes	14
2.3 Conditions d'exploitation électrique de la centrale	16
2.3.1 La centrale est prévue pour fonctionner en réseau isolé	16
2.3.2 La centrale est prévue pour fonctionner en parallèle avec un réseau (qui impose la fréquence)	18
2.3.3 Transport et distribution de l'énergie	18
2.4 Types de réglage et modes de fonctionnement	20
2.4.1 Régulation de fréquence	20
2.4.2 Asservissement au niveau	20
2.4.3 Restitution	20
2.4.4 Régulation simplifiée	20
2.5 Automatismes, télémesures, téléconduites, alarmes	20
SECTION 3 – SPÉCIFICATION DES ÉQUIPEMENTS	
3.1 Prestations techniques	22
3.2 Limites de la fourniture	22
3.2.1 Pour le circuit hydraulique	22
3.2.2 Pour le circuit électrique	22
3.2.3 Eléments qui ne font habituellement pas partie de la fourniture	22
3.3 Spécifications des éléments de l'aménagement	22
3.3.1 Grilles et dégrilleurs	24
3.3.2 Contrôle du niveau d'eau	24
3.3.3 Organes d'obturation du débit (voir figure 7)	24
3.3.4 Conduite forcée	26
3.3.5 Turbine (voir figure 8)	28
3.3.6 Génératrice	34
3.3.7 Système de commande automatique	38
3.3.8 Transformateur principal (voir CEI 76)	40

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
SECTION 1 – GENERAL	
Clause	
1.1 Scope and object	9
1.2 Normative references	11
1.3 Nomenclature	13
1.4 Methodology	13
SECTION 2 – DESCRIPTION OF INSTALLATION AND OPERATING CONDITIONS OF POWER STATION	
2.1 Site conditions	13
2.2 Hydraulic conditions for plant and design criteria for the units	15
2.3 Electrical conditions for plant operation	17
2.3.1 The plant is intended to operate in isolated network	17
2.3.2 The plant is intended to operate in parallel with a grid which imposes the frequency	19
2.3.3 Energy transport and distribution	19
2.4 Types of regulation and modes of operation	21
2.4.1 Frequency regulation	21
2.4.2 Level control	21
2.4.3 Flow regulation	21
2.4.4 Simplified governing	21
2.5 Automation, telemetry, remote control, alarms	21
SECTION 3 – EQUIPMENT SPECIFICATIONS	
3.1 Technical requirements	23
3.2 Limits of the supply	23
3.2.1 For the hydraulic system	23
3.2.2 For the electric system	23
3.2.3 Elements not normally included in the supply	23
3.3 Specifications of the elements of the plant	23
3.3.1 Trashrack and rack cleaner	25
3.3.2 Water-level control	25
3.3.3 Discharge closure devices (see figure 7)	25
3.3.4 Penstock	27
3.3.5 Turbine (see figure 8)	29
3.3.6 Generator	35
3.3.7 Automatic control system	39
3.3.8 Main transformers (reference can be made to IEC 76)	41

Articles	Pages
3.3.9 Equipement auxiliaire	40
3.3.10 Pièces de rechange et outillages spéciaux	44
3.3.11 Manutention	44
3.3.12 Protection contre la corrosion	44
3.4 Garanties	44
3.4.1 Dispositions générales	44
3.4.2 Organes d'obturation du débit	48
3.4.3 Turbine	48
3.4.4 Génératrice	48
3.4.5 Régulation	48
3.4.6 Multiplicateur de vitesse	50
3.4.7 Commentaires s'appliquant à l'ensemble du groupe	50
3.4.8 Transformateur principal	50
3.5 Conditions générales pour l'appel d'offres et la comparaison des offres	50
3.5.1 Instructions aux soumissionnaires	52
3.5.2 Conditions générales du contrat	52
3.5.3 Comparaison technique des offres	52

SECTION 4 – CONTRÔLES D'EXÉCUTION, RÉCEPTION, EXPLOITATION ET ENTRETIEN

4.1 Approbation du projet et contrôle de l'ouvrage	54
4.1.1 Approbation des documents de projet	54
4.1.2 Contrôle des matières et des sous-ensembles	54
4.1.3 Inspection en usine	54
4.1.4 Livraison	56
4.1.5 Montage sur le site	56
4.2 Mise en service	58
4.2.1 Vérifications préalables à la mise en eau	58
4.2.2 Mise en eau	60
4.2.3 Rotation du groupe	60
4.2.4 Contrôles préalables et essais électriques en charge	62
4.3 Exploitation	62
4.3.1 Période probatoire	62
4.3.2 Période de garantie	64
4.3.3 Exploitation normale	68
4.4 Formation du personnel	68
4.5 Surveillance et entretien	68
Annexe A (informative) – Définitions et nomenclature	74
Tableaux	82
Figures	88

Clause	Page
3.3.9 Auxiliary equipment	41
3.3.10 Spare parts and special tools	45
3.3.11 Mechanical handling	45
3.3.12 Corrosion protection	45
3.4 Guarantees	45
3.4.1 General	45
3.4.2 Discharge closure devices	49
3.4.3 Turbine	49
3.4.4 Generator	49
3.4.5 Governor	49
3.4.6 Speed increaser	51
3.4.7 Comments concerning the complete generating set	51
3.4.8 Main transformer	51
3.5 General conditions for tender enquiries and comparison of tenders	51
3.5.1 Instructions to tenderers	53
3.5.2 General conditions of contract	53
3.5.3 Technical comparison of tenders	53

SECTION 4 – INSPECTION, DELIVERY, OPERATION AND MAINTENANCE

4.1 Approval of the design and inspection of the work	55
4.1.1 Approval of design documents	55
4.1.2 Inspection of materials and sub-assemblies	55
4.1.3 Inspection at manufacturer's works	55
4.1.4 Delivery	57
4.1.5 Assembly at site	57
4.2 Commissioning	59
4.2.1 Preliminary checks before watering-up	59
4.2.2 Watering-up	61
4.2.3 Unit rotation	61
4.2.4 Preliminary checks and electrical load tests	63
4.3 Operation	63
4.3.1 Probationary period	63
4.3.2 Guarantee period	65
4.3.3 Normal operation	69
4.4 Training of personnel	69
4.5 Checking and maintenance	69
Annex A (informative) – Definitions and nomenclature	74
Tables	83
Figures	89

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE POUR L'ÉQUIPEMENT ÉLECTROMÉCANIQUE DES PETITS AMÉNAGEMENTS HYDRO-ÉLECTRIQUES

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La présente Norme internationale a été établie par le Comité d'Etudes n° 4 de la CEI: Turbines hydrauliques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
4(BC)46	4(BC)51

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

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTROMECHANICAL EQUIPMENT GUIDE
FOR SMALL HYDROELECTRIC INSTALLATIONS**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This International Standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 4: Hydraulic turbines.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
4(CO)46	4(CO)51

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

Annex A is for information only.

GUIDE POUR L'ÉQUIPEMENT ÉLECTROMÉCANIQUE DES PETITS AMÉNAGEMENTS HYDRO-ÉLECTRIQUES

SECTION 1 – GÉNÉRALITÉS

1.1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale est utilisée comme guide. Elle est applicable aux aménagements hydro-électriques avec des groupes de puissance unitaire inférieure à 5 MW et des turbines ayant un diamètre de roue inférieur à 3 m. Ces valeurs ne représentent pas des limites absolues.

Le présent guide traite uniquement des relations directes entre acquéreur ou ingénieur-conseil et fournisseur. Il ne traite ni du génie civil ni des conditions administratives ou commerciales.

Ce guide est destiné à être utilisé par toutes les parties intéressées à l'installation de l'équipement électromécanique des petits aménagements hydro-électriques.

Le présent guide, élaboré sous l'aspect d'une information essentiellement pratique, a pour objet particulier de fournir à l'acquéreur de l'équipement des renseignements qui lui faciliteront:

- la préparation des appels d'offres;
- l'évaluation des offres;
- les contacts avec le fournisseur pendant le projet et la fabrication des équipements;
- le contrôle de qualité pendant la fabrication et les essais en usine;
- le suivi des montages sur le site;
- la mise en service;
- les essais de réception;
- l'exploitation et l'entretien.

Le guide comporte ce qui suit:

- a) des prescriptions générales pour l'équipement électromécanique des petits aménagements hydro-électriques;
- b) des spécifications techniques de l'équipement électromécanique, à l'exclusion de son dimensionnement et de toute normalisation dans ce domaine;
- c) des prescriptions pour la réception, l'exploitation et l'entretien.

Etant donné le type d'installation considéré, les documents doivent être aussi simples que possible, mais doivent définir convenablement les conditions particulières de fonctionnement. L'excès de spécifications est préjudiciable à la bonne économie du projet.

ELECTROMECHANICAL EQUIPMENT GUIDE FOR SMALL HYDROELECTRIC INSTALLATIONS

SECTION 1 – GENERAL

1.1 Scope and object

This International Standard is used as a guide that applies to hydroelectric installations with units having power outputs less than 5 MW and turbines with nominal runner diameters less than 3 m. These figures do not represent absolute limits.

This guide deals only with the direct relations between the purchaser or the consulting engineer and the supplier. It does not deal with civil works, administrative conditions or commercial conditions.

This guide is intended to be used by all concerned in the installation of electromechanical equipment for small hydroelectric plants.

This guide, based essentially on practical information, aims specifically at supplying the purchaser of the equipment with information which will assist him with the following:

- preparation of the call for tenders;
- evaluation of the tenders;
- contact with the supplier during the design and manufacture of equipment;
- quality control during the manufacture and shop-testing;
- follow-up of site erection;
- commissioning;
- acceptance tests;
- operation and maintenance.

The guide comprises the following:

- a) general requirements for the electromechanical equipment of small hydroelectric installations;
- b) technical specifications for the electromechanical equipment, excluding its dimensioning and standardization;
- c) requirements for acceptance, operation and maintenance.

Bearing in mind the type of installation considered, the documents shall be as simple as possible but must satisfactorily define the particular operation conditions. Over-specification is harmful to the economy of the project.

1.2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 34-1: 1983, *Machines électriques tournantes – Première partie: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement.*

CEI 34-2: 1972, *Machines électriques tournantes – Deuxième partie: Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement des machines électriques tournantes à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction).*

CEI 34-2A: 1974, *Premier complément: Mesure des pertes par la méthode calorimétrique.*

CEI 34-5: 1991, *Machines électriques tournantes – Cinquième partie: Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes des machines tournantes électriques (code IP).*

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

CEI 50(602): 1983, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 602: Production, transfert et distribution de l'énergie électrique – Production.*

CEI 56: 1987, *Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension.*

CEI 70: 1967, *Condensateurs de puissance.*

CEI 76-1: 1976, *Transformateurs de puissance – Première partie: Généralités.*

CEI 129: 1984, *Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif.*

CEI 185: 1987, *Transformateurs de courant.*

CEI 186: 1987, *Transformateurs de tension.*

CEI 193: 1965, *Code international concernant les essais de réception sur modèle des turbines hydrauliques. Modification n° 1 (1977).*

CEI 193A: 1972, *Premier complément à la CEI 193 (1965).*

CEI 308: 1970, *Code international d'essai des régulateurs de vitesse pour turbines hydrauliques.*

CEI 545: 1976, *Guide pour la réception, l'exploitation et l'entretien des turbines hydrauliques.*

CEI 609: 1978, *Evaluation de l'érosion de cavitation dans les turbines, les pompes d'accumulation et les pompes-turbines hydrauliques.*

Etant donné l'objet du guide, celui-ci ne traite pas de la phase de recherche initiale, c'est-à-dire des études préliminaires et de faisabilité. Il ne traite pas non plus de l'aspect économique, avec l'étude de la demande potentielle et du placement de l'énergie.

1.2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication of this standard, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 34-1: 1983, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*.

IEC 34-2: 1972, *Rotating electrical machines – Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles)*.

IEC 34-2A: 1974, *First supplement: Measurement of losses by the calorimetric method*.

IEC 34-5: 1991, *Rotating electrical machines – Part 5: Classification of degrees of protection provided by enclosures of rotating electrical machines (IP Code)*.

IEC 41: 1991, *Field acceptance tests to determine the hydraulic performance of hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines*.

IEC 50(602): 1983, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 602: Generation, transmission and distribution of electricity – Generation*.

IEC 56: 1987, *High-voltage alternating-current circuit-breakers*.

IEC 70: 1967, *Power capacitors*.

IEC 76-1: 1976, *Power transformers – Part 1: General*.

IEC 129: 1984, *Alternating current disconnectors (isolators) and earthing switches*.

IEC 185: 1987, *Current transformers*.

IEC 186: 1987, *Voltage transformers*.

IEC 193: 1965, *International code for model acceptance tests of hydraulic turbines. Amendment No. 1 (1977)*.

IEC 193A: 1972, *First supplement to IEC 193 (1965)*.

IEC 308: 1970, *International code for testing of speed governing systems for hydraulic turbines*.

IEC 545: 1976, *Guide for commissioning, operation and maintenance of hydraulic turbines*.

IEC 609: 1978, *Cavitation pitting evaluation in hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines*.

Considering the scope of this guide, it does not cover the initial stage of investigations, that is to say the preliminary study and feasibility study. Neither does it deal with the economic study concerning the supply and demand of energy.

En résumé, ce guide ne remplace pas les études techniques nécessaires au choix, à l'étude, à la fabrication, à l'installation et aux essais de l'équipement. Il permet seulement d'attirer l'attention de l'acquéreur sur les principales données et indications à fournir, à spécifier et à considérer lors de la réalisation de petits aménagements hydro-électriques.

NOTES

- 1 Les normes de la CEI applicables pour la préparation des documents techniques sont énumérées en 1.2. Pour le cas de petits aménagements, on doit faire les simplifications nécessaires à ce type d'installation.
- 2 Les normes de la CEI ne couvrant pas tous les domaines de l'équipement et de l'appareillage, les normes ISO concernant les éléments spécifiques pourront être consultées, bien qu'en cas de conflit entre codes ou normes CEI et ISO, les règles de la CEI prévalent.

1.3 Terminologie

Voir l'annexe A.

1.4 Méthodologie

Dans un souci de clarté, la succession des opérations nécessaires à la réalisation d'un aménagement hydro-électrique de petite puissance est représentée sous forme d'organigramme (voir figure 1).

On retrouve principalement la préparation des spécifications techniques, l'examen des offres, la fabrication et finalement l'exploitation et l'entretien des équipements.

Cet enchaînement montre également l'interaction entre les différentes phases et les compétences des intervenants (ingénieur-conseil, maître d'oeuvre et exploitants).

Si l'acquéreur ne dispose pas de bureau d'étude ni des services d'un ingénieur-conseil, il pourra adopter, pour faciliter ses rapports avec les constructeurs, une fourniture du type «clefs en main» de tout l'équipement hydro-électrique, ou du moins prévoir un fournisseur chef de file responsable de tout ou partie de l'équipement électro-mécanique (par exemple le groupe ou l'ensemble depuis la turbine jusqu'au poste de couplage).

SECTION 2 – DESCRIPTION DE L'AMÉNAGEMENT ET CONDITIONS D'EXPLOITATION DE LA CENTRALE HYDRO-ÉLECTRIQUE

Les renseignements et données ci-après, généralement nécessaires pour le fournisseur de l'équipement, devraient figurer dans l'appel d'offres; dans quelques cas, certains de ces renseignements ne seront pas immédiatement disponibles. Il faut insister sur le fait que plus l'information est complète, meilleure est la compréhension du projet et meilleure est la solution technique.

2.1 Conditions d'implantation

2.1.1 Fournir un levé topographique (vue en plan et profil en long) indiquant l'altitude des points relevés et l'implantation souhaitée des principaux ouvrages (voir figure 4), prises d'eau, réservoir, canal ou galerie, cheminée d'équilibre ou bassin de mise en charge, conduite forcée, usine, hauteur d'eau en amont, hauteur d'eau en aval, ainsi que leurs principales caractéristiques (sections, longueurs, matériaux des canaux et conduites, etc.). Indiquer les conditions de fondation (sable, rocher, terrain meuble, etc.).

2.1.2 Joindre des photographies, numérotées et repérées sur le levé mentionné en 2.1.1, représentant les points d'implantation des principaux ouvrages.