

**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.

To conclude, the guide does not replace the necessary engineering studies for the selection, design, manufacture, installation and testing of the equipment. It is intended only to make the purchaser aware of the important points and data to be furnished, specified and kept in due consideration in the construction of small hydroelectric plants.

NOTES

- 1 The IEC standards applicable for the preparation of technical documents are given in clause 1.2. In the case of small hydro developments, the necessary simplification relevant to the type of installation shall be made.
- 2 Where IEC standards do not cover all areas of the equipment, ISO Standards concerning specific items can be consulted, although where there is conflict between the IEC codes and the ISO Standards those of the IEC will prevail.

1.3 Nomenclature

See annex A.

1.4 Methodology

In the interests of clarity, the sequence of the necessary steps for the construction of a small hydroelectric power plant is represented diagrammatically in figure 1.

It principally covers the preparation of technical specifications, the examination of tenders, the manufacture, and finally the commercial operation and maintenance of equipment.

This sequence also shows the relationship between the different phases and areas of responsibility of all the parties concerned (consulting engineer, chief resident engineer, and users).

If the purchaser does not have in-house engineering capabilities or the services of a consulting engineer he may call for, to facilitate relations with contractors, a "turn-key" supply, or have at least a leading contractor responsible for the supply of all or part of the electromechanical equipment (e.g. the turbine/generator package, or a "water-to-wire" package).

SECTION 2 – DESCRIPTION OF INSTALLATION AND OPERATING CONDITIONS OF POWER STATION

The following data is generally required by the equipment supplier and should appear in the enquiry. In some cases, all these data are not always readily available. Nevertheless, it must be emphasized that the more information that is given the better will the project be understood and therefore the better the technical solution which will result.

2.1 Site conditions

2.1.1 Supply a topographic survey (plan and profile) giving the altitude of the points indicated and the position desired for the main works (see figure 4), water intake, reservoir, channel, surge tank or head pond, penstock, power plant, headwater, tailwater and their main characteristics (sections, lengths, materials of the channels and penstocks, etc.). Indicate the foundation conditions (sand, rock, soft ground, etc.).

2.1.2 Attach numbered pictures with cross-references to the topographic survey described in 2.1.1, showing the setting and location of the main works.

2.1.3 Fournir l'analyse chimique de l'eau, assortie des valeurs de ses températures extrêmes et, si nécessaire, d'une analyse granulométrique du débit solide à l'endroit de la prise d'eau ou en aval du dessableur s'il y en a un.

Indiquer la présence éventuelle d'organismes vivants, de végétaux flottants, etc.

2.1.4 Préciser les conditions locales: températures extrêmes de l'air, taux d'humidité, existence de vents violents, tremblements de terre, etc.

2.1.5 Indiquer les contraintes de transport ou d'accès.

2.1.6 Certains renseignements mentionnés en 4.1.5.1 et 4.1.5.3 (montages) peuvent être également signalés dans l'appel d'offres, s'ils revêtent un caractère particulier, propre au pays de l'acquéreur.

2.1.7 Préciser s'il s'agit d'un aménagement au fil de l'eau (voir figure 3), ou avec réservoir.

Indiquer s'il existe des contraintes particulières d'exploitation: aménagement à buts multiples, environnement, pêche, etc.

Citer et décrire (par un croquis) les éléments de l'aménagement qui font partie d'une installation existante et qu'il est éventuellement prévu de réutiliser.

2.1.8 Indiquer si l'usine sera gardiennée ou pas.

2.2 Conditions hydrauliques de l'aménagement et critères de dimensionnement des groupes

2.2.1 Préciser les niveaux extrêmes d'intumescence dans les canaux.

2.2.2 Joindre une courbe des débits classés avec indications du débit réservé (débit garanti, irrigation, eau potable) (voir figure 2).

2.2.3 Spécifier le débit d'équipement choisi Q_a , en mètres cubes par seconde, et la disponibilité en jours par an.

2.2.4 Spécifier les niveaux extrêmes à la prise d'eau (amont) et à la restitution (aval) en mètres (m) au-dessus du niveau de la mer, comme suit:

a) amont max ... m
 min ... m

b) aval max ... m
 min ... m

c) marnage autorisé: ... m

et donner les courbes:

d) niveau en fonction du débit (amont et aval)

e) niveau en fonction du volume du réservoir amont ou du bassin de mise en charge (essentiel pour un aménagement à accumulation)

2.2.5 Spécifier les puissances désirées et les durées de fonctionnement correspondantes. Les chutes nettes sont définies par la CEI 41. Les turbines à flux transversal avec diffuseurs sont considérées comme des turbines à réaction.

2.1.3 Supply the chemical analysis of the water with extremes of temperature and, if necessary, the amount and size of sediments carried by the water in the area around the water intake or downstream of the sand trap, if any.

Indicate the presence of any living organisms or floating debris, etc.

2.1.4 Specify the local conditions; extremes of air temperature, humidity, occurrence of strong winds, earthquakes, etc.

2.1.5 Indicate any transport or access limitations.

2.1.6 Certain information mentioned in 4.1.5.1 and 4.1.5.3 (erection) may also be shown in the tender enquiry if this reflects a particular feature of the purchaser's own country.

2.1.7 State if it is run-of-river (see figure 3) or a scheme with a reservoir.

Indicate if there exist any particular operational constraints: e.g. multi-purpose scheme, environmental, fisheries, etc.

State and describe (with drawings) those elements of the plant which are part of an existing installation which it is foreseen will eventually be put back into use.

2.1.8 State if the plant will be manned or unmanned.

2.2 Hydraulic conditions for plant and design criteria for the units

2.2.1 Specify the maximum allowable up or down surges in the channels.

2.2.2 Provide a flow duration curve (see figure 2) with an indication of the limiting flows (guaranteed water supply, irrigation, drinking-water).

2.2.3 Specify the chosen design flow, Q_a , in cubic metres per second, and the availability in days per year.

2.2.4 Specify the extreme water-levels at the intake and at the tail-race in metres (m) above sea-level, as follows.

a) upstream max ... m
 min ... m

b) downstream max ... m
 min ... m

c) operational range allowed: ... m

and give the curves for:

d) level versus discharge (upstream and downstream)

e) level versus volume of the upstream reservoir or head pond (essential for a reservoir scheme).

2.2.5 Specify the desired outputs and the duration of the corresponding operations. The net heads are defined as in IEC 41. The crossflow turbines with diffusers being considered as reaction turbines.

2.2.6 Indiquer le nombre de groupes souhaité.

2.2.7 Définir les critères d'évaluation des rendements pour toute la gamme de fonctionnement, y compris la surcharge (pondération des rendements par les énergies produites aux divers chutes et débits. Le poids à donner à un rendement ou à une possibilité de surpuissance dépend de la durée d'utilisation du point de fonctionnement considéré et de l'énergie que l'on peut alors tirer de l'aménagement). Pour les instructions aux soumissionnaires, voir article 3.5.

NOTES

- 1 Pour les aménagements à basse chute avec de courts ouvrages de prises, on doit soigner la forme de la prise d'eau de façon à éviter les problèmes hydrauliques comme vortex et admission d'air.
- 2 Un tracé adéquat des conduits hydrauliques est essentiel pour réduire les pertes de charge (différence entre chute brute et chute nette).

2.3 Conditions d'exploitation électrique de la centrale

L'acquéreur utilisera, suivant le cas, 2.3.1 ou 2.3.2.

2.3.1 La centrale est prévue pour fonctionner en réseau isolé

a) Sans autre source d'énergie sur le réseau

Pour une centrale en réseau isolé, il est nécessaire de pouvoir démarrer manuellement sans apport d'énergie.

- | | |
|---|-------------------|
| i) Tension réseau requise | V |
| Tolérance (en régime établi) | + ... % - ... % |
| ii) Fréquence réseau | Hz |
| Tolérance (en régime établi) | + ... % - ... % |
| iii) Puissance minimale requise par le réseau toute l'année | kW |
| iv) Vitesse de variation de la charge que le réseau peut admettre (pour définir si un volant d'inertie est nécessaire ou non) | kW/s |
| v) Valeur des échelons de charge que le réseau peut admettre | + ... kW - ... kW |
| vi) Facteur de puissance ($\cos \phi$) | |

b) Avec connexion permanente, à une autre source d'électricité définie comme suit:

- | | |
|--|------------------------------------|
| i) Groupe hydro-électrique: | type |
| | puissance min kW |
| ii) Groupe thermo-électrique: | type |
| iii) Caractéristiques du générateur (alternateur ou génératrice asynchrone): | |
| · tension assignée | V |
| · fréquence assignée | Hz |
| · puissance apparente assignée | kVA |
| · GD^2 (inertie des parties tournantes) | $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ |
| · facteur de puissance ($\cos \phi$) | |

iv) Caractéristiques du régulateur de turbine

Conditions du réseau définies comme dans 2.3.1 a) points i) à iv).

v) Caractéristiques du régulateur de tension (répartition de la puissance réactive).

2.2.6 State the number of units suggested.

2.2.7 Define the evaluation criteria for efficiency over the full range of operation as well as overload conditions (weighting the efficiency according to the amount of energy produced at different heads and flows). The weight to be given to a particular efficiency or overload depends on the time of utilization at the point of operation considered and the energy thus recovered from the installation. For general instructions to tenderers see clause 3.5.

NOTES

- 1 For low head plants with short intakes, care must be taken in the design of the intake in order to obviate hydraulic problems such as vortices and air admission.
- 2 The proper design of the waterways is essential in order to minimize the head losses (difference between gross and net head).

2.3 Electrical conditions for plant operation

The plant electrical conditions and requirements listed under either 2.3.1 or 2.3.2.

2.3.1 *The plant is intended to operate in isolated network*

a) *Without any other energy supply on the network*

For isolated load networks, black-start capability is essential.

- i) Required network voltage V
Tolerance (under steady-state conditions) + ... % - ... %
- ii) Network frequency Hz
Tolerance (under steady-state conditions) + ... % - ... %
- iii) Minimum output required all year round by the network kW
- iv) Load acceptance rate of the network (to determine whether or not a flywheel is required) kW/s
- v) Value of the maximum step-change in load which the network can accept + ... kW - ... kW
- vi) Power factor ($\cos \phi$)

b) *With permanent connection to another electrical energy supply defined as follows:*

- i) Hydroelectric unit: type
min output ... kW
- ii) Thermoelectric unit: type
- iii) Generator characteristics (synchronous or asynchronous):
 - rated voltage V
 - rated frequency Hz
 - rated output kVA
 - inertia GD^2 of rotating parts $\text{kg} \cdot \text{m}^2$
 - power factor ($\cos \phi$)

iv) Turbine governor characteristics

The network conditions are to be defined as in 2.3.1 a), items i) to iv).

v) Voltage regulator characteristics (distribution of reactive power).

c) *Utilisation de l'énergie: variation de la charge quotidienne et saisonnière*

Puissance (kW)	minimale	moyenne	maximale
Charges passives (éclairage, chauffage, séchage, ...)			
Charges actives (moteurs électriques)			
Total			

Pour permettre le choix du mode de régulation et le dimensionnement du régulateur, fournir une indication de l'évolution de la charge (courbe de charge):

- a) quotidienne;
- b) hebdomadaire;
- c) saisonnière.

Indiquer les charges prioritaires et non prioritaires (délestage). Ces renseignements sont utiles au dimensionnement du régulateur.

2.3.2 *La centrale est prévue pour fonctionner en parallèle avec un réseau (qui impose la fréquence)*

a) *Caractéristiques du réseau*

- i) Tension V
Tolérance + ... % - ... %
- ii) Fréquence Hz
Tolérance + ... % - ... %
- iii) Puissance de court-circuit
(au point de raccordement du projet) kVA
- iv) Facteur de puissance (cos ϕ)

b) *Puissance apparente du plus gros alternateur en fonctionnement sur le réseau* kVA

2.3.3 *Transport et distribution de l'énergie*

Joindre les dessins suivants:

- pour le cas du fonctionnement en réseau isolé, un plan général de tout le réseau envisagé;
- pour le cas du fonctionnement en parallèle avec un réseau de grand transport, un plan comportant la liaison à celui-ci.

Il convient que ce plan comporte également l'indication des principaux centres de consommation et de production d'énergie.

Donner également des renseignements sur toute l'évolution possible du réseau.

c) *Energy utilization: daily and seasonal load variations*

Output (kW)	minimum	average	maximum
Passive loads (lighting, heating, drying, ...)			
Active loads (electric motors)			
Total			

In order to decide the method of regulation and the design of the governor, it is necessary to give an indication of the load variations (load curve):

- a) daily;
- b) weekly;
- c) seasonal.

Indicate the priority and non-priority loads (load shedding) as this is useful for designing the governor.

2.3.2 *The plant is intended to operate in parallel with a grid which imposes the frequency*a) *Characteristics of the grid*

- i) Voltage V
Tolerance + ... % – ... %
- ii) Frequency Hz
Tolerance + ... % – ... %
- iii) Short-circuit power (at the point where the new scheme is linked to the grid) kVA
- iv) Power factor ($\cos \phi$)

b) *Apparent output of the largest generator working on the network*

..... kVA

2.3.3 *Energy transport and distribution*

Provide the following drawings:

- a general layout drawing of the entire proposed network, in the case of isolated load operation;
- a drawing showing the link to the grid, in the case of operation in parallel with a large grid.

The layout should also show the main centres of energy consumption and supply.

Also provide information on any possible developments of the grid.

2.4 Types de réglage et modes de fonctionnement

2.4.1 Régulation de fréquence

Si le groupe ou l'aménagement fonctionne en réseau isolé ou représente une part importante du réseau considéré, un régulateur est nécessaire pour maintenir la fréquence du réseau lors des transferts de charge.

Pour les groupes de faible puissance et quand la puissance hydraulique disponible est abondante, une régulation simplifiée pourra se faire par dissipation de l'énergie inutilisée, la turbine fonctionnant en permanence à pleine charge.

2.4.2 Asservissement au niveau

Indiquer s'il est nécessaire de maintenir le niveau amont ou aval constant, ou compris dans une marge de réglage, à l'aide des groupes ou d'un organe d'évacuation quelconque. S'il en est ainsi, un asservissement de l'ouverture de la turbine au niveau est indispensable. C'est le cas en général des usines au fil de l'eau (en rivière, ou en dérivation) ou liées à un canal d'irrigation.

NOTE - En réseau isolé, l'asservissement peut se faire au niveau ou à la fréquence mais non aux deux.

2.4.3 Restitution

Préciser si les groupes doivent restituer un débit constant ou programmé.

NOTE - En réseau isolé, on peut contrôler le débit ou la fréquence, mais pas les deux.

2.4.4 Régulation simplifiée

Si l'aménagement considéré travaille sur un grand réseau qui impose la fréquence, ses groupes pourront être équipés de régulateurs simplifiés avec asservissement niveau-ouverture ou asservissement charge-ouverture. La stabilité peut être compromise dans le cas où un secteur du grand réseau se déconnecte par accident et où des régulateurs simplifiés sont utilisés.

2.5 Automatismes, télémesures, téléconduites, alarmes

- a) Indiquer si du personnel est à disposition pour les séquences de démarrage et d'arrêt des groupes, ou s'il faut minimiser les interventions des opérateurs.
- b) Si l'usine n'est pas gardiennée, préciser où doivent être transmises les alarmes.
- c) Définir si les séquences de démarrage, de mise en parallèle, de prise de charge et d'arrêt des groupes doivent être:
 - i) manuelles;
 - ii) et (ou) automatiques;
 - iii) et (ou) télécommandées (dans ce cas, indiquer la position du centre de contrôle, le support et le mode de transmission des signaux).
- d) Dans le cas d'un aménagement avec réservoir et avec plusieurs groupes, préciser si la gestion de l'eau du réservoir doit être optimisée manuellement ou automatiquement (introduction de programmes de marche).
- e) Signaler si l'aménagement projeté doit également jouer un rôle de centre de commande pour d'autres aménagements du réseau.

2.4 Types of regulation and modes of operation

2.4.1 Frequency regulation

If the unit or the plant operates in an isolated network, or is an important part of the network, a governor is required to maintain the network frequency during load changes.

For units with low output and where hydraulic energy is abundant, simplified governors could also be used by producing a constant output at full load and dumping the unused power.

2.4.2 Level control

Specify if it is necessary to maintain the upstream or downstream level constant, or within a working range using the generating sets or some other discharge device. If this is so, the turbine opening must then be governed with level feedback. This is generally the case with run-of-river plants (in the river itself or in a bypass channel) or when linked to an irrigation canal.

NOTE - On isolated load, level or frequency may be controlled but not both.

2.4.3 Flow regulation

Specify if the units are to provide a constant flow or a variable programmed flow.

NOTE - On isolated load, flow or frequency may be controlled but not both.

2.4.4 Simplified governing

If the plant is to operate on a large network which imposes the frequency, its units can be fitted with simplified governors (positioners) having level feedback or load feedback. Stability may be affected in the case where part of a large grid becomes accidentally detached and simplified governors are used.

2.5 Automation, telemetry, remote control, alarms

- a) Indicate if staff are available for the starting and shut-down sequences or if it is required to minimize the use of operators.
- b) If the plant is unattended, specify where the alarms are to be located.
- c) Specify whether the starting sequence, synchronization, loading and shut-down operations shall be:
 - i) manual;
 - ii) and/or automatic;
 - iii) and/or telecontrolled (in this case, indicate the location of the control centre, the carrier and the type and method of transmission of the signals).
- d) Where a scheme has a reservoir, and there are several units, specify if manual or automatic control of the reservoir water is required (operation according to a programme).
- e) Specify if the plant is to be the control centre for other energy supply sources in the network.

SECTION 3 – SPÉCIFICATION DES ÉQUIPEMENTS

Cette section donne quelques indications utiles pour établir les spécifications techniques et faire la comparaison des offres correspondant aux équipements les plus importants d'un petit aménagement hydro-électrique.

3.1 Prestations techniques

Outre la fourniture du matériel, il convient que le fournisseur assure les prestations suivantes:

- a) Adaptation des solutions techniques proposées aux caractéristiques de la chute et aux conditions de fonctionnement requises.
- b) Transmission à l'acquéreur des données nécessaires à la définition des ouvrages de génie civil, suffisamment tôt pour que la conception de ces ouvrages prenne en compte les exigences de l'équipement électromécanique (fourniture et vérification des plans guides de génie civil, dimensions géométriques, efforts à reprendre, etc.).
- c) Fourniture de la documentation nécessaire au montage, à la mise en eau, à l'exploitation et à l'entretien des équipements.

3.2 Limites de la fourniture

Ces limites doivent être parfaitement définies pour chaque lot et clairement localisées. On doit contrôler qu'aucun équipement n'est exclu.

3.2.1 *Pour le circuit hydraulique*

En amont, la limite peut se situer au niveau de la grille et du dégrilleur, s'ils existent, ou du premier organe de coupure (batardeau ou vanne), ou toute autre section convenable.

En aval, on peut définir comme limite de fourniture la fin de l'aspirateur, ou la fin du batardeau ou de la vanne ou toute autre section convenable.

3.2.2 *Pour le circuit électrique*

Tout l'équipement électrique peut être inclus, jusqu'au premier point de jonction avec le réseau extérieur à définir par l'acquéreur.

3.2.3 *Éléments qui ne font habituellement pas partie de la fourniture*

D'une façon générale, restent habituellement exclus:

- a) le génie civil,
- b) la télémessure et la téléconduite.

3.3 Spécifications des éléments de l'aménagement

Sans oublier le critère de simplicité qu'impose ce type d'aménagement, le choix de matériaux de qualité adaptée, de solutions techniques adéquates, de caractéristiques convenables pour les machines, apporte des avantages de fiabilité et de durabilité dont il faut tenir compte.

SECTION 3 – EQUIPMENT SPECIFICATIONS

The information given below is useful in establishing technical specifications and comparing the technical offers for the most important items in a small hydroelectric development.

3.1 Technical requirements

In addition to supplying the equipment, the supplier should provide the following:

- a) Suitability of the proposed technical solutions with regard to the hydraulic characteristics and the operational requirements.
- b) The supplier should inform the purchaser of the necessary civil work data at an early stage so that the civil work can be designed in accordance with the requirements of the equipment. Verification of the compatibility between the civil work and the electro-mechanical equipment (overall dimensions, floor loads, supply and verification of the preliminary civil work layout drawings, etc.).
- c) Information required for erecting, starting-up, operating and maintaining the equipment.

3.2 Limits of the supply

These limits should be clearly and physically defined for each item. It should be checked that no equipment has been excluded.

3.2.1 *For the hydraulic system*

On the upstream side the limit could be trashrack and the rack cleaning machine, if installed, or the first hydraulic closure device (stop-logs, gate or valve), or any other suitable section.

On the downstream side the limit could be defined as the end of the draft tube or of the stop-logs or gate, or any other suitable section.

3.2.2 *For the electric system*

This may include all the electrical equipment, up to the first point of connection with the grid to be defined by the purchaser.

3.2.3 *Elements not normally included in the supply*

Generally the following are not included:

- a) civil works,
- b) telemetry and remote control.

3.3 Specifications of the elements of the plant

Without overlooking the criterion of simplicity which this type of installation requires, the selection of good quality materials, suitable technology and good machine characteristics has the advantage of affording reliability and prolonged life of the plant.

3.3.1 Grilles et dégrilleurs

Il convient que l'espace libre entre les barreaux de la grille soit le plus grand possible, mais qu'il reste inférieur à la plus petite dimension du circuit hydraulique en aval (par exemple, l'écartement minimal des aubes de la roue pour une turbine Francis). Spécifier que la grille doit pouvoir supporter la charge correspondant à son obstruction complète.

Le dégrilleur, s'il existe, peut être manuel ou automatique. Mais dans tous les cas, il est nécessaire de prévoir l'évacuation, le transport et le stockage des déchets.

3.3.2 Contrôle du niveau d'eau

Selon le genre de fonctionnement de l'aménagement, le contrôle de niveau pourra être utilisé comme information et aussi comme protection et auxiliaire de réglage.

Les éléments de contrôle de niveau sont mis généralement en amont du groupe (prise d'eau, barrage, etc.). Dans certains cas, il peut être intéressant de contrôler le niveau à la restitution (débit réservé, usine aval, etc.).

Si les équipements de mesure de niveau sont très éloignés de la centrale hydro-électrique, il faut les protéger, de même que la ligne de jonction, contre les surtensions. Cela est particulièrement important dans le cas d'utilisation de dispositifs électroniques.

Comme les autres équipements associés, il importe que les dispositifs à flotteurs soient protégés contre les dégâts naturels ou causés par des tiers.

Pour les installations à basse chute, dans beaucoup de cas, l'indication du niveau peut être prise à l'entrée de la turbine, dans la centrale hydro-électrique.

3.3.3 Organes d'obturation du débit (voir figure 7)

Le groupe sera protégé par au moins un organe d'obturation qui, en cas d'urgence, fermera par manque ou émission de tension. Cet organe peut être le vannage ou l'admission d'air dans le cas d'une turbine à siphon.

L'ouverture des vannes et des robinets s'obtient en général à l'aide d'un servomoteur, avec égalisation préalable des pressions amont et aval. Ce servomoteur doit avoir une puissance suffisante pour ouvrir l'organe, sans que les pressions soient égalisées.

La fermeture sera garantie dans n'importe quelles circonstances pour des raisons de sécurité:

- a) pour les vannes planes, sous leur propre poids;
- b) pour les robinets et les vannes distributrices agissant comme appareil à fermeture de sécurité et n'ayant pas de tendance à la fermeture, avec l'aide d'un contrepoids ou de tout autre dispositif produisant un effet équivalent.

Pour obtenir un fonctionnement correct et durable des batardeaux et des vannes, il faut soigner le parallélisme des parties fixes.

Il convient de calculer les robinets et les vannes pour qu'ils puissent supporter une pression d'essai égale à 1,5 fois la pression totale maximale (y compris les surpressions) et couper le débit le plus grand y compris le débit de gueule-bée.

3.3.1 *Trashrack and rack cleaner*

The opening between the bars of the grating should be as large as possible, but less than the minimum dimension of the hydraulic circuit downstream (e.g. in Francis turbines, the minimum opening between the blades of the runner). Specify that the racks should be able to support the loads which can be produced when they are completely obstructed.

The rack cleaning machine, if it is required, could be manual or automatic, but in any event, the clearing away, transporting and dumping of the debris should be taken into account.

3.3.2 *Water-level control*

According to the operation of the plant, the control of level could be for information, and also for protection and auxiliary regulation.

The elements of level control are generally placed upstream of the unit (intake, dam, etc.) although in some cases it might be necessary to control the downstream level (flow requirements, downstream plant, etc.).

If the level measuring equipment is very remote from the power station, it shall be protected, together with the connecting line, against electrical surge. This is particularly important when electronic devices are used.

Moreover, the level control equipment (and other associated equipment) should be protected against damage from environmental causes or caused by a third party.

For low head stations, in most instances, the level control can be tapped at turbine inlet inside the power station.

3.3.3 *Discharge closure devices* (see figure 7)

The unit should be protected by at least one closure device, which in an emergency would close due to lack of electrical signal (this could be the admission of air in a siphon-type turbine) or activation by electrical signal. This device may be the guide vanes.

The opening of the gates and valves is generally performed by means of an actuator and with balanced upstream and downstream pressures. The actuator shall have sufficient power to enable it to open the device under unbalanced pressures.

The closure should be guaranteed under any circumstances for reasons of safety:

- a) for gates, closure should be affected by their own weight;
- b) while for valves and guide vanes acting as safety closing devices and not having a closing tendency, closure should be effected by a counterweight or any other device having an equivalent effect.

For the correct and lasting operation of the stop-logs and gates, it is necessary to maintain the parallelism of the fixed guides.

The valves and the gates should be designed to withstand a test pressure of 1,5 times the maximum total pressure, including surge, and to be capable of stopping the maximum discharge, including broken penstock flow conditions.

Il importe d'étudier les systèmes d'étanchéité et de définir le débit de fuites garanti (par exemple, en litres par minute). Il est recommandé que les étanchéités soient remplaçables.

3.3.3.1 *Batardeaux*

Dans certains cas, ces dispositifs pourront jouer le rôle d'un deuxième organe d'obturation, indépendant de la turbine.

3.3.3.2 *Vannes de prise et de tête*

Si ces vannes sont nécessaires, il faut étudier leur loi de fermeture et ses conséquences pour éviter des perturbations défavorables au circuit hydraulique et au groupe. Une aération appropriée de la conduite à l'aval de l'organe de fermeture est nécessaire pour éviter l'écrasement de la conduite ou de sérieux dommages dans les ouvrages d'aménée.

3.3.3.3 *Vannes ou robinets de protection du groupe*

Si le circuit hydraulique est court et s'il existe une vanne de prise, ces vannes ne sont pas toujours nécessaires. Si plusieurs turbines sont alimentées par la même conduite, on recommande l'installation d'une vanne de protection par groupe.

Dans le cas de machines Bulbe ou Kaplan, l'utilisation d'une vanne aval peut être avantageuse dans certains cas.

La vitesse de fermeture effective est à étudier avec soin, en établissant une relation correcte entre la survitesse du groupe et la surpression dans les conduits amont, selon les équipements concernés.

Il est spécialement important que la fermeture de l'organe d'obturation soit lente, afin de diminuer les surpressions dues au coup de bélier (influence sur le dimensionnement du circuit hydraulique en amont), mais il peut en résulter un accroissement de la survitesse.

3.3.4 *Conduite forcée*

On aura intérêt à prendre des dimensions normalisées pour les diamètres et les épaisseurs de la conduite. On vérifiera que les conduites forcées peuvent supporter une pression d'essai égale à 1,5 fois la pression totale maximale la plus défavorable, en tenant compte du coup de bélier qui peut être induit soit par la fermeture d'un organe de coupure, soit par l'emballement du groupe. La présence d'une cheminée d'équilibre dans un lieu convenable dans le circuit hydraulique aidera à diminuer les variations de pression lors des manoeuvres.

Dans certaines circonstances, il peut être nécessaire d'enterrer les conduites pour les protéger contre les chutes de pierres, les avalanches ou le gel. Il est important d'étudier si un dispositif antivide est nécessaire.

Une fois la turbine définie, les calculs du coup de bélier pourront être confirmés par le fournisseur. Il est très important de considérer que les surpressions modifient le dimensionnement de la conduite, et vice versa. D'autre part, selon la longueur de la conduite et la puissance du groupe, les surpressions peuvent être atténuées aux dépens d'une augmentation de la survitesse de la turbine.

It is important to study the sealing systems and to specify the guaranteed limit of leakage to be permitted (e.g. in litres/minute). It is recommended that the seals be replaceable.

3.3.3.1 *Stop-logs or maintenance gates*

In certain cases, these could act as a secondary closure device, independent of the turbine.

3.3.3.2 *Intake and head gates and valves*

If these devices are necessary, it is essential to study their closing rates and consequences on closing to avoid unfavourable disturbances in the waterway and hydraulic units. Suitable venting of the penstock downstream of the closure device is necessary to prevent the collapse of the penstock or serious damage to the water conveying structure.

3.3.3.3 *Inlet valves for unit protection*

If the penstock is short and there is an intake gate, inlet valves are not always necessary. If several units are fed by the same penstock, it is recommended that separate valves for each unit be installed.

In the case of Bulb or Kaplan turbines, the use of a valve on the tail-race side can in some cases, be more conducive.

The effective rate of closure should be studied with care, establishing the optimum relation between the overspeed of the unit and the overpressure in the penstock in accordance with the relevant equipment.

It is especially important that the closure of the inlet valve be slow, with the aim of reducing the overpressure caused by the "water hammer" effect (and thus influencing the design of the hydraulic pipeline), but it may result in an increased overspeed.

3.3.4 *Penstock*

It is advisable to use standard diameter and thickness pipes for the penstock. It should be verified that penstocks can withstand 1,5 times the maximum total pressure including surge to which it is subjected, taking into account the "water hammer" effect produced by a hydraulic shut-off device or sometimes when the unit goes to runaway. The presence of a surge chamber at an appropriate position in the hydraulic pipeline will help to reduce pressure rises and pressure drops.

In some cases, it may be necessary to bury the penstock to protect it against rock fall, avalanches or ice. It should be studied whether an anti-vacuum device is required.

Once the turbine is defined, the calculations for the "water hammer" effect may be confirmed by the supplier. It is very important to bear in mind that overpressures affect the design of the penstock, and vice versa. Depending on the penstock length and unit power output, pressure rises may be decreased at the cost of increasing the overspeed of the unit.

Pour le cas de longues conduites et faibles débits, l'emploi de vannes de décharge (réducteur de pression) est à considérer. C'est un organe de sécurité qui nécessite un contrôle et un entretien soignés.

Il est possible, suivant les cas, d'utiliser pour construire la conduite forcée d'autres matériaux que l'acier.

3.3.5 Turbine (voir figure 8)

Sans vouloir exclure un genre de fabrication quelconque, il convient de considérer que la plupart des turbines sont du type à action ou réaction.

La figure 5 donne une idée des zones couvertes par les plus grandes familles de turbines (Pelton, Francis, Kaplan, hélice et à flux transversal) en fonction de la hauteur de chute et du débit disponibles. Les limites de fonctionnement entre familles varient suivant les fournisseurs.

Dans tous les cas, il faut que les turbines aient une bonne résistance à la fatigue, à la cavitation, à l'érosion et à la corrosion, conformément aux conditions imposées par la qualité de l'eau.

Il convient que le matériau de base de la machine, et spécialement la roue, soit facilement réparable. Chaque cas est à analyser en particulier, en tenant compte des conditions d'exploitation (temps de fonctionnement et d'immobilisation).

En général, il est recommandé de construire toutes les articulations et tous les axes en matériau inoxydable et de prévoir les paliers correspondants du type autolubrifié.

La disposition du groupe – vertical, horizontal ou incliné – a une influence importante sur le volume du génie civil et sur la commodité d'accès et d'entretien.

3.3.5.1 Turbine à action (Pelton, ...)

Il est généralement recommandé que ses propres organes de fermeture aient une tendance naturelle à fermer pendant les déclenchements. S'il y a un déflecteur, il convient que celui-ci agisse rapidement et que les aiguilles de l'injecteur agissent lentement (diminution des surpressions).

Il convient que le bec de buse et l'aiguille de l'injecteur soient très résistants à l'érosion et facilement remplaçables.

Les augets sont également des éléments fortement soumis à des phénomènes d'érosion (ils doivent être facilement rechargeables) et de fatigue dus aux impacts répétés des jets (un choix attentif des matériaux, une bonne conception mécanique et généralement un bas niveau de contraintes sont requis).

3.3.5.2 Turbine à réaction (Francis, Kaplan, hélice, ...)

En général, plus le calage de la turbine par rapport au niveau aval est haut, plus la machine est grosse et la vitesse de rotation lente pour éviter la cavitation; et au contraire plus le calage est bas, plus la machine est petite, plus la vitesse de rotation peut être élevée mais généralement avec un génie civil plus coûteux.

For the case of long penstocks and low discharge, the use of pressure relief valves (discharge valve) is to be taken into consideration. Since this is a safety device, it calls for careful checking and maintenance.

The use of materials other than steel for manufacturing the penstock may be considered.

3.3.5 *Turbine* (see figure 8)

Without wishing to exclude any particular type of construction, it should be noted that the majority of turbines are of the impulse or reaction type.

Figure 5 gives some indication of the range covered by the largest family of turbines (Pelton, Francis, Kaplan, propeller, and cross-flow) as a function of head and discharge. The limits of operation of these turbines vary according to the supplier.

In all cases it is necessary that the turbines have good resistance to fatigue, cavitation, erosion and corrosion according to the conditions imposed by the quality of the water.

The material of the unit, especially the runner and other parts subject to wear, should be easily repairable. Each case should be studied individually bearing in mind the operating conditions (operational time and down time).

In general, all points of articulation and axes should be constructed in corrosion-resistant materials and the corresponding bushings should be of the self-lubricating type.

The horizontal, vertical or inclined arrangement of the unit has an important influence on the amount of civil work and the ease of access and maintenance.

3.3.5.1 *Impulse turbine (Pelton, ...)*

It is generally recommended that its closing devices should have a natural tendency to close during load rejections. The needles should act slowly to reduce the pressure rise and if there is a deflector it should act quickly.

The nozzle and the needle of the injector should be very resistant to erosion and readily replaceable.

The buckets are also parts which are subject to severe erosion (they should be easily repairable) and subject to severe fatigue due to repeated impact from the water jets (careful choice of materials, good mechanical design, and generally low stress levels are required).

3.3.5.2 *Reaction turbine (Francis, Kaplan, propeller, ...)*

In general, a higher setting of the machine above tailwater level will lead to larger turbine dimensions and slower running speeds in order to avoid cavitation and conversely a lower setting results in smaller turbine dimensions, faster running speeds but generally more expensive civil works.

On recommande que les articulations du vannage soient en matériau autolubrifiant. Un élément (de rupture ou équivalent) permettant d'éviter que le blocage de distributrices ne se propage à tout le cercle de vannage est nécessaire.

Il est bon que les matériaux utilisés pour les parties fixes et mobiles (labyrinthes surtout) soient être résistants à l'érosion. En fonction de la taille de la turbine et des conditions d'exploitation, il peut être avantageux d'avoir des labyrinthes, une roue et des joints facilement démontables.

Le joint d'étanchéité de l'axe de la turbine est un élément important qu'il convient d'étudier avec soin et de prévoir pour un démontage et un remplacement aisés.

3.3.5.3 *Pivot et paliers*

La ligne d'arbres sera conçue avec un nombre de paliers minimal. Il est indispensable de réaliser une étude d'ensemble avec les paliers du générateur. Pour le choix entre paliers lisses, à billes ou à rouleaux, il convient de faire attention à leur résistance aux vibrations, courants vagabonds et à l'emballement.

Si la taille de la machine le permet et pour la simplicité d'exploitation, des paliers auto-lubrifiants doivent être envisagés.

3.3.5.4 *Accouplement d'arbres direct ou avec multiplicateur de vitesse*

L'accouplement entre la turbine et le générateur peut se faire directement ou par l'intermédiaire d'un multiplicateur de vitesse permettant d'utiliser une génératrice de série ou de plus faible dimension à rotation plus rapide. Les multiplicateurs les plus utilisés sont à courroie ou à engrenages. Si des engrenages sont utilisés, il faut tenir compte du rendement, du comportement à l'emballement, des niveaux du bruit et des vibrations, ainsi que de la durée de vie.

Dans certains cas, pour éviter des problèmes d'alignement, des accouplements souples peuvent être envisagés (groupes horizontaux à longue ligne d'arbre). Dans ce cas, la vitesse critique doit être vérifiée.

3.3.5.5 *Surveillance et protection*

En principe, on peut définir deux niveaux de protection: alarme et déclenchement.

Les éléments à considérer sont:

- a) vitesse de rotation;
- b) niveau d'huile aux paliers;
- c) circulation de l'huile de graissage;
- d) niveau d'huile de régulation;
- e) niveau d'huile du multiplicateur;
- f) température aux paliers;
- g) température de l'huile de régulation;
- h) température de l'huile du multiplicateur;
- i) pression d'huile de régulation;
- j) circulation de l'eau de refroidissement.

Le déclenchement immédiat est requis pour les points a), c), i) et j). Pour les points b), d), e), f), g) et h), une alarme peut être enclenchée pour les usines gardiennées, suivie par un déclenchement si aucune mesure corrective n'intervient. Dans certains cas, un frein est utilisé pour réduire le temps nécessaire à l'arrêt du groupe.

It is recommended that the articulating parts of a guide vane apparatus be made of self-lubricating material. A suitable device (breaking or equivalent) to avoid obstructions between guide vanes being extended to the circle of the guide vanes is necessary.

The materials used for the fixed and the movable parts (especially the runner labyrinths) should be resistant to erosion. Depending on the size of the turbine and the operating conditions, it is advantageous for the labyrinths, runner and joints to be easily dismantled.

The shaft seal of the turbine is an item which should be studied with care and designed for ease of maintenance and replacement.

3.3.5.3 *Guide and thrust bearings*

The shaft system should be designed to minimize the number of bearings. It is essential to study the turbine and generator bearings as a system. In the choice between journal, ball or roller bearings, attention should be given to their ability to withstand vibrations, eddy currents and runaway conditions.

If the unit size allows it and for reasons of simplicity, the use of self-lubricating bearings is to be considered.

3.3.5.4 *Shaft coupling, direct or with speed increaser*

The shaft coupling, if any, between the turbine and the generator can be direct or through a speed increaser which allows the use of standardized or higher speed generators with smaller dimensions. The most widely used speed increasers are of the gear or belt type. If gears are used, then efficiency, runaway conditions, levels of noise and vibration, and life expectancy should be taken into account.

In order to minimize alignment problems, flexible couplings can be considered, especially in the case of long-shafted horizontal units. In this case the critical speed has to be checked.

3.3.5.5 *Monitoring and protection*

In principle, two levels of protection can be specified: alarm and tripping.

Elements to be considered are:

- a) speed of rotation;
- b) oil level in the bearings;
- c) circulation of lubricant;
- d) oil level of the governor system;
- e) oil level of the speed increasers;
- f) bearing temperature;
- g) oil temperature of the governor system;
- h) oil temperature of speed increasers;
- i) oil pressure of the governor system;
- j) circulation of cooling water.

Immediate tripping is required for items a), c), i) and j). Items b), d), e), f), g) and h) may have an alarm annunciated first if the station is manned allowing corrective action to be taken, but in any case, in the absence of corrective action, tripping will eventually follow. In some cases, braking is used to reduce the time to standstill.

Sur les machines de dimensions importantes, pour lesquelles la tenue à l'emballlement permanent n'est pas prévue, il est recommandé de prévoir deux dispositifs distincts de protection contre l'emballlement.

On devra prévoir les prises de pression amont et aval nécessaires (pour les essais et l'exploitation).

3.3.5.6 *Système de régulation*

Il faut spécifier si le fonctionnement aura lieu en parallèle avec un réseau, ou en réseau séparé. Un cas intermédiaire serait une centrale en «antenne» (connectée au réseau par une seule longue ligne de transmission).

A) Fonctionnement en parallèle avec un réseau important

Le régulateur actionne l'organe d'ouverture de la turbine, avec au minimum une régulation proportionnelle et un asservissement à l'ouverture.

Les valeurs de consigne peuvent être:

- a) débit;
- b) niveau (aménagement au fil de l'eau sans contraintes);
- c) puissance.

B) Fonctionnement en réseau séparé

Le régulateur de vitesse actionne l'organe d'ouverture de la turbine, avec au minimum une régulation proportionnelle et intégrale, avec asservissement à l'ouverture et à la vitesse.

Il est très important d'établir un compromis entre la qualité de la régulation et son coût (inertie et vitesse du groupe, variations de pression et de vitesse) en analysant le circuit hydraulique complet.

Il faut parfaitement définir la qualité de la régulation de fréquence du réseau à desservir (limites de fluctuations et vitesse de réponse) et son influence sur le circuit hydraulique (variations de pression). Les renseignements intéressant le fournisseur sont à indiquer dans l'appel d'offres, selon 2.4.

Dans les deux modes de fonctionnement, il faut étudier le comportement face à un changement brusque de la charge (surpressions, dépressions, survitesse, etc.). L'influence est importante sur le circuit hydraulique (épaisseurs de la conduite, matériau utilisé) et pour la conception mécanique (paliers, volant d'inertie, jeux aux labyrinthes, multiplicateur de vitesse, etc.).

Il convient que le système de régulation ait une réserve de puissance suffisante pour réaliser une régulation correcte et pour garantir l'arrêt d'urgence.

Le distributeur est en général à commande oléohydraulique. La même installation de commande peut alors être utilisée pour le fonctionnement de la vanne ou du robinet de protection du groupe.

Pour des machines de très faible puissance, et par souci de simplicité, la commande du distributeur peut être électromécanique, et non hydraulique.

Si la centrale comporte plusieurs groupes (voir 2.2.6), il est important d'étudier la loi de répartition de charge (qui peut être une consigne pour l'opérateur ou le réglage séparé du statisme permanent sur chaque machine).

It is recommended that two independent overspeed shut-down devices be used on larger units which might not be designed for continuous runaway.

The pressure tapplings needed (for tests and operation) should be provided upstream and downstream as required.

3.3.5.6 *Governing systems*

It is necessary to specify if operation will be in parallel with a grid or on an isolated load system. A plant connected to the grid at a single point by a long transmission line will be an intermediary case.

A) Operating in parallel with a large grid

The governor (or gate positioner) operates on the turbine opening device with, as a minimum requirement, proportional control with opening feedback.

The controlled parameter could be:

- a) discharge;
- b) water level (run-of-river without constraints);
- c) power.

B) Operating on an isolated load system

The speed governor operates on the turbine opening device with, as a minimum requirement, proportional and integral control with opening and speed feedback.

It is very important to establish the compromise between the quality of the regulation and its cost (inertia and speed of the unit, variations in pressure and speed) when analyzing the entire hydraulic system.

It is necessary to define explicitly the quality of the frequency regulation of the network to be supplied (fluctuation limits and speed of response) and its influence on the hydraulic system (pressure variations). The information required by the supplier is to be shown in the tender enquiry, as described in clause 2.4.

For the two modes of operation, it is necessary to study the behaviour upon sudden load changes (pressure rises, pressure drops, overspeed, etc.). The effects are important for the hydraulic system (pipeline material thickness, type of materials) and for the mechanical system (bearings, flywheels, seal clearances, speed increasers, etc.).

The regulating system should have a sufficient reserve of energy to guarantee an emergency shut-down.

The governor is generally actuated by an oil pressure system. This same oil pressure system can also be used for operating the inlet valve or gate.

For units with low power, and in the interest of simplicity, the governor actuation can be from an electric-mechanical system rather than an oil pressure system.

If there are several units in the plant (see 2.2.6) it is important to study the laws of load distribution (which can be instructions to the operators, or the permanent speed droop setting on each machine).

3.3.5.7 Equipements auxiliaires de la turbine

A) Réfrigération

Pour autant que ce soit possible, et par souci de simplicité, on spécifiera des paliers auto-réfrigérés.

Il faudra vérifier la concordance entre les hypothèses de calcul de la réfrigération et les températures réellement obtenues en fonction des conditions extérieures (eau-air).

B) Lubrification

Il est recommandé que les huiles d'approvisionnement local soient compatibles avec les exigences de la lubrification. Il faut connaître et respecter les températures minimale et maximale d'utilisation du lubrifiant.

C) Décantation et filtrage de l'eau des auxiliaires

On utilisera de préférence de l'eau propre. Dans le cas où l'eau contient des matières en suspension, un système de décantation et de filtration convenable protégera les auxiliaires. Un système de refroidissement en boucle fermée avec échangeur de chaleur peut aussi être utilisé.

D) Evacuation de l'eau

Il faut disposer des équipements nécessaires pour l'évacuation de l'eau des fuites et pour la vidange des groupes.

E) Conduites auxiliaires

Pour éviter la corrosion par la formation de couples galvaniques, il est recommandé de traiter les conduites métalliques sur toute leur longueur avec le même type de matériau. Il est recommandé que l'utilisation de robinets en matériau fragile, tel que la fonte grise, soit considérée avec précaution et seulement pour les basses pressions.

3.3.6 Génératrice

Il existe deux types principaux de génératrices à courant alternatif, les alternateurs synchrones et les alternateurs asynchrones ou à induction. L'utilisation de l'un ou de l'autre dépend du réseau auquel la génératrice sera connectée et du service demandé.

La génératrice synchrone est utilisée dans les cas de réseaux isolés ou lorsque le groupe a une influence notable sur le réseau. Dans des situations particulières, des groupes asynchrones peuvent aussi être employés.

Pour des réseaux importants, les deux types de génératrices sont utilisables.

Avant de prendre une décision, il est important de prendre en considération les points suivants:

- La génératrice synchrone peut régler la tension du réseau et fournir l'énergie réactive demandée par celui-ci. Elle peut donc être connectée à n'importe quel type de réseau.
- La génératrice asynchrone a un fonctionnement plus simple; seul un compte-tours est nécessaires pour son couplage au réseau. Lors de son enclenchement, le groupe provoque une chute momentanée de tension, et absorbe durant son fonctionnement de l'énergie réactive provenant du réseau. Dans le cas où le facteur de puissance doit être amélioré, une batterie de condensateurs est nécessaire. Le rendement de la génératrice asynchrone est inférieur à celui de la génératrice synchrone.

3.3.5.7 *Auxiliary equipment for the turbine*

A) *Cooling*

Whenever possible, and in the interests of simplicity, self-cooling bearings shall be specified.

It will be necessary to check that the assumptions made in the calculations are in accordance with the actual ambient conditions (water-air).

B) *Lubrication*

Locally obtained oils should be suitable for the lubrication requirements. It is necessary to know and respect minimum and maximum allowable working temperature of the oil.

C) *Water settling and filtering system for auxiliaries*

Clean water is to be used whenever possible. Where the water contains suspended solids, a suitable settling and filtering system will protect the auxiliaries. A closed loop cooling system with a heat exchanger can also be used.

D) *Dewatering and drainage system*

Suitable equipment is required for dewatering and draining leakage water.

E) *Auxiliary piping*

In order to avoid corrosion in metal pipes by galvanic action, it is recommended that metal piping should be made of the same material throughout its entire length. Valves manufactured in brittle materials, such as grey cast iron, should be used with caution and only for low pressures.

3.3.6 *Generator*

There are basically two types of alternating current generators: synchronous and asynchronous (or induction) generators. The choice of the type to be used depends on the characteristics of the grid to which the generator will be connected and also on the generator's operational requirements.

Synchronous generators are used in the case of isolated load networks or wherever the unit has a significant influence on the network. In some particular cases, asynchronous generators may also be used.

In the case of large networks, both types of generator can be used.

Before making a decision on the type of generator to be used, it is important to take the following points into consideration:

- A synchronous generator can regulate the grid voltage and supply reactive power to the network. It can therefore be connected to any type of network.
- An asynchronous generator has a simpler operation, requiring only the use of a tachometer to couple it to the grid. As the machine is coupled to the grid there is a transient voltage drop, and once coupled to the grid the generator absorbs reactive power from it. Where the power factor needs to be improved, a capacitor bank will be necessary. The efficiency of an asynchronous generator is generally lower than that of a synchronous one.

Il est recommandé d'utiliser autant que possible des machines normalisées ou de séries améliorées. La plupart des machines de série sont faites pour des survitesses plus faibles (en général 1,25 à 1,50 fois la vitesse nominale) que celles qui sont rencontrées pour des turbines hydrauliques. On contrôlera donc la tenue de ces génératrices aux conditions d'emballlement de la turbine.

Les conditions climatiques (température ambiante, altitude, humidité) peuvent affecter le choix de la classe d'isolation et l'échauffement.

On doit évaluer le système de refroidissement de la génératrice. Dans le cas où la chaleur de la génératrice est évacuée dans la centrale, une ventilation suffisante doit y être prévue.

En cas de nécessité, un équipement de freinage (actionné à l'air ou à l'huile) sera mis en place.

3.3.6.1 *Alternateurs synchrones*

Ces alternateurs sont en général utilisés pour un raccordement à un réseau isolé, sauf dans le cas de conditions climatiques spéciales, leurs principales caractéristiques étant les suivantes:

a) Stator: Voir 3.3.6.2.

b) Rotor: Le niveau d'isolement doit être normalement de classe F et l'échauffement de classe B.

c) Dispositif d'excitation:

Il est recommandé de choisir celui qui exige le moins d'entretien (par exemple excitation statique sans balais).

d) Dispositif de réglage de tension:

Il convient de rechercher la simplicité au point de vue de l'entretien. Ce dispositif peut être inclus dans l'automatisme de commande général.

e) Dispositif de synchronisation:

Peut être manuel et (ou) automatique. La synchronisation doit normalement se faire en fonction de la tension, de la fréquence et de la phase. D'habitude, ce dispositif est inclus dans l'automatisme de commande général.

f) Facteur de puissance:

Compris entre 0,8 et l'unité, selon les besoins d'énergie réactive.

Pour des raisons de sécurité, ces groupes devraient pouvoir supporter un emballlement permanent. Si, pour une raison ou une autre, le groupe n'est pas en mesure de supporter un emballlement permanent, il faut indiquer la période durant laquelle il peut le supporter.

3.3.6.2 *Génératrices asynchrones*

Ces génératrices sont en général utilisées en connexion avec un large réseau.

a) Stator: Le niveau d'isolement de classe F et l'échauffement de classe B sont recommandés;

b) Rotor: Le type à induction (cage d'écureuil), le niveau d'isolement de classe F et l'échauffement de classe B sont recommandés.

Ces groupes devraient pouvoir supporter un emballlement permanent.

c) Tension, vitesse: Le choix de la tension et de la vitesse influe sur la possibilité d'utiliser une machine normalisée.

Standardized or upgraded mass-produced machines should be used where possible. Most "off-the-shelf" or mass-produced machines are designed for lower overspeed values (typically 1,25 to 1,50 times rated speed) than are experienced with hydraulic turbines. Therefore, such generator designs should be checked for turbine runaway conditions.

Climatic conditions (ambient temperatures, altitude, humidity) can affect the choice of the class of insulation level and temperature rises.

The cooling system of the generator shall be evaluated. In the case where heat from the generator is expelled into the powerhouse sufficient powerhouse ventilation shall be provided.

If necessary, a braking system (either air or oil operated) should be considered.

3.3.6.1 *Synchronous generators*

Synchronous generators are generally used when operating on an isolated load network, except for the case of special climatic conditions, their main features being:

a) Stator: See 3.3.6.2.

b) Rotor: The insulation levels should normally be Class F and temperature rises Class B.

c) Excitation equipment:

It is recommended that a system requiring the least maintenance be chosen (e.g. static brushless excitation).

d) Voltage regulating equipment:

The aim should be simplicity with a view to maintenance. This equipment could be included in the control system.

e) Synchronizing equipment:

May be manual and/or automatic. The synchronization should cover the voltage, frequency and phase. Normally this equipment is included in the automatic control system.

f) Power factor:

Between 0,8 and 1,0, depending on the reactive power requirements.

In the interest of safety, units with synchronous generators should be designed to withstand continuous runaway conditions. If for any reason, the unit is unable to withstand continuous runaway conditions, the period which they are able to withstand such conditions shall be stated.

3.3.6.2 *Asynchronous (induction) generator*

Asynchronous generators are generally used when connected to a large grid, except in the case of special climatic conditions.

a) Stator: Class F insulation level and Class B temperature rises are recommended.

b) Rotor: Squirrel cage construction, Class F insulation and Class B temperature rises are recommended.

These units should be designed to withstand continuous runaway conditions.

c) Voltage and speed: The selection of voltage and speed affects the possibility of using a standard machine.

3.3.6.3 *Pivot et paliers*

Comme pour la turbine, voir 3.3.5.3.

3.3.6.4 *Surveillance et protection*

Comme pour la turbine, on peut définir deux niveaux de protection: alarme et déclenchement.

Les grandeurs suivantes sont généralement contrôlées:

- a) température du stator;
- b) surintensité (stator et rotor);
- c) défaut à la terre avec limitations de l'intensité de passage (stator et rotor);
- d) maximum et minimum de tension;
- e) retour de puissance;
- f) fréquence (baisse/augmentation);
- g) niveau d'huile dans le carter du palier;
- h) température du palier;
- i) température de l'air de refroidissement.

Le déclenchement immédiat est requis pour les points b), c), d), e) et f). Pour les points a) g), h) et i) une alarme peut être signalée pour les usines gardiennées, suivie de toute façon du déclenchement si aucune mesure correctrice n'intervient.

Suivant les cas, un dispositif de chauffage anti-condensation est à envisager.

Il convient d'envisager une protection différentielle lorsque la taille de la machine et/ou l'environnement le justifient.

Les appareils et dispositifs généralement recommandés pour la surveillance et la protection sont les suivants: voltmètre, ampèremètre, wattmètre, compteur d'énergie, cos ϕ mètre, compte-tours, compteur d'heures de service, synchroniseur, indicateur de niveau d'eau et (ou) de pression, indication de l'ouverture turbine, dispositif d'arrêt d'urgence, protection contre le courant de court-circuit, protection contre les surintensités, relais de retour de puissance, surveillance de la fréquence, surveillance de la tension, surveillance des paliers.

3.3.7 *Système de commande automatique*

Les caractéristiques et l'ampleur de l'automatisme dépendront du genre de fonctionnement de la centrale (gardiennée, non gardiennée, télécommandée), de la qualification du personnel d'exploitation, etc.

On peut disposer d'un simple tableau de commande manuel ou d'un automatisme séquentiel, avec toutes les fonctions de commande et de contrôle.

Il faut analyser la solution qui s'adapte le mieux à chaque cas, en tenant compte des impératifs d'exploitation et de prix de revient. Sous cet angle, il importe de considérer les conséquences d'une panne (centrale arrêtée, approvisionnement en pièces de rechange, possibilités de fonctionnement et de démarrage manuels, etc.).

3.3.6.3 *Guide and thrust bearings*

As with turbines, see 3.3.5.3.

3.3.6.4 *Monitoring and protection*

As with turbines, two levels of protection can be specified: alarm and tripping.

The following are normally monitored:

- a) stator temperature;
- b) overcurrent (stator and rotor);
- c) earth fault with current limits (stator and rotor);
- d) maximum and minimum voltage;
- e) power reversal;
- f) over/under frequency;
- g) oil level in the bearing sump;
- h) bearing temperature;
- i) cooling air temperature.

Immediate tripping is required for items b), c), d), e) and f). Items a), g), h) and i) may have an alarm annunciated if the station is manned allowing corrective action to be taken, but in any case, in the absence of corrective action, tripping will eventually follow.

Depending on the individual case, heating equipment to prevent condensation may be required.

It is advisable to consider differential protection when the size of the generator and/or its environment justifies it.

The instruments and devices generally recommended for monitoring and protection are as follows: voltmeter, ammeter, wattmeter, energy meter, power factor meter, tachometer, hours of operation counter, synchronizer, water-level and/or pressure indicator, turbine opening indicator, emergency stop device, short-circuit current protection, overcurrent protection, reverse power relay, frequency monitor, voltage monitor, bearing monitor.

3.3.7 *Automatic control system*

The characteristics and extent of the automation depend upon the type of operation of the plant (manned, unmanned, telecontrolled), the qualifications of the staff, etc.

A simple manual control panel or an automatic sequencer with all the command and control functions may be used.

It is necessary to study the solution which best suits the individual case, bearing in mind the operational requirements and the cost. In this respect, it is very important to consider the consequences of a breakdown (plant shut-down, stock of spare parts, possibility of manual operation, black start, etc.).

Selon le site, deux modes de commande sont à considérer:

- a) local (près de l'élément à surveiller ou à protéger);
- b) à distance (séparé de l'élément à surveiller, situé dans l'aménagement, ou à l'extérieur).

Dans chaque cas, on recherchera la meilleure solution du point de vue de la simplicité et de l'efficacité. Il est recommandé que:

- a) l'automatisme soit aussi simple que possible pour éviter les pannes et réduire les temps d'immobilisation. Il doit être conçu pour un remplacement aisé des pièces qui s'usent. La disponibilité d'éléments modulaires de réserve conduira à une diminution de la durée des pannes;
- b) qu'un démarrage manuel (sans apport d'énergie auxiliaire) soit possible (réseau isolé) au moins localement.

Deux exemples de schémas unifilaires (asynchrone et synchrone) sont donnés à la figure 6.

3.3.8 Transformateur principal (voir CEI 76)

Les plus importantes caractéristiques à considérer sont les suivantes:

- a) puissance assignée;
- b) nombre d'enroulements;
- c) tensions assignées et réglage de la tension;
- d) fréquence;
- e) rapport de transformation;
- f) type de couplage de chaque enroulement;
- g) conditions d'implantation;
- h) type de réfrigération (de préférence par convection naturelle);
- i) tension de court-circuit.

Selon le type et l'importance du transformateur, il peut être souhaitable de surveiller:

- i) température;
- ii) défauts internes (pour les unités à bain d'huile, un détecteur de gaz est conseillé);
- iii) défauts à la terre.

3.3.9 Equipement auxiliaire

3.3.9.1 Disjoncteurs (voir la CEI 56)

Les caractéristiques qui devront être analysées sont les suivantes:

- a) pouvoir de coupure (adapté à la puissance de court-circuit du réseau);
- b) tension assignée;
- c) intensité assignée;
- d) niveau d'isolement;
- e) type de commande.

Depending on the site, two types of control can be considered:

- a) local (near to the item to be monitored or protected);
- b) remote (distant from the item to be monitored, situated inside or outside the plant).

In each case, the best solution from the point of simplicity and effectiveness should be chosen:

- a) the automation should be as simple as possible to avoid breakdowns and to reduce the duration of outages. It shall be designed for easy replacement of wearing parts. The use of the modular elements (hot standby equipment) will generally result in reduced down time;
- b) it should be possible to perform a manual start without auxiliary energy (black start) at least locally (isolated load).

Two examples (asynchronous and synchronous) of electrical single-line diagrams are shown in figure 6.

3.3.8 *Main transformers* (reference can be made to IEC 76)

The most important characteristics to be considered are the following:

- a) rated power;
- b) number of windings;
- c) rated voltages and voltage regulation;
- d) frequency;
- e) transformer ratio;
- f) type of connection of each winding;
- g) general arrangement;
- h) type of cooling (preferably by natural convection);
- i) short circuit voltage.

According to the type and size of the transformer, it may be desirable to monitor:

- i) temperature;
- ii) internal faults (for oil filled units, a gas detector is suggested);
- iii) earth faults.

3.3.9 *Auxiliary equipment*

3.3.9.1 *Circuit-breakers* (reference can be made to IEC 56)

The characteristics which should be studied are as follows:

- a) circuit-breaking capacity (suited to the network short-circuit power);
- b) rated voltage;
- c) rated current;
- d) insulation level;
- e) type of control.

3.3.9.2 *Sectionneurs* (voir la CEI 129)

Les plus importantes caractéristiques sont:

- a) tension assignée;
- b) intensité assignée;
- c) tenue au court-circuit;
- d) niveau d'isolement.

3.3.9.3 *Transformateur de services auxiliaires* (voir Publication 76)

Il est recommandé d'utiliser une puissance conforme aux besoins immédiats, en prévoyant une réserve pour des modifications éventuelles et pour les opérations d'entretien.

3.3.9.4 *Transformateurs de mesure et de protection*

On devra tenir compte des caractéristiques suivantes:

A) *Transformateur de tension*

Utilisé pour le réglage de la tension, pour la mesure et pour la protection (en particulier de fréquence) (voir la CEI 186).

- a) tension assignée;
- b) niveau d'isolement;
- c) rapport de transformation;
- d) nombre d'enroulements;
- e) puissance de précision de chaque enroulement;
- f) classe de précision de chaque enroulement.

B) *Transformateur d'intensité*

Utilisé pour le réglage de la tension, pour la mesure et pour la protection (voir la CEI 185).

- a) tension assignée;
- b) rapport de transformation;
- c) puissance;
- d) classe de précision;
- e) tenue au court-circuit.

3.3.9.5 *Batterie de condensateurs* (voir la CEI 70)

Une telle batterie est recommandée pour les génératrices asynchrones, afin d'améliorer le facteur de puissance ou de permettre l'utilisation en réseau séparé.

Il convient que les dimensions de la batterie tiennent compte du risque d'auto-excitation. Il faut étudier la possibilité de la placer côté haute ou basse tension.

3.3.9.6 *Liaison au réseau*

Ce peut être simplement un sectionneur ou un disjoncteur automatique avec protection.

3.3.9.2 *Isolating (disconnecting) switches* (reference can be made to IEC 129)

The most important characteristics are:

- a) rated voltage;
- b) rated current;
- c) short-circuit capacity;
- d) level of insulation.

3.3.9.3 *Auxiliary service transformer* (reference can be made to IEC 76)

It is advisable to calculate the power demands of the auxiliary services of the plant based on present needs, allowing some margin for future modifications and for maintenance operations.

3.3.9.4 *Measurement and protection transformers*

The following characteristics should be considered:

A) *Voltage transformer*

Used for voltage regulation, measurement and protection (in particular frequency) (reference can be made to IEC 186).

- a) rated voltage;
- b) insulation level;
- c) transformer ratio;
- d) number of windings;
- e) power of each winding;
- f) level of accuracy of each winding.

B) *Current transformer*

Used for current regulation, measurement and protection (reference can be made to IEC 185).

- a) rated voltage;
- b) transformer ratio;
- c) power;
- d) level of accuracy;
- e) short-circuit capacity.

3.3.9.5 *Capacitor bank* (see IEC 70)

Such a capacitor bank is recommended for asynchronous generators to improve the power factor or allow operation on an isolated network.

The dimensions of the bank chosen should take into account the risk of self-excitation. It is necessary to study the possibility of positioning it on the low or high voltage side.

3.3.9.6 *Connection with the network*

This may simply consist of an isolating switch or a circuit breaker with protection.

3.3.9.7 *Comptage*

Il est bon de prévoir un dispositif de comptage de l'énergie, adapté aux différents cas.

3.3.9.8 *Circuit de mise à la terre*

Ce circuit exige un soin spécial et peut avoir des répercussions importantes sur le génie civil dans lequel il est noyé ou auquel il est attaché. Il doit être calculé pour garantir la protection du personnel et de l'équipement contre les surtensions provoquées par les courants de terre de forte intensité.

3.3.9.9 *Alimentation en courant continu*

Des batteries à courant continu et leurs chargeurs doivent généralement être fournies pour alimenter les équipements de commande, d'alarme et de supervision.

3.3.10 *Pièces de rechange et outillages spéciaux*

Il est important de disposer d'un lot de pièces de rechange pour les éléments qui se détériorent le plus facilement à l'usage et pour ceux qui mettent en jeu la sécurité de l'installation. Il faut tenir compte de l'interchangeabilité, de la facilité de remplacement, des délais de livraison et du préjudice de carence.

Les outillages spéciaux pour l'entretien des différents équipements doivent faire partie de la fourniture si on ne peut les trouver dans les circuits commerciaux normaux.

Les pièces de rechange et outils spéciaux doivent être stockés et conservés dans des conditions convenables.

3.3.11 *Manutention*

Des équipements de manutention peuvent être installés provisoirement pour le montage. Ils peuvent aussi demeurer en tout ou partie pour les travaux d'entretien en exploitation. On devra spécifier s'ils font partie de la fourniture.

3.3.12 *Protection contre la corrosion*

En général, pour tous les organes de fermeture, et en particulier pour les batardeaux et les vannes, il faut faire un compromis entre le coût d'un revêtement de protection contre l'oxydation et la corrosion, et la durée de vie des équipements. Si l'économie du projet le permet, il est recommandé de protéger les pièces fixes des vannes ou batardeaux, soit par le choix des matériaux (acier inoxydable, bronze d'aluminium, etc.) ou en utilisant une protection anticorrosive (peinture, anode sacrificielle, etc.) compte tenu de la qualité (physique ou chimique) de l'eau.

3.4 **Garanties**

3.4.1 *Dispositions générales*

Les garanties doivent être très clairement établies avec leur durée et leur contenu, ainsi que les responsabilités encourues dans le cas où elles ne sont pas remplies.

Certaines garanties dépendent du contenu et de la forme du contrat (montage inclus ou non, clef en mains, un ou plusieurs constructeurs, etc.).

3.3.9.7 *Metering*

An energy metering device, suitable for the different cases, should be included.

3.3.9.8 *Earthing circuit*

This circuit requires special attention and can have important repercussions on the civil work in which it is incorporated or to which it is attached. It shall be designed to guarantee the protection of personnel and equipment against overvoltage caused by high earth currents.

3.3.9.9 *D.C. supply*

If required by the plant, d.c. batteries and their chargers shall be provided to supply the control, alarm and supervision equipment.

3.3.10 *Spare parts and special tools*

It is important to have a set of spares for those items which wear or deteriorate quickly and for those which put the safety of the plant at risk. Interchangeability, ease of replacement, delays in delivery and consequences of non-availability have to be taken into consideration.

The special tools necessary for maintaining the various equipment shall form part of the supply if these items cannot be obtained from the normal trade sources.

Both spares and tools have to be properly stored.

3.3.11 *Mechanical handling*

Equipment for handling may be provisionally installed for erection purposes. It may also be retained in total or in part for maintenance during normal operation. It should be specified if this type of equipment is to form part of the equipment supplied.

3.3.12 *Corrosion protection*

In general, for all these devices, and in particular for the stop-logs and gates, there will be a compromise between the cost of a protective anti-oxidation and corrosion-resistant coating and the life of the equipment. If economics allow, the fixed parts of the gates or stop-logs should be protected, using an appropriate material (stainless steel, aluminium bronze) or using an anti-corrosive protection (paints, sacrificial anodic protection, etc.) taking into account the quality (physical and chemical) of the water.

3.4 **Guarantees**

3.4.1 *General*

The guarantees shall be stated very clearly, together with their duration, content and consequences of non-compliance.

Some guarantees depend on the form and content of the contract (erection included or not, "turn-key", one or several suppliers, etc.).

La durée des garanties est d'une année au moins pour l'ensemble des équipements, mais des durées différentes peuvent être spécifiées par l'acquéreur pour certaines parties de la fourniture (par exemple: roue de turbine, roulements à billes, revêtements anti-corrosion, etc.).

Pour les organes soumis à cavitation, les périodes de garantie sont définies en heures de fonctionnement (voir la CEI 609).

Le présent guide couvrant des types de machines très variés, il va de soi que l'énumération ci-après ne prétend pas être exhaustive. Mais, inversement, toutes les garanties citées ne sont pas applicables à tous les contrats. L'acquéreur doit donc examiner quelles garanties sont réellement utiles selon les objectifs de l'aménagement, le type de machine, le service demandé, les conditions d'exploitation et bien d'autres facteurs. Il convient de ne pas perdre de vue que:

- a) les garanties imposées ont souvent une répercussion sur le prix de la fourniture;
- b) il ne servirait à rien d'imposer une garantie qui ne serait pas contrôlable avec suffisamment de précision;
- c) certaines mesures peuvent être, dans certains cas, techniquement difficiles à réaliser et d'un coût prohibitif (par exemple la mesure du débit pour des essais de rendement);
- d) le contrôle de certaines grandeurs n'a parfois pas d'intérêt réel pour l'utilisateur (par exemple le rendement de la turbine lorsque le débit disponible est largement excédentaire par rapport au débit équipé); par contre, la mesure de la puissance et de la chute est relativement facile et intéressante.

Le cahier des charges doit fixer la nature et les modalités des essais qui seront réalisés, leur organisation et leur financement.

Après des réparations notables pendant la période de garantie commence une nouvelle période identique à la précédente, seulement pour l'élément réparé ou remplacé.

Le fournisseur doit garantir, pour l'équipement qu'il a fourni, le fonctionnement correct et le maintien des caractéristiques offertes pendant toute la durée de la garantie, en respectant le contrat, à l'exception d'usure anormale due, par exemple, à des corps solides contenus dans l'eau.

La section 4 donne quelques indications au sujet de la vérification des garanties. Pour les éléments de fabrication normalisée, il sera en général suffisant de demander communication des protocoles d'essai sur modèles ou sur prototypes.

La réparation due à la non-observation de la garantie ou à des défauts de fourniture pendant la période de garantie est à la charge du constructeur sauf dans les cas où le mauvais usage de l'équipement serait démontré.

Si les clauses de garantie ne sont pas satisfaites, le refus de la fourniture correspondante peut être envisagé.

Les garanties qu'il est possible d'exiger font l'objet de 3.4.2 à 3.4.6 ci-après, mais il faut pouvoir les vérifier par des moyens raisonnables.

The guarantee period for the entire equipment is at least one year, but different periods may be specified by the purchaser for certain items of the supply (e.g. turbine runner, roller bearings, anti-corrosion coating, etc.).

Where items are subjected to cavitation, the guarantee period is defined in hours of operation (see IEC 609).

The present guide covers machines of all types, and clearly the following list does not claim to be exhaustive. But, conversely, all the guarantees mentioned are not applicable to all contracts. Thus, the purchaser shall examine those guarantees which are of actual use with respect to the object of the installation, the type of machine, the service required, the operating conditions and many other factors. It should not be overlooked that:

- a) the guarantees imposed are often reflected in the cost of the equipment;
- b) there is no point in imposing a guarantee which cannot be checked with sufficient accuracy;
- c) certain measurements may, in some cases, be technically difficult to carry out and prohibitively expensive to make (for instance, measurement of flow for efficiency tests);
- d) the checking of certain quantities is not always of real use to the end user (e.g. turbine efficiency when the available flow greatly exceeds the usable flow). However, the measurement of power and head is relatively easy and of interest.

The specifications shall state the nature and type of tests that will be carried out, their arrangement and their financing.

If significant repairs are carried out during the guarantee period, a new guarantee period identical to the preceding one will re-commence only on the item repaired or replaced.

The supplier shall guarantee, for the equipment which he has supplied, the correct operation and characteristics during the entire guarantee period in accordance with the contract, with the exception of abnormal wear due, by example, to solid materials in the water.

Section 4 provides information on the verification of guarantees. For those items in the supply which are produced by standard manufacturing processes, it will generally be sufficient to call for test certificates of test pieces or the actual components.

Repairs due to the non-observance of the guarantees or to supply defaults during the guarantee period, will be charged to the supplier's account, except in cases where it can be shown that the equipment has been badly used.

If the guarantee clauses are not satisfied, there may be grounds for rejecting the respective equipment.

The guarantees that can be specified are shown in 3.4.2 to 3.4.6 below, but it is necessary to be able to check them using reasonable means.

3.4.2 *Organes d'obturation du débit*

- a) fonctionnement;
- b) étanchéité (débit de fuite).

3.4.3 *Turbine*

- a) qualité des matériaux;
- b) qualité de l'exécution (respect des règles de l'art dans la construction);
- c) emballement (vitesse, tenue mécanique);
- d) survitesse et surpression;
- e) étanchéité de l'organe de réglage du débit;
- f) cavitation (la quantité de matière érodée par cavitation sur les organes de la turbine peut faire l'objet d'une garantie portant sur une durée de fonctionnement de l'ordre de 8 000 h, mais pas plus longue que deux ans);
- g) puissance ou débit;
- h) rendement;
- i) température des paliers et du pivot (ce dernier peut être rattaché à l'alternateur).

NOTES

- 1 Pour les points c), d), f), g) et h), il convient d'associer une mesure de chute particulière.
- 2 Pour les points f), g) et h), il convient en plus associer une mesure de vitesse dans le cas des génératrices asynchrones.
- 3 Pour le point f), il convient en plus d'associer un niveau d'eau en aval minimal.

3.4.4 *Génératrice*

- a) qualité des matériaux;
- b) qualité de l'exécution (respect des règles de l'art dans la construction);
- c) emballement (vitesse, tenue mécanique et électrique);
- d) réglage de la tension;
- e) échauffement (rotor et stator);
- f) température des paliers;
- g) niveau d'isolement;
- h) puissance;
- i) rendement;
- j) caractéristiques à vide et en court-circuit;
- k) tenue au court-circuit triphasé.

3.4.5 *Régulation*

Les exigences concernant la stabilité de la tension et de la fréquence seront très différentes selon l'exploitation de l'aménagement (fonctionnement en réseau isolé ou raccordement sur un réseau important).

3.4.2 *Discharge closure devices*

- a) operation;
- b) sealing (leakage).

3.4.3 *Turbine*

- a) quality of materials;
- b) quality of manufacture (in accordance with modern practice);
- c) runaway (speed and behaviour);
- d) speed rise and pressure rise;
- e) leakage through the discharge regulating apparatus;
- f) cavitation (the amount of material lost through cavitation pitting on turbine components can form the basis of a guarantee with a guarantee period of the order of 8 000 h of operation, but not longer than two years);
- g) output or discharge;
- h) efficiency;
- i) temperatures of guide and thrust bearings (which may be part of the generator).

NOTES

- 1 For points c), d), f), g) and h) these should be associated with a particular head.
- 2 For points f), g) and h) these should be associated with a rotational speed measurement in the case of asynchronous generators.
- 3 For point f) this should be associated with minimum TWL.

3.4.4 *Generator*

- a) quality of materials;
- b) quality of manufacture (in accordance with modern practice);
- c) runaway (speed and behaviour);
- d) voltage regulation;
- e) temperature rise (rotor and stator);
- f) bearing temperatures;
- g) insulation level;
- h) output;
- i) efficiency;
- j) no-load and short-circuit characteristics;
- k) ability to withstand a three-phase short-circuit.

3.4.5 *Governor*

The requirements concerning the stability of the voltage and frequency will be very different depending on the operation of the installation (operating on an isolated network or in parallel with a large grid).

Les garanties porteront sur:

- a) stabilité du régulateur;
- b) sensibilité du réglage (variation minimale de vitesse provoquant une action correctrice);
- c) échauffement des huiles de régulation;
- d) réponse aux perturbations du réseau.

3.4.6 *Multiplicateur de vitesse*

- a) qualité des matériaux;
- b) qualité de l'exécution (respect des règles de l'art dans la fabrication);
- c) piqure des dents;
- d) puissance;
- e) rendement;
- f) échauffement;
- g) durée de vie des roulements.

3.4.7 *Commentaires s'appliquant à l'ensemble du groupe*

A) Les garanties de puissance et de rendement pourront porter sur l'ensemble du groupe (turbine + alternateur ou génératrice + éventuellement multiplicateur), ou individuellement sur chacun des éléments cités. Dans ce dernier cas, le contrat devra définir avec précision quelle part des pertes mécaniques dans les organes auxiliaires (paliers, pivot ou butée) est imputable à la turbine ou à l'alternateur ou au multiplicateur.

B) Le contrat doit fixer clairement les conditions dans lesquelles les garanties de surpression – survitesse – emballement sont valables (par exemple alternateur sans charge non excité, turbine déconjuguée, etc.).

C) A la fin de la période de garantie, les différents organes du groupe ne doivent pas présenter de défauts ayant évolué en fissures de fatigue.

3.4.8 *Transformateur principal*

- a) rapport de transformation aux différentes prises;
- b) pertes;
- c) niveau d'isolement;
- d) tension de court-circuit;
- e) échauffement.

3.5 **Conditions générales pour l'appel d'offres et la comparaison des offres**

Le but fondamental de l'appel d'offres est de préciser clairement aux fournisseurs les objectifs (ce qu'il faut faire) et non pas les solutions (comment il faut faire), afin de tenir compte de leur expérience. C'est pourquoi la façon d'établir les «lots» commercialement possibles est très importante. Il faut en effet s'adapter le mieux possible aux compétences techniques des fournisseurs.

The guarantees will cover:

- a) governing stability;
- b) governor sensitivity (minimum speed variation causing corrective action);
- c) heating of the governor oils;
- d) response to disturbances in the grid.

3.4.6 *Speed increaser*

- a) quality of materials;
- b) quality of manufacture (in accordance with modern practice);
- c) gear tooth pitting;
- d) output;
- e) efficiency;
- f) heating;
- g) bearing life expectancy.

3.4.7 *Comments concerning the complete generating set*

A) The output and efficiency guarantees may apply to the entire generating set (turbine plus generator plus speed increaser, if any) or individually to the above-quoted elements, if any. For the latter, the contract must accurately specify what proportion of the losses of the auxiliary items (guide and thrust bearings) is to be debited to the turbine or generator or speed increaser.

B) The contract shall clearly state the conditions in which the overspeed, pressure rise, runaway guarantees are valid (e.g. generator with no load or excitation, turbine off-cam conditions, etc.).

C) At the end of the guarantee period, the various components of the equipment should not show defects which have developed into fatigue cracks.

3.4.8 *Main transformer*

- a) transformer ratio at the different tapings;
- b) losses;
- c) insulation level;
- d) short-circuit voltage;
- e) temperature rise.

3.5 **General conditions for tender enquiries and comparison of tenders**

The fundamental basis of the tender enquiry is to specify clearly to the supplier the objectives (what he has to do) and not the solutions (how he has to do it), so as to take into account his experience. This is why it is very important to establish commercially feasible packages. It is necessary to adapt as far as possible to the technical competence of the suppliers.

Il est recommandé de ne jamais perdre de vue l'importance de l'aménagement de façon à ne pas imposer des exigences trop élevées. En effet, l'appel d'offres doit rester à l'échelle des petites centrales pour éviter le danger de transposer à celles-ci les exigences des grandes machines, ce qui aurait comme résultat une augmentation excessive des coûts.

3.5.1 *Instructions aux soumissionnaires*

Il convient d'indiquer clairement la date limite de présentation, la forme et le contenu des offres afin de faciliter leur compréhension et leur comparaison ultérieure. Le soumissionnaire doit savoir s'il peut ou non proposer des variantes, et dans quelles conditions.

Il est conseillé d'établir un tableau où figureront toutes les données techniques que le fournisseur doit apporter et suivre au cours de la réalisation du contrat. Certaines de ces données peuvent être indiquées au moment des offres et le tableau facilitera alors la comparaison de celles-ci. Le tableau sera ensuite complété par le fournisseur choisi et remis à l'acquéreur, par exemple au moment de l'achèvement des études. Ce tableau peut s'intituler «fiches techniques».

3.5.2 *Conditions générales du contrat*

Il faut également définir les relations entre l'acquéreur et les différents fournisseurs, ainsi que les normes et règlements applicables dans chaque cas.

3.5.3 *Comparaison technique des offres*

Une fois réalisée la formalité de l'ouverture des plis, en présence ou non des soumissionnaires, commence l'examen comparatif des offres.

La procédure à suivre peut être la suivante:

a) Comparaison technique la plus complète possible, en obtenant le maximum d'informations utiles et de références connues sur des machines ou des modèles semblables. Les soumissionnaires feront part de leur expérience au sujet de ces équipements.

Le tableau 2 indique les principaux éléments sur lesquels doit porter cette comparaison. Lorsque c'est possible, ces éléments peuvent également être chiffrés à partir de critères d'évaluation connus. Les offres peuvent alors être harmonisées et rendues comparables sur le plan économique.

b) Vérification de l'adaptation des offres aux caractéristiques de fonctionnement requises par l'aménagement ou par l'acquéreur (production, qualité de réglage, etc.).

c) Etude des implications techniques de l'offre sur les éléments qui ne font pas partie de la fourniture, et notamment sur le génie civil.

d) Analyse de la qualité des fournitures, des caractéristiques techniques, des performances, du programme de livraison et de construction.

Les éléments de comparaison technique seront aussi examinés avec leurs implications économiques, simplement évoquées en a) et qui ne font pas partie de l'objet de ce guide.

The size of the installation should never be overlooked so as not to impose too many requirements. The tender enquiry must remain at a level appropriate to small installations so as to avoid the danger of calling for the same requirements as for large machine installations, which results in an unbearable increase in cost.

3.5.1 *Instructions to tenderers*

It is advisable to state clearly the closing date the form and the content of the tenders to facilitate their comprehension and comparison. The tenderer has to know whether or not he is allowed to offer alternatives, and in what conditions.

It is advisable to provide a table with all the technical information that the supplier has to produce and adhere to during the execution of the contract. Some of the information can be supplied at the time of tendering, and the table will assist in comparing it. The table will be completed thereafter by the chosen supplier and handed over to the purchaser when the study is completed, for example. The table can be headed "technical schedules".

3.5.2 *General conditions of contract*

It is necessary to specify the relationship between the purchaser and the various suppliers, as well as the applicable standards and codes.

3.5.3 *Technical comparison of tenders*

Once the formality of opening the bids is completed, whether in the presence of the tenderers or not, the comparison of tenders begins.

The procedure may be as follows:

a) Comparing the technical tenders as comprehensively as possible, obtaining the maximum amount of useful information with reference to prototypes or similar scale models. Bidders should be required to give reference to previous experience with such equipment.

Table 2 shows the principal items on which comparisons should be based. Wherever possible, the items can be evaluated numerically from known evaluation criteria. The tenders can then be compared on an economic basis.

b) Verifying the suitability of the offers with respect to the operational characteristics required from the plant or by the purchaser (output, quality of regulation, etc.)

c) Studying the technical implications of the offer with respect to the items which do not form part of that particular extent of supply, in particular the civil work.

d) Analyzing the quality of the supply, technical characteristics, performance, construction and delivery schedule.

The items of technical comparison will also be examined with respect to their economic implications, mentioned superficially in a) and which do not form a part of the objectives of this guide.

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

Voir la CEI 545.

Cette section donne des conseils pour le suivi d'exécution et la réception des équipements. Elle donne également quelques avis fondés sur l'expérience, qui devraient permettre d'aider l'acquéreur dans sa tâche. Il convient de se limiter aux contrôles strictement nécessaires et en rapport avec la taille du projet.

4.1 Approbation du projet et contrôle de l'ouvrage

4.1.1 *Approbation des documents de projet*

Le fournisseur doit soumettre les documents suivants à l'acquéreur:

- dessins d'implantation de l'équipement;
- dessins de fondation avec indication des descentes de charge;
- coupe des groupes;
- schémas des circuits électriques, d'huile et d'eau;
- schéma de la régulation;
- liste des instruments électriques.

Le type et le nombre de documents de projet à soumettre par le fournisseur à l'acquéreur, ainsi que leur délai de soumission, doivent être clairement indiqués dans le contrat. Il faut noter qu'un retard dans l'approbation des documents de projet peut entraîner un retard dans la livraison de l'équipement.

4.1.2 *Contrôle des matières et des sous-ensembles*

Le fournisseur doit fournir à l'acquéreur des procès-verbaux donnant les résultats de contrôles de qualité – quand ils sont à la fois réalisables et nécessaires – pour les pièces et matériaux suivants: roues, arbres, pièces de fonderie, tôles, engrenages et rotor de la génératrice.

Des essais non destructifs peuvent être spécifiés (avant livraison) sur des éléments importants.

Prévoir, si cela est possible et utile, un essai en surpression pour les bâches spirales et les corps de vanne cylindriques ou sphériques.

Il convient que l'étanchéité de ces mêmes vannes fasse aussi l'objet d'essais chez le constructeur.

4.1.3 *Inspection en usine*

La qualité d'exécution en usine relève du fournisseur ou de ses sous-traitants qui doivent respecter les règles de l'art.

SECTION 4 – INSPECTION, DELIVERY, OPERATION AND MAINTENANCE

See IEC 545.

This section gives advice on the inspection and acceptance of designs and equipment. It also provides advice based on experience which should assist the purchaser in this task. The level of inspection should be limited to that which is strictly necessary and in line with the size of the project.

4.1 Approval of the design and inspection of the work

4.1.1 *Approval of design documents*

The supplier shall submit the following documents to the purchaser:

- arrangement drawings;
- foundation plans with indication of transmitted loads;
- section through unit;
- diagrams of electric, oil and water circuits;
- diagram of the control system;
- list of electrical instruments.

The exact type and number of design documents required to be submitted by the supplier to the purchaser, as well as their submission date, shall be clearly stated in the contract. It is important to note that delay in the approval of design documents may cause delay in the delivery of the equipment.

4.1.2 *Inspection of materials and sub-assemblies*

The contractor shall supply the purchaser with certificates showing the quality control, where these are both available and necessary, for the following items: runner, shafts, castings, plates, gears and generator rotor.

Non-destructive testing may be specifically requested (prior to delivery) on key components.

Specify an overpressure test on the spiral casing and the valve bodies if it is practical or possible to do so.

The watertightness of these valves should also be tested in the factory.

4.1.3 *Inspection at manufacturer's works*

The quality of manufacture in the works is the responsibility of the supplier or his sub-contractors who are required to work in accordance with current standards and practice.

Le client pourra toutefois exiger:

- a) les plans de montage;
- b) les plans des organes principaux, comportant les tolérances de fonctionnement;
- c) les procès-verbaux de qualification des soudeurs employés;
- d) l'assistance à tous essais mentionnés en 4.1.2 et à des montages en usine;
- e) le programme d'essais.

4.1.4 *Livraison*

Il est recommandé que l'adjudicataire soit renseigné sur les points suivants qui concernent la livraison du matériel, pour pouvoir en tenir compte:

- a) limites de masse et de dimension, possibilités de transport jusqu'au site (route, rail, eau, etc.);
- b) qualité de l'emballage;
- c) possibilités de manutention dans les ports et au chantier;
- d) conditions de stockage normal et de stockage prolongé éventuel;
- e) huile de premier remplissage (en cas de fourniture locale, compatibilité avec les prescriptions du constructeur).

4.1.5 *Montage sur le site*

4.1.5.1 *Conditions initiales*

En général au moment du contrat, et en tout cas avant le début du montage, les modes de montage suivants auront été examinés soigneusement par l'acquéreur et l'adjudicataire:

- a) avec la main-d'oeuvre du fournisseur;
- b) avec la main-d'oeuvre locale supervisée par le fournisseur;
- c) prêt à monter (en «kit»), sous la responsabilité de l'acquéreur.

Il convient de prêter attention aux problèmes de sécurité, logement, nourriture, transport, langue, autorisation de travail, soins médicaux, assurance, téléphone, télex et impôts, qui sortent du cadre de ce guide.

4.1.5.2 *Suivi du montage sur le site*

Quelles que soient les conditions de montage envisagées, il est recommandé qu'un agent de l'acquéreur, choisi de préférence parmi les futurs employés d'exploitation, suive les phases de montage d'équipement. Pour chaque type d'équipement, il établira un «Cahier de Montage» où figureront:

- a) les phases principales et les détails de montage d'importance particulière;
- b) toutes modifications éventuelles intervenues sur le site;
- c) tous réglages intervenus en cours de montage;
- d) tous faits marquants que l'acquéreur doit normalement connaître.

The client may require:

- a) assembly drawings;
- b) major component drawings showing operating tolerances;
- c) certificates of competence for the welders employed;
- d) witnessing of any test required under 4.1.2 and shop assemblies;
- e) the test programme.

4.1.4 *Delivery*

The contractor should be advised on the following points which apply to the delivery of the equipment so that they can be taken into account:

- a) limitations of weight and dimensions and available transport to the site (road, rail, water, etc.);
- b) quality of the packing;
- c) handling facilities at the ports and on site;
- d) normal storage conditions, and conditions of possible long-term storage;
- e) oil required for first filling (where supplied locally, compatibility with the supplier's specification).

4.1.5 *Assembly at site*

4.1.5.1 *Initial conditions*

Generally, at the time the contract is signed, and in any event, prior to the start of assembly, the following types of assembly and erection procedure will have been carefully examined by both purchaser and contractor:

- a) with the supplier's labour force;
- b) with the local labour force supervised by the supplier;
- c) in kit form, under the responsibility of the purchaser.

It will be necessary to take into account the problems of safety, board and lodging, transport, language, work permits, medical facilities, insurance, telephone, telex and taxes, which are outside the framework of this guide.

4.1.5.2 *Follow-up of site erection*

Irrespective of the proposed methods of assembly, it is recommended that an agent of the purchaser, preferably chosen from one of the future employees concerned with the installation, should follow the assembly phases of the equipment. For each type of equipment, he should keep a log-book in which the following information should be noted:

- a) the principal phases and important details of assembly;
- b) any possible modifications which may be required on site;
- c) any adjustments required during assembly;
- d) any important facts of which the purchaser should be aware.

4.1.5.3 *Installation et vérification du chantier*

Avant le début des montages électromécaniques, il sera procédé à une vérification du chantier – acquéreur (et le cas échéant son ingénieur-conseil) – génie civil – fournisseur de l'équipement – pour vérifier les conditions requises pour l'équipement électromécanique (références d'implantation, pièces scellées, trous de scellement, etc.).

Il est nécessaire de considérer les besoins du chantier en eau, électricité, air comprimé, engins de manutention gros et petits, bâtiments provisoires (bureaux, ateliers, magasins, etc.).

4.1.5.4 *Planification du montage*

La planification du montage doit faire l'objet d'une concertation entre toutes les parties concernées (client, éventuellement ingénieur-conseil, ingénieur en génie civil, fournisseurs d'équipement électromécanique, d'appareillage électrique, etc.).

Il convient que les montages mécaniques et électriques qui sont essentiels au fonctionnement du groupe pendant les périodes de construction où le génie civil peut produire de la poussière, etc.

4.2 *Mise en service*

A ce stade des travaux, il est nécessaire de disposer des notices de mise en service comportant les schémas et toutes indications utiles fournies par l'adjudicataire.

Le matériel d'essais doit également être disponible. Les notices des composants de commande-contrôle doivent également être fournies.

4.2.1 *Vérifications préalables à la mise en eau*

Les opérations suivantes doivent être effectuées en commun par l'acquéreur et le fournisseur avant la mise en eau des ouvrages:

- a) vérification précise de l'ensemble des conduits hydrauliques et enlèvement de tous les corps étrangers. Vérification des sections de mesures éventuelles;
- b) vérification de l'alimentation en énergie électrique (courant alternatif ou continu);
- c) vérification des pleins d'huile et de graisse;
- d) contrôle du bon fonctionnement des organes de coupure et de réglage du débit;
- e) contrôle du bon fonctionnement de tous les circuits de graissage et d'huile;
- f) vérification des circuits d'eau de réfrigération, de vidange et d'exhaure;
- g) vérification des séquences de démarrage et d'arrêt, manuelles et automatiques (incluant l'éventuel système de freinage);
- h) contrôle du bon fonctionnement des dispositifs de sécurité;
- i) vérification du blocage convenable de tous les trous d'homme;
- j) essai de pression du système d'huile du régulateur et de sa tuyauterie;
- k) essai de rotation pour contrôle des jeux;
- l) essai des commandes électriques et des circuits de protection.

4.1.5.3 *Setting up and checking of the site*

Before the start of the assembly of the electromechanical parts, a check of the site will be carried out by the purchaser, and/or his consultant, the civil contractor and the equipment contractor to verify the requirements of the electromechanical assemblies (dimensional references, embedded parts, location holes for embedding, etc.).

It is also necessary to consider the requirements of the site for water, electricity, compressed air, handling equipment for large and small items, temporary buildings (offices, workshops, stores).

4.1.5.4 *Erection schedule*

The erection schedule should be agreed between all the relevant parties (the client, consultant if any, civil engineers, mechanical and electrical equipment suppliers, etc.).

Mechanical and electrical assembly, which are vital to the successful running of the unit, should be avoided during periods when the civil contractor may, through his operations, generate quantities of dust particles, etc.

4.2 **Commissioning**

At this stage, it is necessary to have the operation manuals including the relevant drawings and all other information supplied by the contractor.

Test equipment shall also be available. The descriptions of the regulating and control equipment shall also be provided.

4.2.1 *Preliminary checks before watering-up*

The following stages are to be carried out jointly by the purchaser and the supplier before watering-up the system:

- a) a careful check of the water passages with removal of any debris or foreign matter. A dimensional check of measurement sections, if any.
- b) check the electrical energy supply (a.c. or d.c.);
- c) check that all oil and grease are topped up;
- d) check that the devices for regulating and shutting off the flow are operating correctly;
- e) check the correct operation of all the grease and oil circuits;
- f) check the cooling water circuits, drainage circuits, and de-watering circuits;
- g) check the starting and stopping sequences, both manually and automatically (including the brake system, if any);
- h) check the satisfactory operation of safety devices;
- i) check that all manholes have been correctly secured;
- j) pressure test on governor oil system and auxiliary piping system;
- k) rotational test for checking clearances;
- l) check of electrical control and protection circuits.

4.2.2 *Mise en eau*

Les vérifications prévues en 4.2.1 ayant été effectuées, les ouvrages sont mis en eau sans entraîner, si cela est possible, la mise en rotation de la machine. Si ce n'est pas possible, on réglera le débit de façon à se placer dans les conditions de 4.2.3.

On vérifiera alors que la mise en pression n'entraîne ni fuites anormales (joints statiques et dynamiques) ni déformations visibles. Le remplissage doit être effectué lentement, par «by-pass» ou par ouverture partielle d'une vanne ou d'un batardeau, en commande manuelle de préférence.

La manoeuvre des différents ouvrages de coupure et réglage du débit, déjà effectuée à blanc selon 4.2.1, sera reprise en eau morte, si elle n'entraîne pas la rotation de la machine.

On procédera alors à une première vérification des temps de chaque type de manoeuvre.

4.2.3 *Rotation du groupe*

On empêchera le groupe de tourner sous le débit de fuites.

4.2.3.1 *Vitesse réduite*

Il est recommandé d'effectuer les premiers tours de roue à une vitesse inférieure à celle du synchronisme. On observera:

- a) les bruits ou vibrations de la turbine et du générateur, de la vanne, de l'aspirateur;
- b) les températures, pressions, débits, présence d'eau dans les circuits d'huile;
- c) les températures des circuits de réfrigération des paliers.

D'une façon générale, on notera les indications de toutes les sondes ou appareils de mesure fournis avec le groupe. Il convient que cet essai à basse vitesse ne soit pas trop long.

4.2.3.2 *Vitesse assignée*

Les contrôles en 4.2.3.1 sont à reconduire dès la stabilisation des températures, mais cette fois à la vitesse assignée.

4.2.3.3 *Survitesse*

En augmentant la vitesse pour contrôle normal du débit, on vérifiera le fonctionnement du ou des détecteurs de survitesse. Réétalonner les détecteurs si nécessaire.

Un essai d'emballlement peut être effectué, pendant un temps spécifié au contrat, notamment dans les cas des machines à emballlement permanent garanti.

4.2.2 *Watering-up*

Having carried out the checks detailed in 4.2.1 the watering-up may now take place without, if at all possible, rotating the machine. If this is not possible, the flow must be controlled so as to comply with the conditions of 4.2.3.

A check is then made to ensure that the water pressure does not cause abnormal leakage (static and dynamic seals) nor visible deformation. The watering-up should be carried out slowly, either by using a by-pass or by partial opening of the valve or gate, and preferably by manual operation.

The operation of the various flow governing and shut-down systems, already carried out in 4.2.1 will again be repeated with static water, so long as this does not involve rotation of the machine.

A preliminary check will then be carried out to determine the time required to carry out each type of operation.

4.2.3 *Unit rotation*

Provision shall be made to prevent the unit from rotating under the leakage flow.

4.2.3.1 *Low speed run*

It is advisable to rotate the runner first at a speed below synchronous speed. The following should be observed:

- a) noise or vibrations from the turbine and generator, valves, draft tube;
- b) temperatures, pressures, rates of flow, and presence of water in the oil circuits;
- c) temperature of the cooling circuits of the main bearings.

In general, the measurements of all the instruments and measuring equipment supplied with the unit should be noted. This low speed run should not be too long.

4.2.3.2 *Rated speed*

Once the temperatures have stabilized, the procedures indicated in 4.2.3.1 are to be carried out again but this time at the rated speed.

4.2.3.3 *Overspeed*

Increasing the speed by manual control of the flow, a check will be carried out on the functioning of the overspeed devices. Re-calibrate these if necessary.

A test at runaway speed may be carried out, for an agreed length of time specified in the contract, particularly in the case of machines designed for continuous runaway guaranteed operation.

4.2.4 Contrôles préalables et essais électriques en charge

Si les essais mécaniques ont donné des résultats satisfaisants, on procédera:

- a) au contrôle du branchement correct des phases;
- b) à la mise en oeuvre de l'excitation et du régulateur de tension, avec vérification des caractéristiques de la génératrice;
- c) au contrôle à vide du régulateur de vitesse;
- d) au contrôle à vide du système de commande automatique;
- e) au couplage sur le réseau (ou sur résistance fournie par l'acquéreur ou par le fournisseur);
- f) à des essais de déclenchement à $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ et charge maximale avec retour en marche à vide et aussi à des déclenchements entraînant un arrêt d'urgence. De plus, il faut faire une mesure de surpression, survitesse et surtension au cours de tous ces essais;
- g) à des essais de fonctionnement en réseau isolé;
- h) à des essais de longue durée aux différentes charges partielles;
- i) à la vérification de la puissance du groupe (garantie) en fonction des conditions hydrauliques du moment.

Pendant ces essais, tous les paramètres de fonctionnement des matériels seront observés (et notamment la stabilisation des températures). Les réglages nécessaires au respect du compromis survitesse-surpression spécifié seront effectués.

4.3 Exploitation

4.3.1 Période probatoire

Le matériel doit fonctionner, exploité par le constructeur de l'équipement sur programme de l'acquéreur, pendant une période à définir au contrat, sans défaillance durable non réparable immédiatement. Un temps suffisant est alloué au constructeur de l'équipement pour effectuer tous les réglages nécessaires.

Si les conditions hydrauliques et électriques le permettent, l'acquéreur peut exiger au cours de cette période une marche en service continu sans aucune interruption pendant un temps à définir (généralement de l'ordre d'un mois).

A la fin de cette période probatoire, si les exigences précédentes ont été observées, le transfert de propriété peut être prononcé. L'acquéreur devient alors responsable de l'exploitation des installations. Il a en principe été formé par l'adjudicataire pendant la période probatoire (voir article 4.4). Le procès-verbal de transfert de propriété (réception provisoire) marque le début de la période de garantie. Si des vérifications des valeurs garanties au contrat (voir 4.3.2) sont prévues et si, comme c'est généralement le cas pour des raisons hydrauliques, elles n'ont pu être effectuées avant la fin de la période probatoire, le procès-verbal de transfert de propriété doit être assorti d'une clause de sauvegarde préservant le droit de l'acquéreur au respect des garanties, voire au refus de l'équipement, tout en tenant compte des intérêts du fournisseur.

4.2.4 Preliminary checks and electrical load tests

If the mechanical tests have produced satisfactory performance, proceed then to:

- a) check the correct phase wiring;
- b) operate the excitation and voltage regulation, with a check of the generator and system characteristics;
- c) a no-load check of the speed regulation;
- d) a no-load check of the automatic control system;
- e) synchronizing on to the system (or a resistance supplied by the purchaser or supplier);
- f) load rejection tests at $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ and maximum load, returning to no-load conditions as well as tripping causing an emergency shut-down. In all these tests, the pressure speed and voltage rise shall be measured;
- g) tests while operating on an isolated load;
- h) long-term tests at various part loads;
- i) a check of the output of the generating unit (guaranteed) according to the available hydraulic conditions.

During these trials, all the working parameters of the equipment will be noted (and particularly the stabilization of temperatures). Any necessary adjustments to achieve the specified speed and corresponding pressure rise will be carried out.

4.3 Operation

4.3.1 Probationary period

The equipment shall operate under the control of the equipment contractor in accordance with the purchaser's programme for a period to be defined in the contract, without any long-term failure which cannot be repaired immediately. A reasonable period of time is to be granted to the equipment contractor to make any necessary adjustments.

If the hydraulic and electrical circumstances allow, the purchaser may request, during the course of this probationary period, an uninterrupted service for a period to be specified (generally of the order of one month).

At the end of this probationary period, if the preceding requirements have been satisfied, the handing over of the equipment may be declared and the purchaser then becomes responsible for the running of the installed equipment. The purchaser has effectively been trained by the contractor during the probationary period (see clause 4.4). The take-over certificate (provisional acceptance) indicates the beginning of the guarantee period. If further proof of the guaranteed performance specified in the contract (see 4.3.2) is foreseen, and if, as is frequently the case for hydraulic reasons, these have not been checked before the end of the probationary period the take-over certificate shall be qualified by a clause securing the purchaser's rights with respect to the performance guarantees even to the extent of refusing to accept the equipment, whilst at the same time taking into account the interests of the contractor.

4.3.2 Période de garantie

4.3.2.1 Contrôle des garanties techniques - Essais de réception

La section 3 donne la liste des grandeurs ou facteurs pour lesquels il est possible de demander une garantie au constructeur de l'équipement.

4.3.2.1.1 Essais de réception

Certaines de ces garanties, si le contrat prévoit leur vérification (puissance, rendement, paramètres de régulation, fuites, etc.), doivent faire l'objet d'essais de réception dans un délai suffisamment court pour ne pas permettre une éventuelle dégradation des divers organes (habituellement dans les six mois après le transfert de propriété).

A) Performances de la turbine

Le contrôle des performances (puissance et rendement) peut s'envisager de diverses façons:

- a) soit par des essais en laboratoire d'un modèle réduit de la turbine. Là encore, le coût de réalisation d'un modèle en parfaite similitude et d'exécution des essais peut être prohibitif pour des petits aménagements. Cependant, dans le cas de turbines normalisées, les essais sur le modèle de la turbine sont le meilleur moyen d'évaluer les rendements garantis puisqu'un modèle est suffisant pour vérifier toutes les machines industrielles obtenues par similitude. Le fournisseur doit justifier les caractéristiques prototypes qu'il dériverait d'essais sur un modèle non homologué;
- b) soit par des essais «in situ». La mesure de certaines grandeurs, notamment du débit, peut dans certains types d'aménagement être très difficile à effectuer avec la précision requise pour la vérification des garanties et sans engager des dépenses incompatibles avec l'objectif recherché;
- c) ou, lorsqu'il s'agit d'une machine normalisée comme certains constructeurs en produisent, sur présentation des résultats d'essais d'une machine type, éventuellement obtenus par un organisme neutre et indépendant;
- d) soit par des essais de la machine en laboratoire éventuellement sous chute réduite, avant son installation sur le site.

Il faut cependant souligner que dans les cas c) et d) et parfois dans le cas a), les résultats avancés peuvent correspondre à des conditions d'installation optimales et que les conditions locales d'alimentation en eau peuvent influencer notablement sur les performances de la turbine.

En ce qui concerne les méthodes de mesure, on pourra consulter la CEI 41 et la CEI 193; mais on ne perdra pas de vue que ces codes ont été rédigés pour des machines de grandes dimensions et que leurs exigences doivent être adaptées aux circonstances et au climat de fonctionnement des petits aménagements. Dans cet esprit, on utilise fréquemment les essais par indices pour la mesure des débits et rendements relatifs.

Lorsque des essais sur place sont envisagés, il est impératif, dès la conception des ouvrages, de prévoir les dispositions nécessaires à la mesure du débit et de la hauteur de chute nette.

B) Performance de la régulation

Pour la vérification des performances de la régulation, on pourra consulter la CEI 308; mais, généralement, il suffira de vérifier que le régulateur rend bien le service demandé en ce qui concerne le comportement sur le réseau (isolé ou non) et son comportement pendant les déclenchements.

4.3.2 *Guarantee period*

4.3.2.1 *Checking of technical guarantees - Acceptance tests*

Section 3 gives a list of the values or factors for which it is possible to ask for a guarantee from the equipment contractor.

4.3.2.1.1 *Acceptance tests*

Some of these guarantees, if the contract requires proof of performance (power output, efficiency, governing parameters, leakages, etc.) shall be subject to acceptance trials within a sufficiently short period so as to avoid any possible effects of wear on the various components (usually within six months of take-over of the equipment).

A) Turbine performance

The check on performance (output and efficiency) may be undertaken in different ways as follows:

- a) laboratory tests on a scale model of the turbine. The cost of manufacturing a scale model and the execution of the tests could be prohibitive for small installations. However, in the case of standardized turbines, laboratory tests on a turbine model are the best means to verify efficiency guarantees since one model is sufficient to test all the industrial machines obtained from it by similitude. When using a non-homologous model test, the supplier shall justify the expected prototype characteristic performances derived from it;
- b) site tests. The measurement of certain factors, notably the discharge, may in certain types of equipment prove difficult to measure with the degree of accuracy necessary to check the guarantee without incurring expenses which are not compatible with the desired objective;
- c) where an "off-the-shelf" machine is concerned, as manufactured by certain contractors, the test results of a similar machine eventually obtained by an independent third party may be satisfactory;
- d) or by laboratory tests of the machine, possibly with reduced head before installation on the site.

It should be stressed, however, that in cases c) and d) and sometimes in case a) the laboratory test results may have arisen from optimum conditions and that the local inflow conditions may have a substantial influence on the performance of the turbine.

With reference to the methods employed for measuring the parameters, IEC 41 and IEC 193 may be consulted, but it must not be overlooked that these codes were drawn up for large machines and that their requirements have to be adapted to the circumstances and operating climate of smaller installations. For example, index tests can be used for relative flow and relative efficiency measurements.

If tests on the installation are envisaged, it is essential right from the conception of the plant to make provision for the measurement of the head and flow.

B) Governing performance

In order to check the performance of the governor, IEC 308 may be consulted, but generally it is sufficient to verify that the governor functions as specified as regards its behaviour with the grid (whether isolated or not) and its behaviour during load rejections.

C) *Régimes transitoires (voir la CEI 41)*

- a) Pour faciliter le contrôle des garanties, il peut être intéressant d'enregistrer les valeurs de surpression et de survitesse, si la taille du groupe et les conditions hydrauliques l'exigent.
- b) L'observation de l'indicateur de vitesse du tableau doit suffire pour vérifier la vitesse d'emballlement garantie.
- c) Pendant les essais d'emballlement, une surveillance visuelle complète sera assurée.

Les essais d'emballlement peuvent être effectués «in situ» dans les conditions réelles; ils peuvent aussi être réalisés sur la plate-forme d'essais par entraînement à la vitesse prévue. S'il s'agit d'une fabrication normalisée, le protocole d'essai du prototype de la série peut être accepté.

D) *Caractéristiques électriques du générateur*

On peut se référer aux CEI 34-1 et CEI 34-2 qui donnent des indications sur la façon de procéder aux essais de contrôle des caractéristiques électriques du générateur.

E) *Comportement mécanique du groupe*

Au cas où l'acquéreur souhaiterait imposer des garanties de bruit et de vibrations, il doit savoir qu'il est difficile d'exécuter et surtout d'interpréter des mesures de ces phénomènes, même en se référant aux différentes normes en vigueur.

4.3.2.1.2 *Vérification des garanties mécaniques*

D'autres garanties (cavitation, usure des labyrinthes, état des revêtements anti-corrosion) liées par nature à une dégradation sont à vérifier en cours ou en fin du délai de garantie correspondant. Les représentants du constructeur sont invités à ces inspections.

A) *Erosion de cavitation*

Pour la fixation et les méthodes de contrôle de cette garantie, on pourra se référer à la CEI 609.

Le critère du volume est le plus sûr.

Il est nécessaire de pouvoir s'assurer:

- a) que pendant la durée de garantie, la turbine n'a pas fonctionné en dehors du domaine de puissance, de hauteur de chute nette et de charge en aval négative ou positive défini dans le contrat. Pour cela, il est essentiel de tenir soigneusement le journal d'exploitation du groupe;
- b) que l'érosion éventuellement constatée est bien due à la cavitation et non à l'abrasion ou à la corrosion imputables à la teneur de l'eau en matériaux et en éléments chimiques agressifs.

B) *Usure des labyrinthes*

Dans la mesure du possible, les machines seront munies d'orifices permettant un contrôle facile du jeu, donc de l'usure des labyrinthes, sans démontage.

C) *Transient conditions* (reference can be made to IEC 41)

- a) In order to check the guarantees it is useful to record pressure rises and speed rises, if the size of the unit and the hydraulic conditions require it.
- b) Reading the speed indicator should be sufficient to check the speed rise of the guaranteed runaway speed.
- c) During runaway tests, a comprehensive visual check should be carried out.

Runaway tests can be carried out on site under the prevailing conditions; they can alternatively be carried out in a test rig driven at the calculated runaway speed. In the case of "off-the-shelf" machines, the test certificates of the prototype may be sufficient.

D) *Electrical characteristics of the generator*

Reference can be made to IEC Publications 34-1 and 34-2 which show how to carry out the tests for verifying the electrical characteristics of the generator.

E) *Mechanical behaviour of the generating set*

In the case where the purchaser chooses to impose guarantees on noise and vibrations, it must be noted that it is difficult to check these and above all interpret the measurements of such phenomena, even when reference is made to the different standards which are applicable.

4.3.2.1.2 *Verification of mechanical guarantees*

Other guarantees (cavitation, seal wear, condition of anti-corrosion coatings), which by their nature are function of time are to be verified during or at the end of the period of the corresponding guarantee. The supplier's representatives are invited to these guarantee inspections.

A) *Cavitation pitting*

For determining this phenomenon, and the methods of checking this guarantee, reference should be made to IEC 609.

The volume criterion is the most satisfactory.

It is necessary to be able to check:

- a) that during the guarantee period, the turbine is not operated outside its range of output, net head and negative or positive suction head as specified in the contract. For this purpose, it is essential to keep accurate records of the unit's operation;
- b) that any possible erosion observed is caused by cavitation and not by abrasion or corrosion from solid matter in the water and aggressive chemicals.

B) *Seal water*

Where possible, the machines will be provided with permanent access points to check the clearances and thus the wear on the seals without having to dismantle the equipment.

C) Aspect et tenue des revêtements

Les revêtements internes et éventuellement externes feront l'objet d'un contrôle visuel d'aspect et de continuité. Leur tenue pendant une période supérieure à un an (spécifiée au contrat) peut faire l'objet d'une garantie. Elle pourra alors être vérifiée par examen visuel (aspect général, rugosité, etc.), ou par comparaison avec des clichés de référence. On peut également procéder à des mesures d'épaisseur et d'adhérence.

4.3.2.2 Surveillance des paramètres caractéristiques

Pendant la période de garantie, il est utile de poursuivre l'observation des paramètres qui définissent le bon fonctionnement du matériel (températures, pressions, débits, vibrations). Même une évolution lente, ne donnant pas lieu à un incident immédiat, doit être signalée au fournisseur.

Toute évolution rapide devrait donner lieu à l'arrêt de la machine. L'acquéreur ne doit pas faire fonctionner le matériel en dehors des limites spécifiées au contrat, sauf accord préalable du constructeur.

4.3.3 Exploitation normale

A l'expiration du ou des délais de garantie, si le matériel donne satisfaction dans les limites de ses spécifications, on procède à la réception définitive. L'acquéreur exploite alors son matériel suivant les instructions du constructeur et, sauf preuve d'un vice caché, la responsabilité du fournisseur est dégagee.

4.4 Formation du personnel

Le contrat doit prévoir la formation du personnel aux opérations de conduite et d'entretien, ainsi que la fourniture de tous les documents nécessaires.

Il est donc recommandé que le personnel de l'acquéreur, responsable de l'installation, soit mis en place suffisamment tôt pour qu'il puisse suivre les montages et les opérations de mise en service réalisés par le ou les fournisseurs.

Cette expérience doit être utilisée réellement, c'est-à-dire que le personnel formé au départ doit rester en place suffisamment longtemps pour mettre au point une méthode de surveillance et d'entretien transmissible dans de bonnes conditions à de futurs exploitants.

4.5 Surveillance et entretien

Il est certain que tout matériel, aussi simple et robuste soit-il, nécessite un minimum d'entretien et de suivi, faute de quoi il risque l'arrêt sur incident dans un délai parfois réduit. Les conséquences peuvent être purement économiques, mais plus graves dans le cas d'alimentation d'un réseau isolé.

Surveillance et entretien forment un tout qu'il est recommandé de traiter globalement sous forme d'une méthode aussi simple que possible.

Il convient que les exploitants soient sensibles à la notion d'entretien préventif, qui implique la recherche d'un juste milieu entre l'entretien périodique et systématique (souvent superflu) et la réparation après la panne.

C) Appearance and behaviour of coatings

Internal and possibly also external coatings will be checked visually for appearance and coverage. Their behaviour over a period of one year or more (to be specified in contract) may be guaranteed. It can thus be checked visually (general appearance, roughness, etc.) or by comparison with reference samples. Measurements of thickness and adhesion may also be carried out.

4.3.2.2 Check on operational parameters

During the guarantee period, it is useful to re-check the operational parameters which define the proper operation of the equipment (temperatures, pressures, flows, vibrations). Even a slow development which does not lead to an immediate incident should be reported to the supplier.

Any rapid development should lead to a shutdown of the equipment. The purchaser must not operate the equipment outside the limits laid down in the contract without the supplier's prior agreement.

4.3.3 Normal operation

On the expiration of the guarantee period, and if the equipment has performed satisfactorily within the limits of its specifications then final acceptance takes place. From then onwards the purchaser can operate the equipment according to the manufacturer's instructions, and provided no concealed fault can be shown, the supplier's liability is terminated.

4.4 Training of personnel

The contract shall take into account the training of personnel in operation and maintenance, as well as supplying all the necessary manuals.

It is therefore recommended that the purchaser's personnel, who will be responsible for the installation, should be on site sufficiently early so that they can follow the assembly and start-up operations carried out by the suppliers.

This experience shall be used effectively, and trained staff should therefore stay on site for a sufficiently long period to establish the correct methods of checking and maintenance which can then be handed on to future operators.

4.5 Checking and maintenance

It is a fact that all equipment, however simple and robust, requires a minimum of checking and maintenance, otherwise there is a risk of unforeseen shutdowns even at an early stage. The consequences may be purely financial, but may be more serious in the case of power being supplied to an isolated network.

Checking and maintenance should be taken together and dealt with globally by as simple a method as possible.

The operators should adopt principles of preventive maintenance with a view to minimizing the extent of regular and systematic maintenance (frequently superfluous) and repairs following failures.

Le fournisseur doit fournir les instructions d'entretien au moment de la mise en service ou au plus tard au début de la période de la garantie.

Il convient que dans l'élaboration de la méthode on tienne compte du cheminement logique suivant:

- a) surveillance – contrôle;
- b) enregistrement des constatations;
- c) analyse des constatations;
- d) décisions sur le début d'un entretien;
- e) programmation de la maintenance;
- f) préparation du travail;
- g) exécution du travail;
- h) compte rendu d'intervention;
- i) classement;
- j) conclusions.

Chaque étape nécessite la mise en place de moyens (classement de documents, plans, fiches de visite, fiches de préparation du travail, fiches d'historiques). Un nouvel exploitant doit pouvoir, au moyen de ces documents, retrouver l'histoire des organes de la centrale.

Même si l'opération d'entretien n'est pas réalisée par l'exploitant lui-même, les points a) à e) et h) à j) sont de son ressort.

Il est recommandé que l'idée de sécurité soit présente dans l'élaboration de toute opération d'entretien.

Il convient que la méthode inclue également la gestion du stock de pièces de rechange, pour lequel on peut formuler les conseils suivants:

- i) S'assurer dès la mise en service que ce stock est complet, conforme aux dispositions du contrat et aux prescriptions du constructeur.
- ii) Remplacer immédiatement les pièces de rechange qui auraient pu être utilisées par les fournisseurs à la suite d'incidents au démarrage.
- iii) Vérifier que les conditions de stockage n'entraîneront pas une détérioration rapide des pièces de rechange (conditionnement, lieu de stockage, etc.).
- iv) Pouvoir retrouver facilement ces pièces en cas de besoin.
- v) S'assurer de leur interchangeabilité réelle avec les pièces déjà en place.

Il est bon que certains organes de sécurité (vannes de vidange de fond – batardeaux, vannes de tête de conduites forcées) qui sont peu souvent sollicités fassent l'objet d'essais périodiques destinés à vérifier leur bon fonctionnement.

Le matériel électromagnétique n'est pas le seul à subir des dégradations dans le temps. Il convient que l'état des ouvrages de génie civil fasse également l'objet d'une surveillance suivie. Une défaillance dans ce domaine pourrait éventuellement avoir des conséquences graves sur la sécurité des personnes.

The supplier shall submit the maintenance instructions at commissioning time, but not later than at the beginning of the guarantee period.

In carrying out maintenance, the following logical sequence should be taken into account:

- a) checking – inspecting;
- b) recording of findings;
- c) analysis of findings;
- d) decisions on when maintenance should begin;
- e) scheduling the maintenance;
- f) arranging the work;
- g) carrying out the work;
- h) maintenance report;
- i) filing;
- j) conclusions.

Each stage requires the necessary resources (document filing, drawings, inspection sheets, work preparation sheets, historical information). A new operator should be able, with these documents, to trace the life history of the various components of the station.

Even if the maintenance operation is not carried out by the operator himself, items a) to e) and h) to j) are his responsibility.

The concept of safety should be taken into account in all maintenance operations.

The management of the spare parts stock should also be included, for which the following advice may be appropriate:

- i) Ensure that, as from commissioning, the stock is complete in accordance with the contract and manufacturer's recommendations.
- ii) Replace immediately any spare parts that may have been used by the suppliers in correcting start-up incidents.
- iii) Check that the storage conditions do not lead to the rapid deterioration of spare parts (packing, place of storage, etc.).
- iv) Know where to find these spare parts easily when they are needed.
- v) Check that the spare parts are really interchangeable with the items already installed.

Certain safety devices (stop-logs, bottom outlet valves, intake gates or valves) which are infrequently used should be checked periodically to ensure their correct operation.

Electromechanical parts are not the only ones which suffer wear in the course of time. The state of the civil work should also be checked. A defect in this area could possibly have serious consequences on the safety of personnel.

Dans le cas où les moyens locaux ne permettraient pas la mise en place d'une méthode efficace de surveillance et d'entretien, il est nécessaire de respecter scrupuleusement les instructions données par les fournisseurs dans leurs notices. Si certaines opérations paraissent trop rapprochées (remplacement de pièces peu usées, par exemple), le client pourra en informer le fournisseur qui décidera si elles peuvent être plus espacées.

Pour compléter cet entretien systématique, il est également possible de faire visiter périodiquement les équipements par des spécialistes. Certaines causes de ruine peuvent toutefois se développer si rapidement (fissures par exemple) que le risque d'un accident entre deux visites peut demeurer très élevé.

Dans le cas d'installations de petite taille comportant plusieurs groupes identiques dont la dépose en une seule pièce est possible, on aura intérêt à prévoir un groupe complet de rechange, conservé dans de bonnes conditions. Sa mise en place permet alors de réparer le groupe avarié sans interrompre très longtemps la production. Il convient toutefois de faire attention au vieillissement inéluctable de certains éléments (joints, par exemple).

Le tableau 1, page 82, montre quelques organes de l'installation et des contrôles simples associés, ainsi que les conséquences que peut entraîner le manque de surveillance et d'entretien. Il n'est pas exhaustif et n'est donné qu'à titre d'exemple.

Where local facilities do not permit sufficiently thorough methods of inspection and maintenance, it is essential to observe scrupulously the instructions given in the supplier's manuals. If certain operations appear too close to one another (replacing parts which are not worn, for example), the purchaser may inform the supplier of this and the supplier will then decide if they can be spaced out.

In order to complete this systematic maintenance, it is also possible for experts to inspect the equipment periodically. Some cases of failure can nevertheless develop so quickly (cracks, for example) that the risk of an accident may remain very high.

In the case of smaller installations comprising many identical units, where it is possible to install the generating unit as a single assembly, it will be advantageous to have one complete generating set as a spare and kept in good working condition. Installing the spare generating set allows the repair of the faulty set to be carried out without interrupting the generation for too long. Nevertheless, attention should be paid to the inevitable deterioration of certain components (joints, for example).

Table 1, page 83 shows some simple checks that can be carried out on some components of the equipment, as well as the consequences which may result from neglecting to carry out proper inspection and maintenance. It is not exhaustive and is given only by way of example.

Annexe A (informative)

Définitions et nomenclature

A1. Unités, symboles, termes et définitions

Le Système International d'Unités (SI) est utilisé tout au long de ce guide.

Tous les termes sont donnés en unités de base SI ou en unités cohérentes dérivées (par exemple N pour kg.m.s^{-2}). Les équations de base sont valables lorsqu'on utilise ces unités. Ceci ne doit pas être perdu de vue lorsque, pour certaines grandeurs, on utilise des unités autres que SI cohérentes (par exemple: kilowatts ou mégawatt au lieu de watt pour une puissance, kilopascal ou bar au lieu de pascal pour une pression, min^{-1} au lieu de s^{-1} pour une vitesse de rotation, etc.). Les températures thermodynamiques (ou absolues), en kelvins, étant rarement nécessaires, on peut donner les températures en degrés Celsius.

Tout autre système d'unités peut être utilisé à la seule condition que les parties contractantes en aient ainsi convenu par écrit.*

* Voir Recueil de Normes ISO 2, ISO 31/III.

Annex A (informative)

Definitions and nomenclature

A1. Units, symbols, terms and definitions

The International System of Units (SI) has been used throughout this Guide.

All terms are given in SI Base Units or derived coherent units (for example N instead of kg.m.s^{-2}). The basic equations are valid using these Units. This has to be taken into account if other than coherent SI-Units are used for certain data (for example: kilowatt or megawatt instead of watt for power, kilopascal or bar instead of pascal for pressure, min^{-1} instead of s^{-1} for rotational speed, etc.). Temperatures may be given in degrees Celsius because thermodynamic (absolute) temperatures (in Kelvins) are rarely required.

Any other system of units may be used but only if agreed to in writing by the contracting parties.*

* See ISO Standards Handbook 2, ISO 31/III.

A2. Indices inférieurs ou symboles

Les termes «haute pression» et «basse pression» définissent les deux côtés de la machine quel que soit le sens de l'écoulement; ils ne dépendent donc pas du mode de fonctionnement de la machine.

A2. Subscripts or symbols

The terms "high pressure" and "low pressure" define the two sides of the machine irrespective of the flow direction and therefore are independent of the mode of operation of the machine.

Terme	Définition	Indice inférieur ou symbole
Section de référence haute pression	Section côté haute pression de la machine par rapport à laquelle les performances garanties sont définies (voir figure 1)	1
Section de référence basse pression	Section côté basse pression de la machine par rapport à laquelle les performances garanties sont définies (voir figure 1)	2
Term	Definition	Subscript or symbol
High pressure reference section	The high pressure section of the machine to which the performance guarantees refer (see figure 1)	1
Low pressure reference section	The low pressure section of the machine to which the performance guarantees refer (see figure 2)	2

A3. Termes et définitions

602-01-01 (CEI 50)
centrale électrique

Équipement destiné à la production d'énergie électrique et qui comprend les ouvrages de génie civil, de conversion énergétique ainsi que l'appareillage associé.

602-01-03 (CEI 50)
aménagement hydro-électrique

Complexe ordonné d'ouvrages de génie civil, de machines et d'appareillages divers destiné principalement à transformer l'énergie potentielle de gravité de l'eau en énergie électrique.

602-01-04 (CEI 50)
centrale hydro-électrique
usine hydro-électrique (CH)
centrale hydraulique (déconseillé)

Centrale dans laquelle l'énergie de gravité de l'eau est transformée en énergie électrique.

602-01-05 (CEI 50)
centrale au fil de l'eau

Centrale hydro-électrique qui utilise le débit de la rivière tel qu'il se présente, la durée de remplissage de son propre réservoir par les apports hydrauliques étant pratiquement négligeable.

602-01-06 (CEI 50)
centrale d'écluse

Centrale hydro-électrique dont le réservoir a une durée de remplissage par les apports hydrauliques qui permet de stocker l'eau pendant une durée appréciable de quelques semaines au plus.

NOTE - Une centrale d'écluse permet en particulier de stocker les apports aux périodes de faible charge pour les turbines aux périodes de forte charge du ou des jours suivants.

A3. Terms and definitions

602-01-01 (IEC 50)
power station

An installation whose purpose is to generate electricity and which includes civil engineering works, energy conversion equipment and all the necessary ancillary equipment.

602-01-03 (IEC 50)
hydroelectric installation

An ordered arrangement of civil engineering structures, machinery and plant designed chiefly to convert the gravitational potential energy of water into electricity.

602-01-04 (IEC 50)
hydroelectric power station

A power station in which the gravitational energy of water is converted into electricity.

602-01-05 (IEC 50)
run-of-river power station

A hydroelectric power station which uses the river flow as it occurs, the filling period of its own reservoir by the cumulative water flows being practically negligible.

602-01-06 (IEC 50)
pondage power station

A hydroelectric power station in which the filling period of the reservoir based on the cumulative water flows permits the storage of water over a period of a few weeks at the most.

NOTE - In particular, a pondage station permits the cumulative water flows to be stored during periods of low load to enable the turbine to operate during high load periods on the same or following days.

602-01-07 (CEI 50)
centrale de lac

Centrale hydro-électrique dont le réservoir a une durée de remplissage par les apports hydrauliques supérieure à plusieurs semaines.

NOTE - Une centrale de lac permet généralement de stocker les apports en périodes de hautes eaux pour les utiliser ultérieurement aux périodes de forte charge.

602-01-11 (CEI 50)
chute brute d'une centrale hydro-électrique

Différence de hauteur entre les niveaux d'eau amont et aval dans des conditions spécifiées.

602-01-12 (CEI 50)
chute nette d'une centrale hydro-électrique

Chute brute d'une centrale hydro-électrique diminuée d'une hauteur équivalente aux pertes hydrauliques sauf celles qui sont dues aux turbines.

602-02-1 (CEI 50)
groupe générateur

Association de machines tournantes permettant de transformer l'énergie mécanique ou thermique en énergie électrique.

602-02-03 (CEI 50)
groupe hydro-électrique

Groupe générateur constitué par une turbine hydraulique accouplée mécaniquement à un générateur d'énergie électrique.

602-02-05 (CEI 50)
barrage

Ouvrage de retenue des apports hydrauliques pour leur utilisation à des fins spécifiques.

602-02-06 (CEI 50)
barrage-poids

Barrage en béton et/ou en maçonnerie dont la stabilité est assurée par son poids.

602-01-07 (IEC 50)
reservoir power station

A hydroelectric power station in which the filling period of the reservoir based on the cumulative water flows is longer than several weeks.

NOTE - A reservoir power station generally permits the cumulative water flows to be stored during the high water periods to enable the turbine to operate during later high load periods.

602-01-11 (IEC 50)
gross head of a hydroelectric power station

The difference in height between the water intake and tail-race levels under specified conditions.

602-01-12 (IEC 50)
net head of a hydroelectric power station

The gross head of a hydroelectric power station less a height equivalent to the hydraulic losses excluding those in the turbines.

602-02-1 (IEC 50)
generating set

A group of rotating machines transforming mechanical or thermal energy into electricity.

602-02-03 (IEC 50)
hydroelectric set

A generating set consisting of a hydraulic turbine mechanically connected to an electrical generator.

602-02-05 (IEC 50)
dam

A structure to retain water inflows for specific uses.

602-02-06 (IEC 50)
gravity dam

A dam constructed of concrete and/or masonry which relies on its weight for stability.

602-02-07 (CEI 50)
barrage-voûte

Barrage en béton et/ou en maçonnerie incurvé pour transmettre aux appuis latéraux la majeure partie de la poussée de l'eau.

602-02-07 (IEC 50)
arch dam

A concrete and/or masonry dam which is curved so as to transmit the major part of the water pressure to the abutments.

602-02-08 (CEI 50)
barrage en terre

Barrage en remblai dont plus de la moitié du volume total est formé de matériaux fins compactés.

602-02-08 (IEC 50)
earth dam

An embankment dam in which more than the half of the total volume is formed of compacted fine grained material.

602-02-09 (CEI 50)
conduite forcée

Conduite destinée à amener l'eau sous pression aux turbines.

602-02-09 (IEC 50)
penstock

A pipeline bringing water under pressure to the turbine.

602-02-10 (CEI 50)
cheminée d'équilibre

Réservoir à surface libre d'eau réduisant l'importance du coup de bélier dans les conduites forcées.

602-02-10 (IEC 50)
surge tank; surge shaft

An open-surface reservoir of water decreasing the effects of shock pressure waves in the penstock.

602-02-11 (CEI 50)
turbine à action

Turbine dans laquelle un fluide agit principalement par son énergie cinétique.

602-02-11 (IEC 50)
impulse type turbine

A turbine in which a fluid acts chiefly by its kinetic energy.

602-02-12 (CEI 50)
turbine à réaction

Turbine dans laquelle un fluide agit à la fois par son énergie cinétique et par sa pression.

602-02-12 (IEC 50)
reaction type turbine

A turbine in which a fluid acts both by its kinetic energy and by its pressure.

602-02-13 (CEI 50)
turbine Pelton

Turbine hydraulique à action convenant aux très hautes chutes à faibles débits.

602-02-13 (IEC 50)
Pelton turbine

A hydraulic impulse type turbine usually operated from a high head source with small flow rate.

602-02-14 (CEI 50)
turbine Francis

Turbine hydraulique à réaction possédant des aubes fixes, adaptées aux faibles et moyennes chutes à débit moyen.

602-02-14 (IEC 50)
Francis turbine

A hydraulic reaction type turbine with fixed runner blades usually operated from a medium or low head source with medium flow rate.

602-02-15 (CEI 50)
turbine Kaplan

Turbine hydraulique axiale à réaction dont le rotor est une hélice à aubes orientables en fonctionnement, adaptée aux débits élevés.

602-02-16 (CEI 50)
groupe bulbe

Groupe hydro-électrique dont le caisson étanche contenant la turbine et le générateur est immergé dans le courant d'eau.

602-02-17 (CEI 50)
turbine-hélice

Turbine de type Kaplan dont les aubes ne sont pas orientables, convenant pour des hauteurs de chute peu variables.

602-02-31 (CEI 50)
transformateur (principal) de tranche
transformateur de groupe

Transformateur connecté aux bornes de l'alternateur et par lequel la puissance du groupe est transmise au réseau.

602-02-32(33) (CEI 50)
transformateur d'auxiliaires d'une tranche
(d'une centrale)

Transformateur destiné à alimenter les services auxiliaires d'une tranche (d'une centrale).

602-03-04 (CEI 50)
puissance produite brute par un groupe

Puissance électrique produite aux bornes du générateur principal et auxiliaire du groupe.

602-03-05 (CEI 50)
puissance produite brute par une centrale

Puissance électrique produite aux bornes des générateurs principaux et auxiliaires d'une centrale électrique.

602-03-06 (CEI 50)
puissance produite nette par un groupe

Puissance électrique produite brute diminuée de la puissance électrique absorbée par les services auxiliaires.

602-02-15 (IEC 50)
Kaplan turbine

An axial hydraulic reaction type turbine with adjustable runner blades operated with a high flow rate.

602-02-16 (IEC 50)
bulb-type unit

A hydroelectric set with its casing containing the generator and turbine immersed in the water flow.

602-02-17 (IEC 50)
propeller turbine

A Kaplan type turbine with non-adjustable runner blades suitable for non-varying head sources.

602-02-31 (IEC 50)
unit generator transformer
set transformer

A transformer connected to the generator terminals through which output power of the generator set is transmitted to the system.

602-02-32(33) (IEC 50)
auxiliary transformer of a unit [of a power station]

A transformer supplying auxiliaries of a unit [of a power station].

602-03-04 (IEC 50)
gross output of a set

The electrical power produced at the terminals of the main and auxiliary generators of the set.

602-03-05 (IEC 50)
gross output of a power station

The electrical power produced at the terminals of the main and auxiliary generators of a power station.

602-03-06 (IEC 50)
net output of a set

The gross output less the power consumed by the associated auxiliaries.

602-03-07 (CEI 50)

puissance produite nette par une centrale

Puissance électrique produite brute diminuée de la puissance électrique absorbée par les services auxiliaires de la centrale et les pertes dans les transformateurs.

602-03-08(09) (CEI 50)

puissance maximale possible d'une tranche (d'une centrale)

Puissance électrique maximale réalisable par une tranche (centrale) en régime continu: la totalité des installations est supposée entièrement en état de marche.

NOTE - Cette puissance peut être brute ou nette.

602-03-10 (CEI 50)

puissance en surcharge

Puissance la plus élevée qui peut être maintenue pendant une durée limitée.

602-03-11(12) (CEI 50)

puissance disponible d'une tranche (d'une centrale)

Puissance maximale réalisable en régime continu dans les conditions réelles où une tranche (une centrale) se trouve.

NOTE - Cette puissance peut être brute ou nette.

602-03-13 (CEI 50)

puissance appelée par le réseau

Puissance qui doit être fournie au réseau pour couvrir la consommation.

602-03-14 (CEI 50)

puissance de réserve d'un réseau

Différence entre la puissance totale disponible et la puissance appelée par le réseau.

602-03-15 (CEI 50)

réserve tournante d'un réseau

Différence entre la puissance totale disponible de l'ensemble des groupes de production déjà couplés au réseau et leur charge réelle.

602-03-07 (IEC 50)

net output of a power station

The gross output less the power consumed by the associated auxiliaries and less the losses in the associated transformers.

602-03-08(09) (IEC 50)

maximum capacity of a unit [a power station]

The maximum power that could be generated by a unit [power station], under continuous operation with all of its components in working order.

NOTE - This power may be gross or net.

602-03-10 (IEC 50)

overload capacity

The highest load which can be maintained during a short period of time.

602-03-11(12) (IEC 50)

available capacity of a unit [of a power station]

The maximum power at which a unit [a power station] can be operated continuously under the prevailing conditions.

NOTE - This power may be gross or net.

602-03-13 (IEC 50)

power demand from the system

The power which has to be supplied to the system in order to meet the demand.

602-03-14 (IEC 50)

reserve power of a system

The difference between the total available capacity and the power demand from the system.

602-03-15 (IEC 50)

spinning reserve of a system

The difference between the total available capacity of all generating sets already coupled to the system and their actual loading.

– Page blanche –
– Blank page –

Tableau 1 – Exemples de contrôle pendant l'exploitation normale

Organe	Contrôle possible	Permet de	Sinon, possibilité de
Conduite forcée	Surveillance de la puissance à conditions de la hauteur et de l'ouverture identiques	Déceler un entartrage ou une dégradation de la couche protectrice	Baisse des performances et difficulté de nettoyage
Roue	Visites périodiques (fréquence selon le type de roue et son histoire)	Détecter des fissures de fatigue Détecter l'usure par abrasion-cavitation	Ruptures Percement – ruptures à terme
	Surveillance des vibrations	Détecter un corps étranger dans la roue ou un morceau détaché	Désordres importants dans la mécanique
Labyrinthes	Mesure du jeu	Déceler l'usure et son évolution	Baisse des performances de turbine
Arbres	Examen visuel et contrôle	Détecter des fissures de fatigue	Cassures, à terme
Joint d'arbre	Contrôle et surveillance des fuites	Déceler si les fuites augmentent ou diminuent	Inondation Destruction possible du joint
Paliers-pivots	Surveillance température Surveillance niveau d'huile	Détecter toute dérive de la température ou un manque d'huile	Grippage possible
	Surveillance des vibrations	Connaître l'état général de la machine ou des problèmes particuliers d'équilibrage de la roue ou du rotor de l'alternateur	Désordres mécaniques
Alternateur	Mesures du niveau d'isolement	Déceler une baisse du niveau d'isolement	Claquages d'isolation
Batteries	Etat de la charge et concentration en acide	Vérifier la disponibilité	Arrêt complet des commandes électriques
Protections	Essais de fonctionnement	Vérifier les performances	Arrêt de tout ou partie des circuits électriques

Table 1 – Examples of checks during normal operation

Item	Possible checks	Reason for checks	Possible consequences of not carrying out the checks
Penstock	Check power output at identical head and opening conditions	Shows sign of clogging or deterioration of the coating	Drop in performance and difficulty in cleaning
Runner	Periodical checks (frequency depending on the type of runner and its history)	Detects fatigue cracks Detects wear from cavitation pitting	Fractures Perforation – eventually leading to fracture
	Check vibrations	Detects presence of foreign body in the runner or a detached piece	Serious mechanical disorders
Seals	Check clearances	Shows any wear and its evolution	Drop in turbine performance
Shafts	Visual examinations and checks	Detects fatigue cracks	Eventually leads to fracture
Shaft seal	Checks and monitoring leakage	Shows if leakage is increasing or decreasing	Flooding Possible destruction of seal
Bearings	Temperature checks Oil level checks	Detects any changes in temperature or lack of oil	Possible seizing
	Check vibrations	Note the general state of the machine or detect problems of balancing of the runner or generator rotor	Possible mechanical disorders
Generator	Measure insulation level	Shows any drop in insulation level	Insulation breakdown
Batteries	State of loading and acid concentration	Checks availability	Breakdown of controls
Protections	Operation tests	Checks performance	Breakdown of all or parts of the scheme

Tableau 2 – Eléments de comparaison des offres

	Chiffrable	Subjectif
A. Groupe générateur		
a) Eléments généraux		
– Qualité de l'assistance technique		X
– Performances garanties (puissance, rendement, production, etc.)	X	
– Encombrement – répercussion sur le génie civil	X	
– Vitesse de rotation – présence ou non d'un multiplicateur	X	
– Possibilité de surpuissance, le cas échéant	X	
– Masse de l'ensemble indivisible le plus lourd – influence sur pont roulant	X	
– Type de régulation, garantie de fonctionnement en réseau isolé	X	
– Mode et temps de démontage – influence sur l'exploitation	X	X
– Dispositions technologiques		X
– Composants – capteurs de mesure proposés		X
– Limites des fournitures métalliques	X	
– Inertie de rotation, temps de lancer	X	
b) Eléments propres à la turbine		
– Enfoncement – répercussion sur le génie civil	X	
– Nature des matériaux – influence sur érosion – cavitation	X	X
– Type de bêche (métal, béton) le cas échéant	X	
– Nature des organes de coupure hydrauliques	X	X
– Surpression – dépression – influence sur la conduite forcée	X	
c) Eléments propres au générateur		
– Classe d'échauffement	X	
– Facteur de puissance (cos ϕ)	X	
– Présence ou non d'un système d'excitation	X	
– Mode de refroidissement		X
– Tension de service assigné	X	
– Tension d'isolation	X	
– Facilités de démontage bobines polaires du rotor	X	X
– Réparation enroulement de stator	X	

Table 2 – Elements of bid evaluation

	Quantitative	Subjective
A. Generating sets		
a) General elements		
– Quality of technical assistance		X
– Performance guarantees (output, efficiency, energy production, etc.)	X	
– Overall dimensions – Effect on the civil work	X	
– Speed of rotation – Presence or not of speed increaser	X	
– Possibility of overload, where applicable	X	
– Weight of heaviest assembly to be lifted – influence on crane size	X	
– Type of regulation, guarantee of operation on an isolated load system	X	
– Method and duration of dismantling – influence on generation	X	X
– Technical arrangement provisions		X
– Sensors – proposed measuring devices		X
– Limits of extent of supply of the metallic equipment	X	
– Rotating inertia	X	
b) Elements related to the turbine		
– Turbine setting – effect on the civil work	X	
– Nature of the materials – effect on erosion – cavitation	X	X
– Type of casing (metal, concrete) if relevant	X	
– Nature of the hydraulic closure devices	X	X
– Pressure rise and pressure drop – effect on penstock	X	
c) Elements related to the generator		
– Class of temperature rise	X	
– Power factor (cos ϕ)	X	
– Presence or not of excitation system	X	
– Method of cooling		X
– Rated voltage	X	
– Insulation voltage	X	
– Ease of dismantling rotor pole windings	X	X
– Repair of stator windings	X	

Tableau 2 (suite)

	Chiffrable	Subjectif
B. Installation électrique		
a) Eléments généraux		
– Respect des limites de fourniture et coordination avec autres fournisseurs	X	Vérification
– Niveau de la tension de commande		Vérification
– Tension d'isolation		
– Continuité entre les diverses fournitures	X	X
– Qualité de l'assistance technique		
b) Eléments particuliers au système de commande de groupe		
– Technologie proposée (relais, automates programmables)	X	
– Principe du système de commande (manque ou émission de tension)		X
– Niveau de la tension de commande	X	
– Tension d'isolation	X	
– Découplage et protection des circuits venant de l'extérieur (poste, prise d'eau, etc.)	X	
– Protection des groupes		Vérification
– Caractéristiques (tenue diélectrique, tropicalisation, température et humidité maximales admissibles)		Vérification
c) Eléments particuliers au système de commande automatique de la centrale		
– Technologie	X	Vérification
– Tension d'alimentation		
– Performances (tenue diélectrique, tropicalisation, température et humidité maximales admissibles)		X
d) Eléments particuliers aux auxiliaires		
– Compensation du cos ϕ dans le cas des génératrices asynchrones	X	
– Fourniture du circuit de terre en fond de fouilles	X	
– Traitement de l'exhaure	X	
– Présentation des cellules (armoires métalliques et protection de leurs surfaces)	X	X
– Raccordement de la ligne de départ, protection des départs	X	
– Dispositifs de mesure et capteurs proposés		X
Quelques éléments parmi les plus importants à considérer sont les suivants: – l'influence de la nature, de la taille et de l'enfoncement de la turbine sur le génie civil; – le jugement sur la qualité de l'assistance technique; – les performances garanties; – la facilité d'exploitation et de maintenance.		

Table 2 (continued)

	Quantitative	Subjective
B. Electrical Installation		
a) General elements		
– Compliance with the limits of the supply and co-ordination with other suppliers	X	Verification
– Control voltage level		Verification
– Insulation voltage		
– Continuity between the various supplies	X	X
– Quality of technical assistance		
b) Elements related to the unit control system		
– Proposed technology (relays, programmable devices)	X	
– Principles of the control system (energized or de-energized activation)		X
– Control voltage level	X	
– Insulation voltage	X	
– Isolation and protection of exterior circuits (sub-station, water intake, etc.)	X	
– Unit protection		Verification
– Characteristics (dielectric quality, tropicalization, maximum allowable ambient temperature and humidity)		Verification
c) Elements related to the power station automatic control system		
– Technology	X	Verification
– Supply voltage		
– Performance (dielectric quality, tropicalization, maximum allowable ambient temperature and humidity)		X
d) Elements related to the auxiliaries		
– Cos ϕ compensation for the case of asynchronous generators	X	
– Supply of earthing circuit equipment below the foundations	X	
– De-watering system	X	
– Appearance of cubicles, metal cabinets and their surface protection	X	X
– Connection of the out-going line and its protection	X	
– Sensors and proposed measuring devices		X
Some of the most important elements to be considered are:		
– the influence of the turbine's type, size and setting on the civil work; – the opinion on the quality of the technical assistance; – the performance guarantees; – the ease of operation and maintenance.		

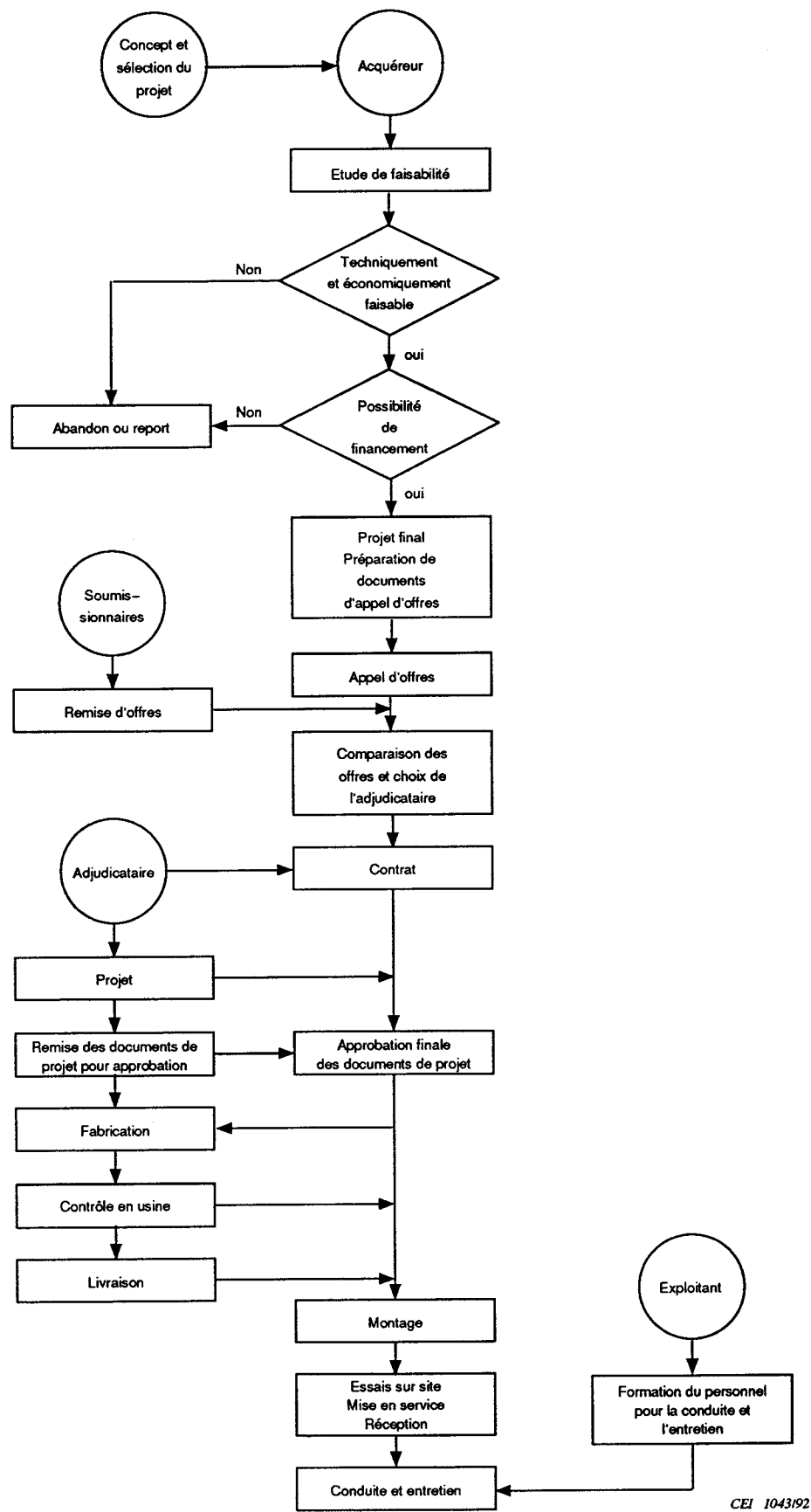


Figure 1 – Enchaînement des opérations

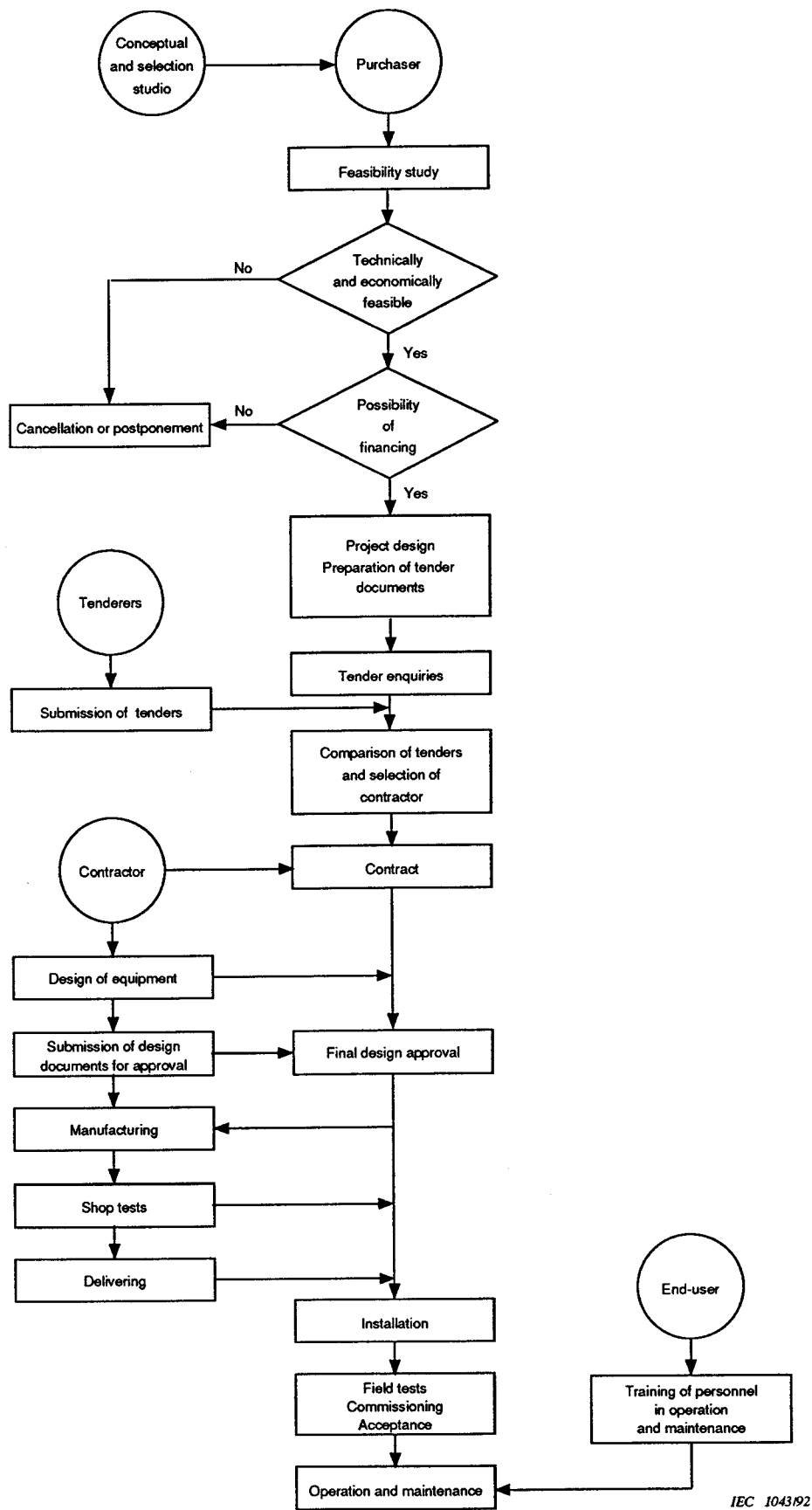


Figure 1 – Example of sequence of events

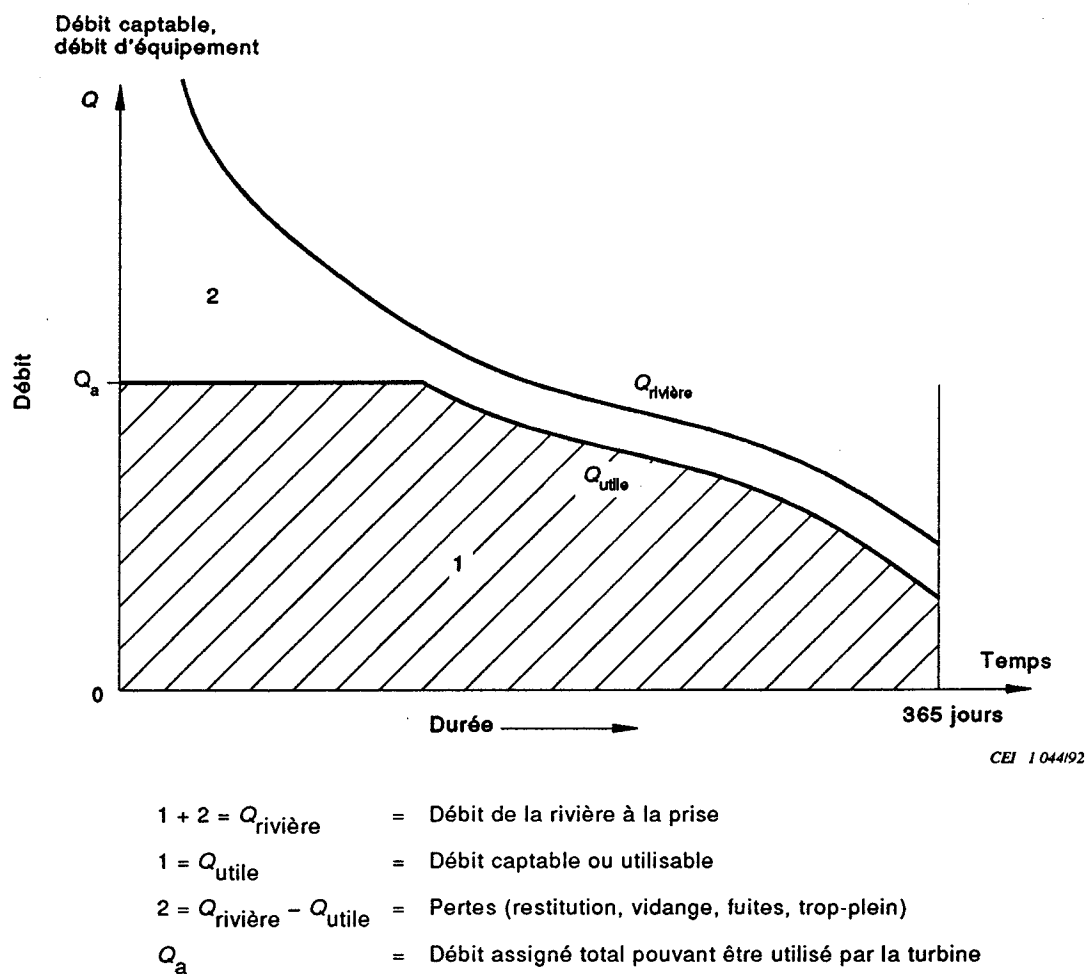
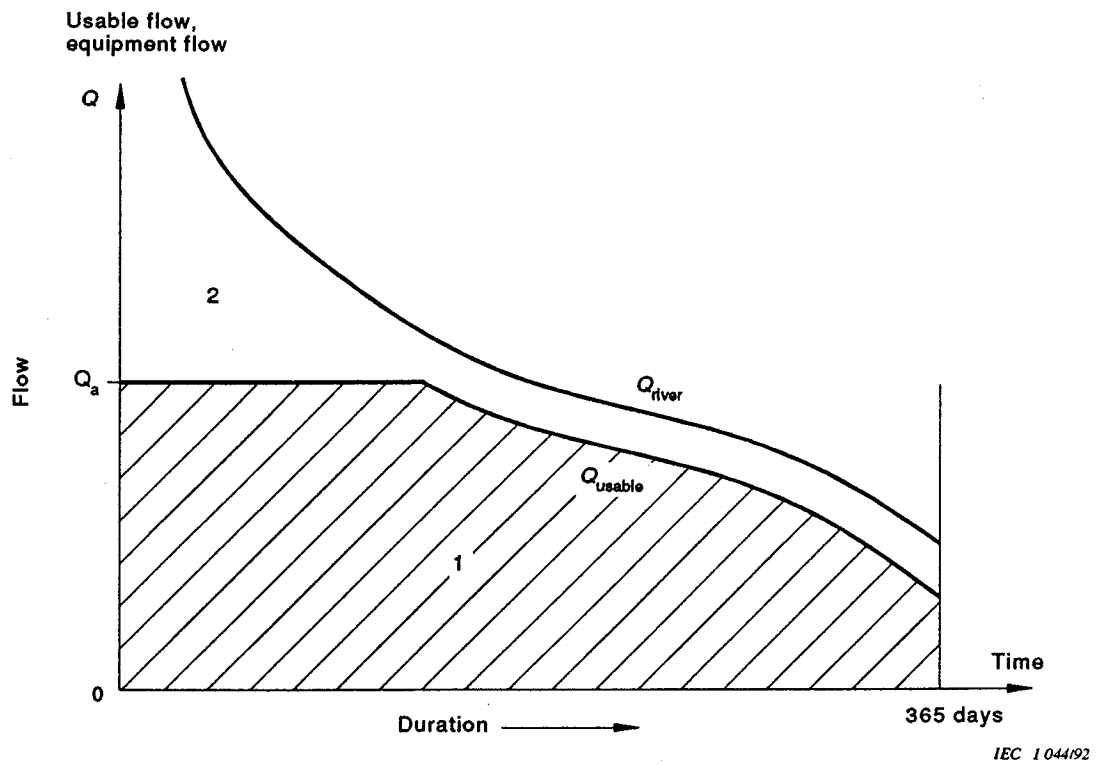


Figure 2 – Courbe des débits classés (débit rivière et débit d'équipement)



- $1 + 2 = Q_{river}$ = Available run-of-river flow
 $1 = Q_{usable}$ = Usable or exploitable flow
 $2 = Q_{river} - Q_{usable}$ = Flow losses (dotation, drainage, leakage, spilled flow)
 Q_a = Total rated flow that can be used by the turbine

Figure 2 – Flow duration curve (showing river flow and plant flow)

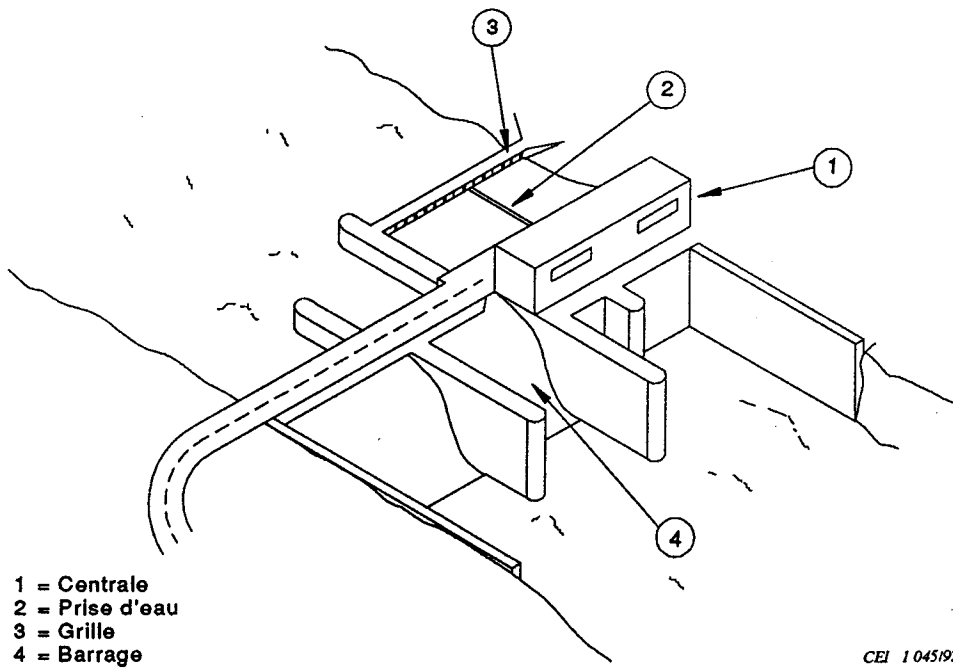


Figure 3a – Usine au fil de l'eau

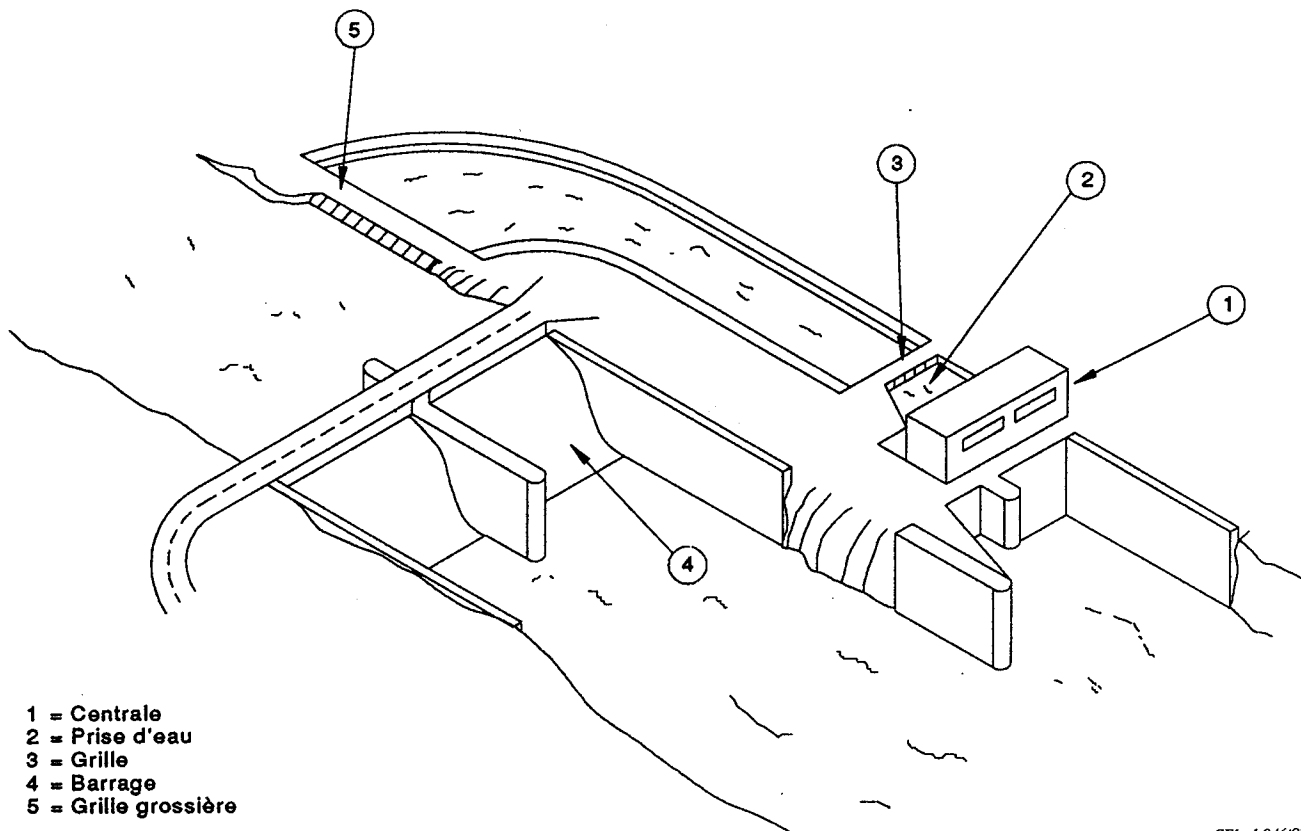


Figure 3b – Installation d'usine en dérivation

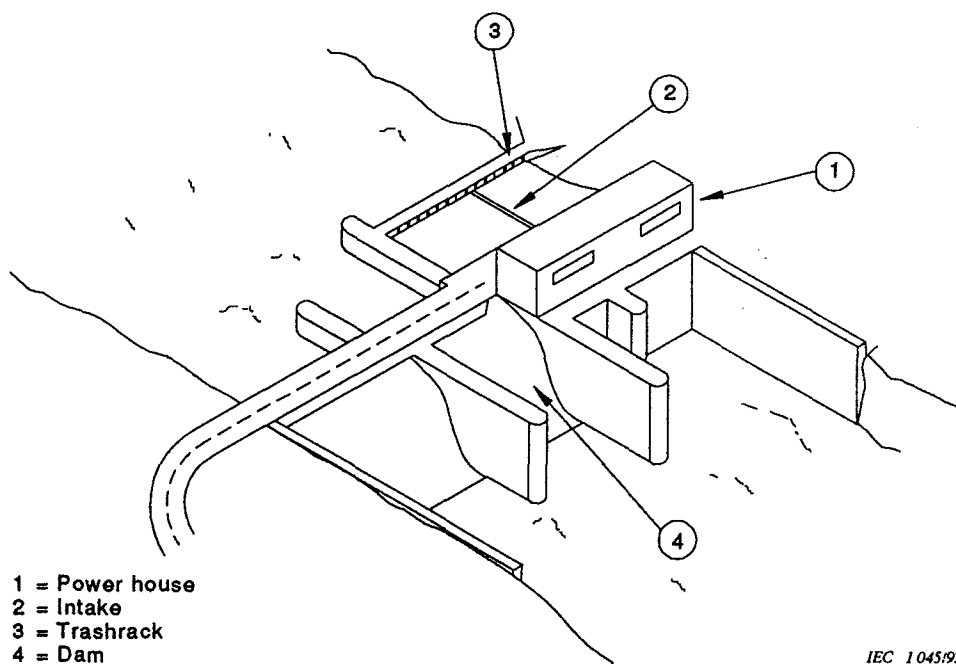


Figure 3a – Run-of-river power station

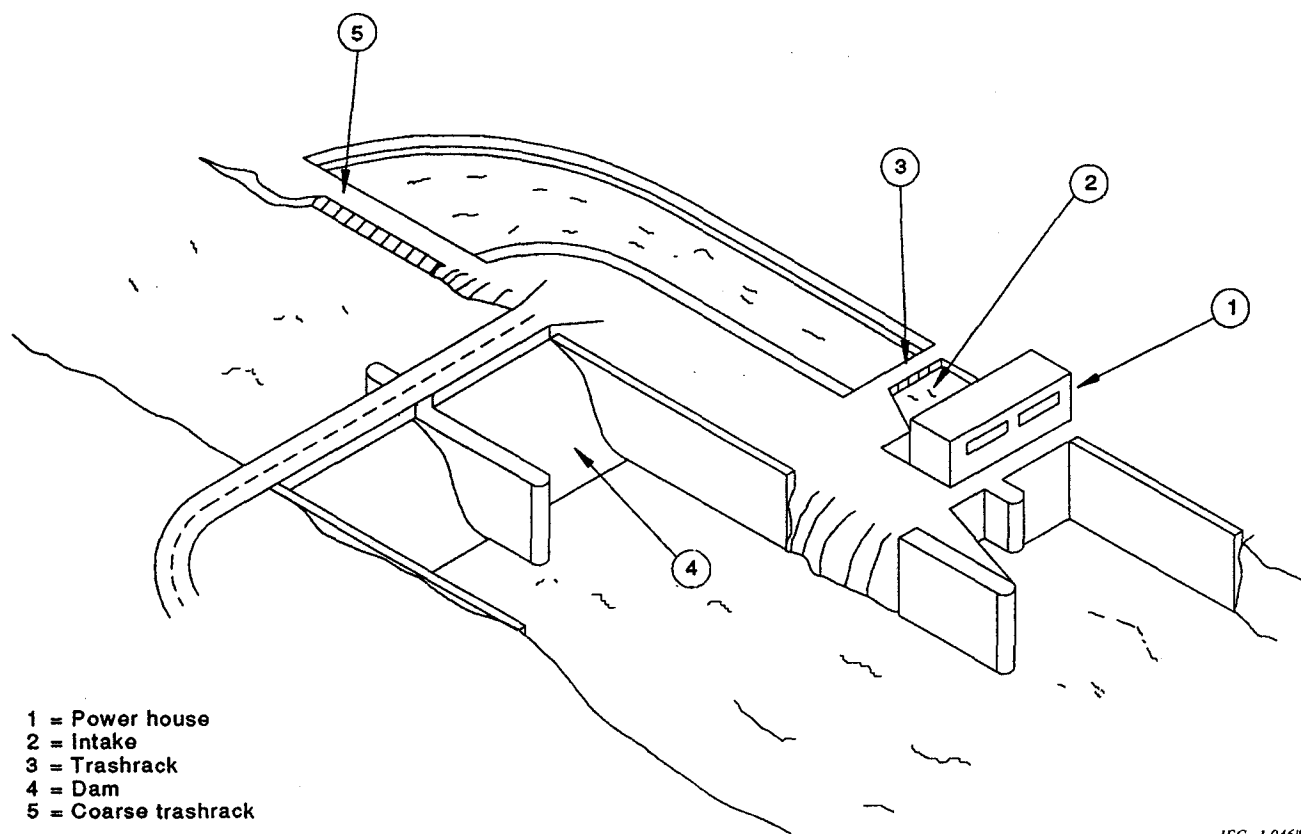


Figure 3b – Run of plant in a bypass channel

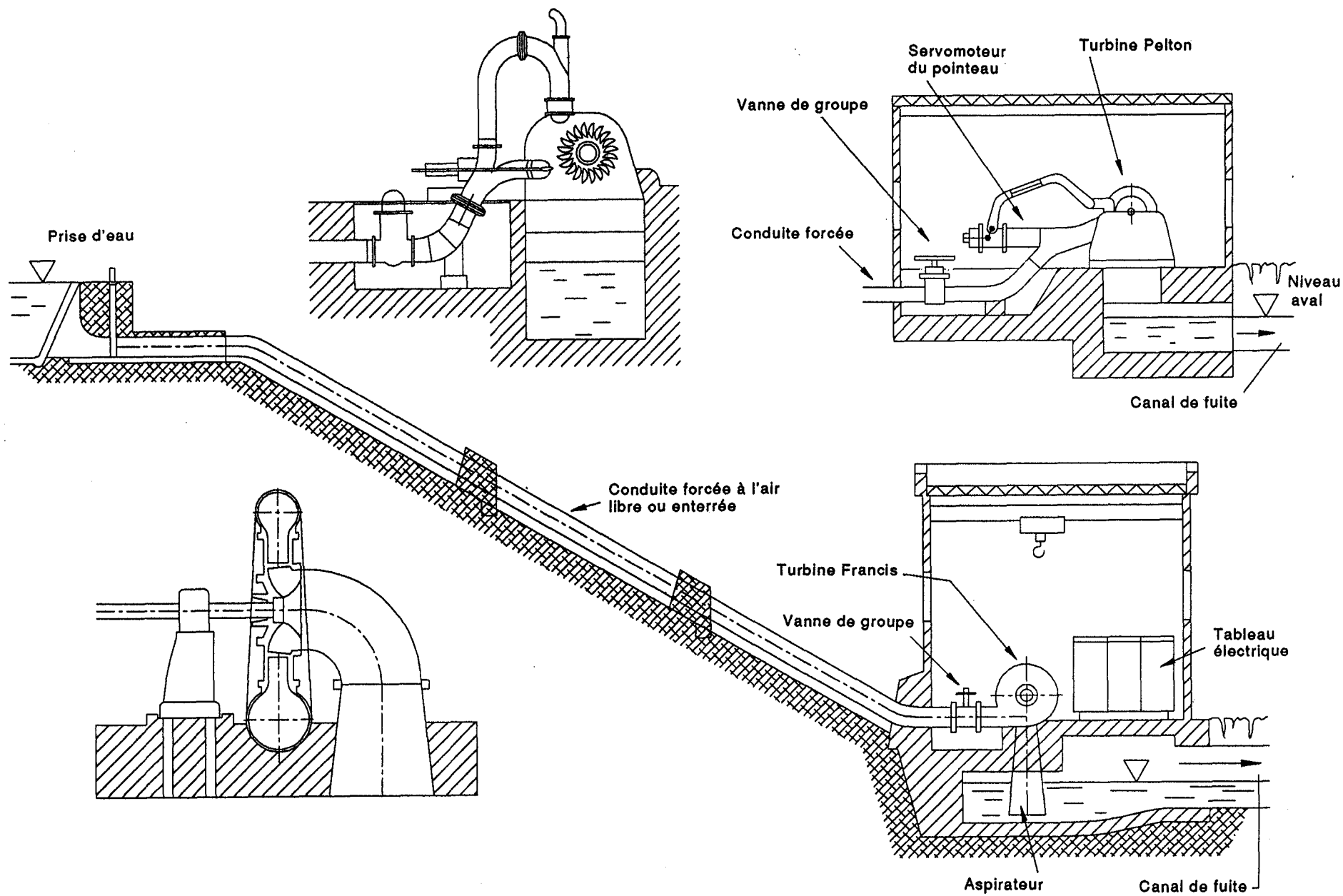


Figure 4a – Usine haute et moyenne chutes

CEI 1 047/92

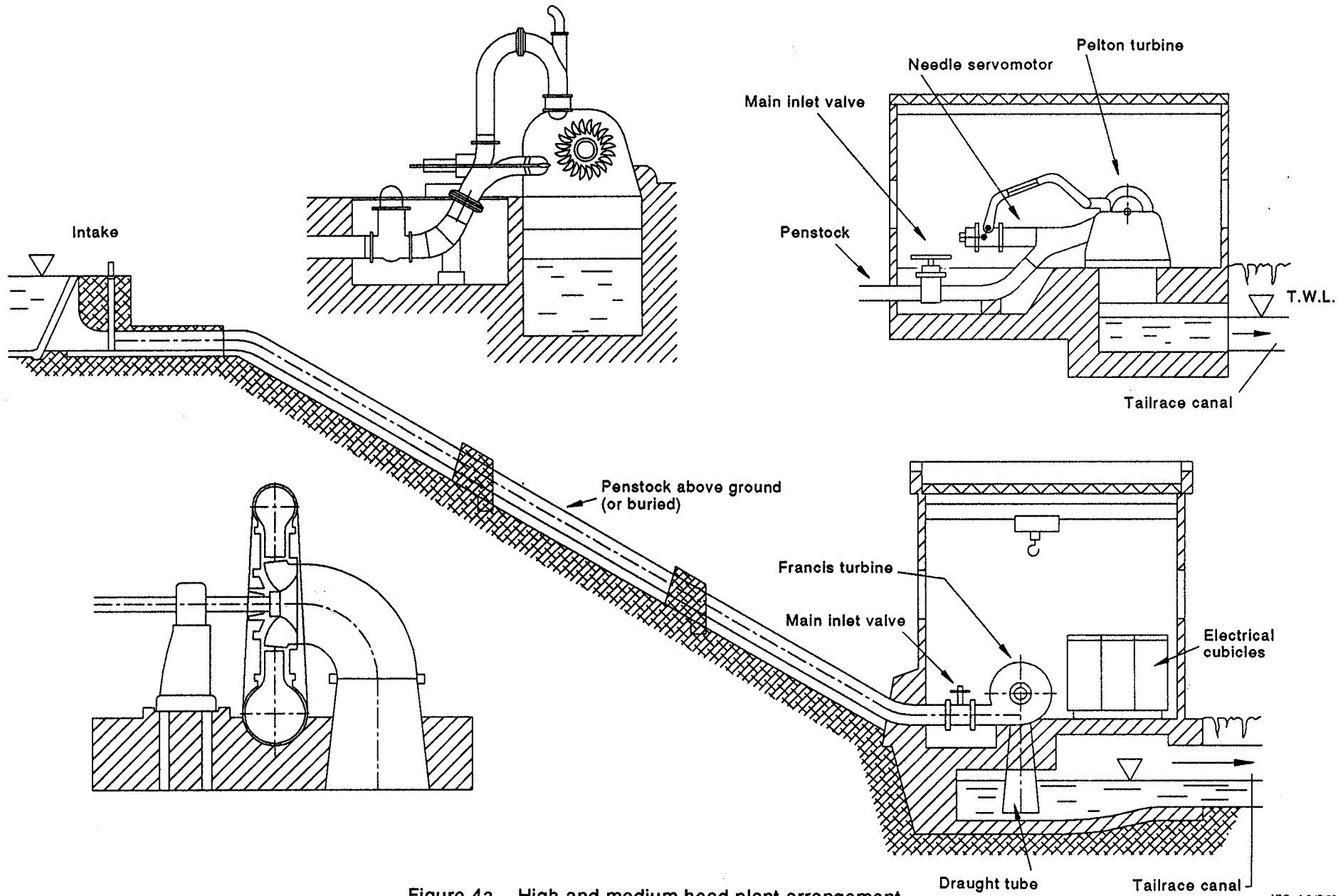


Figure 4a - High and medium head plant arrangement

IEC 1 047/92

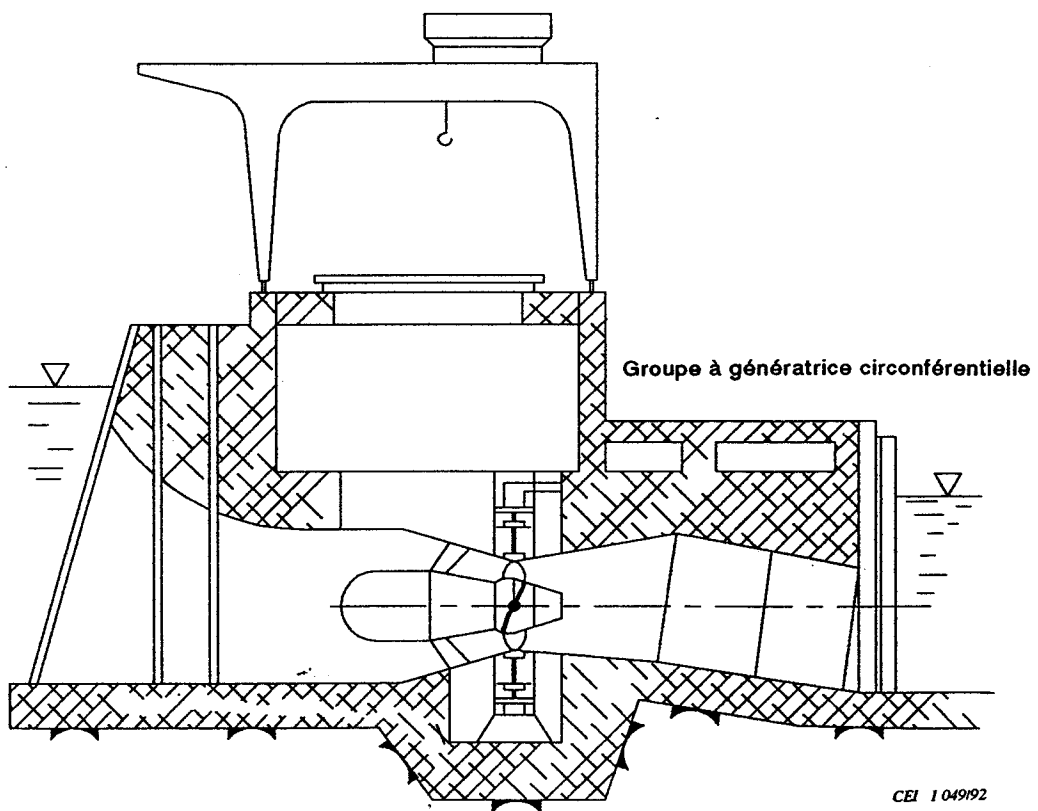
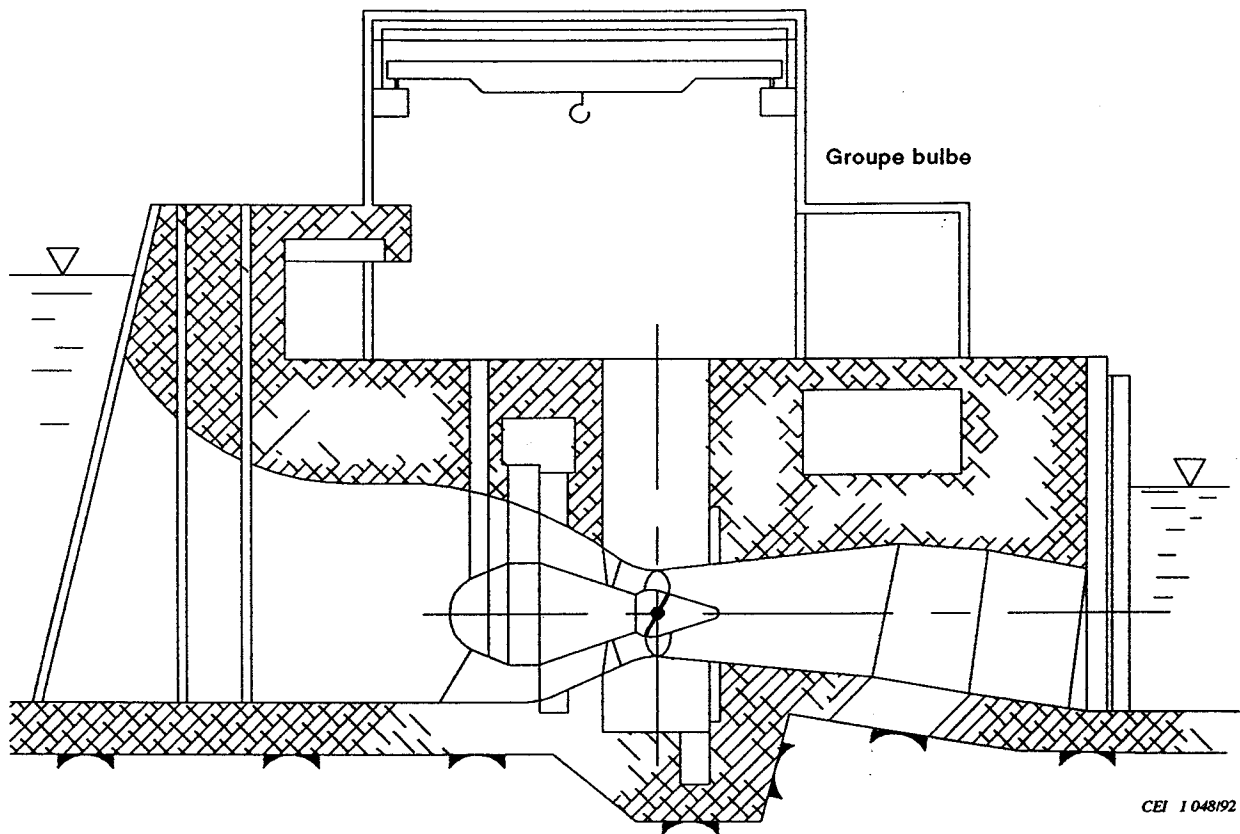


Figure 4b – Schéma d'installation pour basse chute (groupe bulbe et groupe à génératrice circconférentielle)

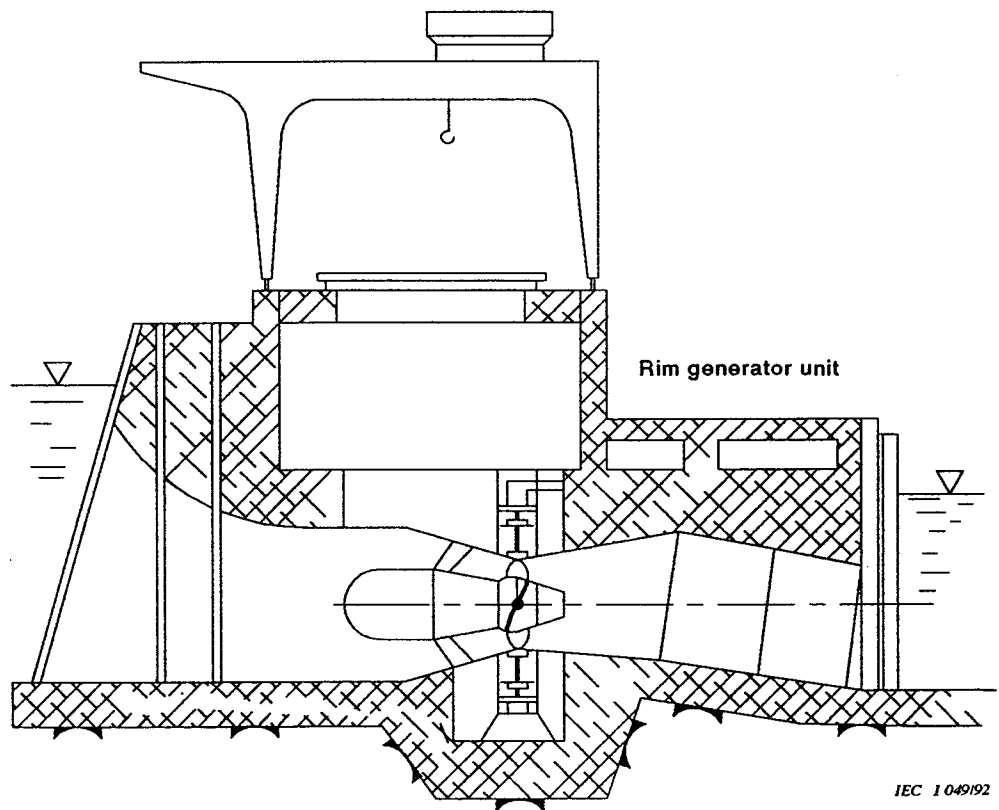
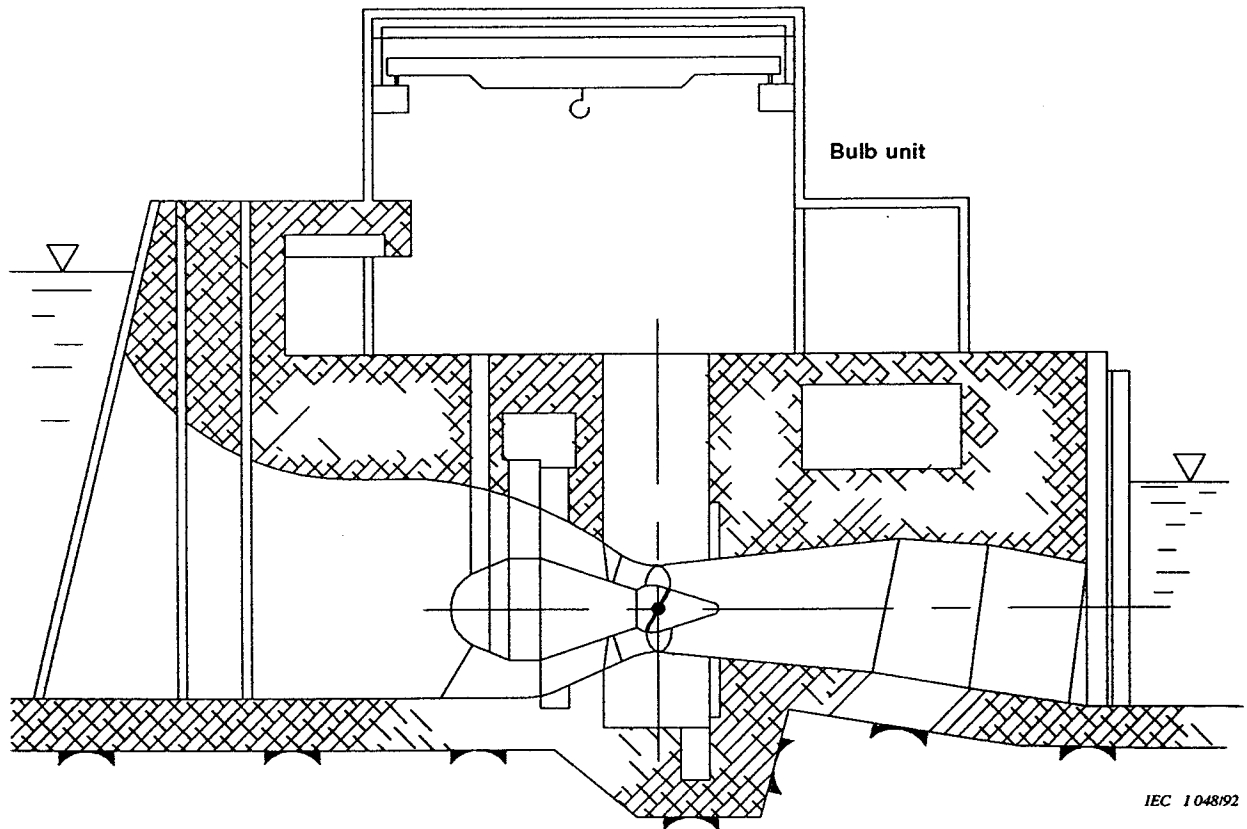


Figure 4b – Low head station (bulb unit and rim generator unit)

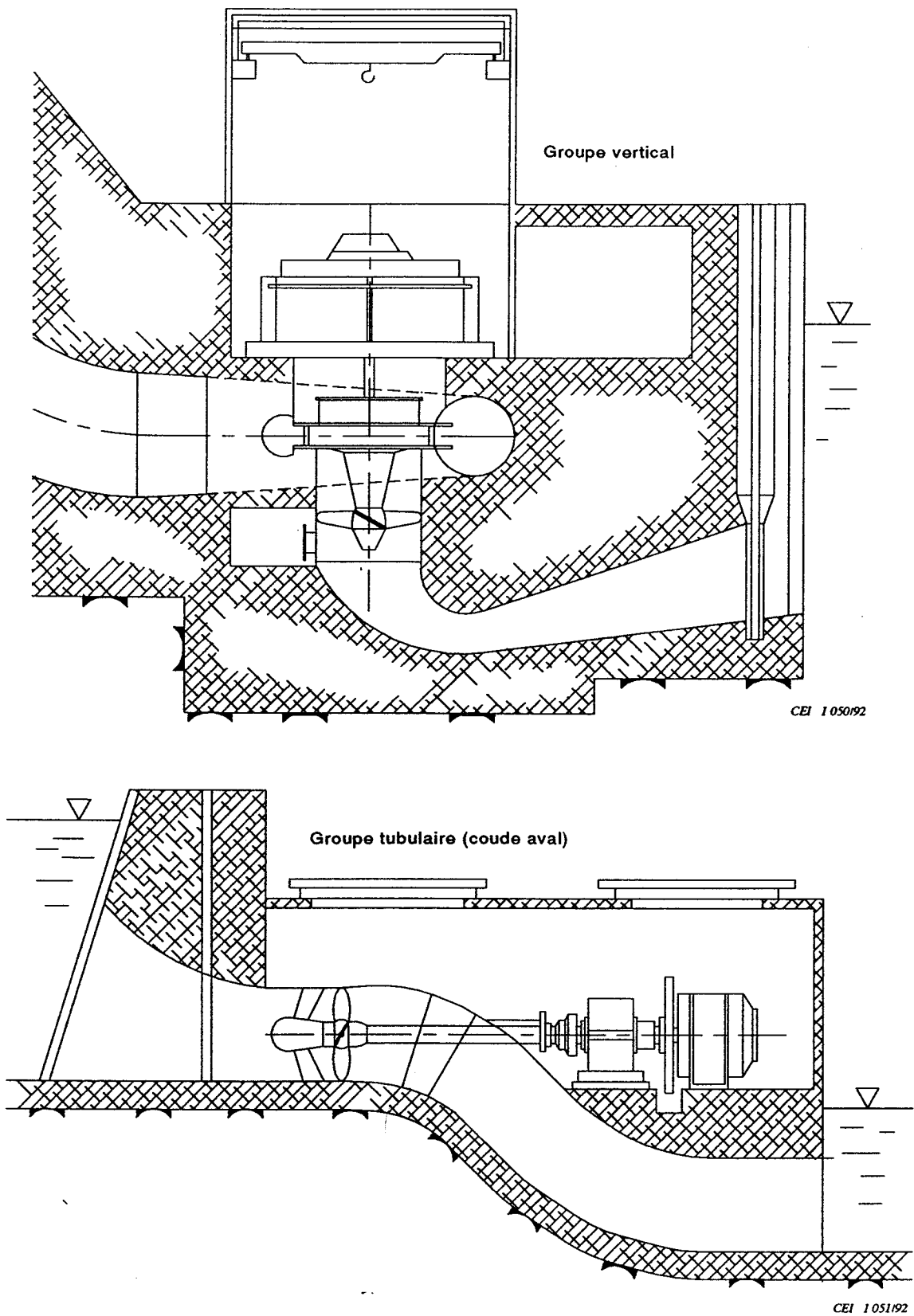


Figure 4c – Schéma d'installation pour basse chute (groupe vertical et groupe tubulaire (avec coude aval))

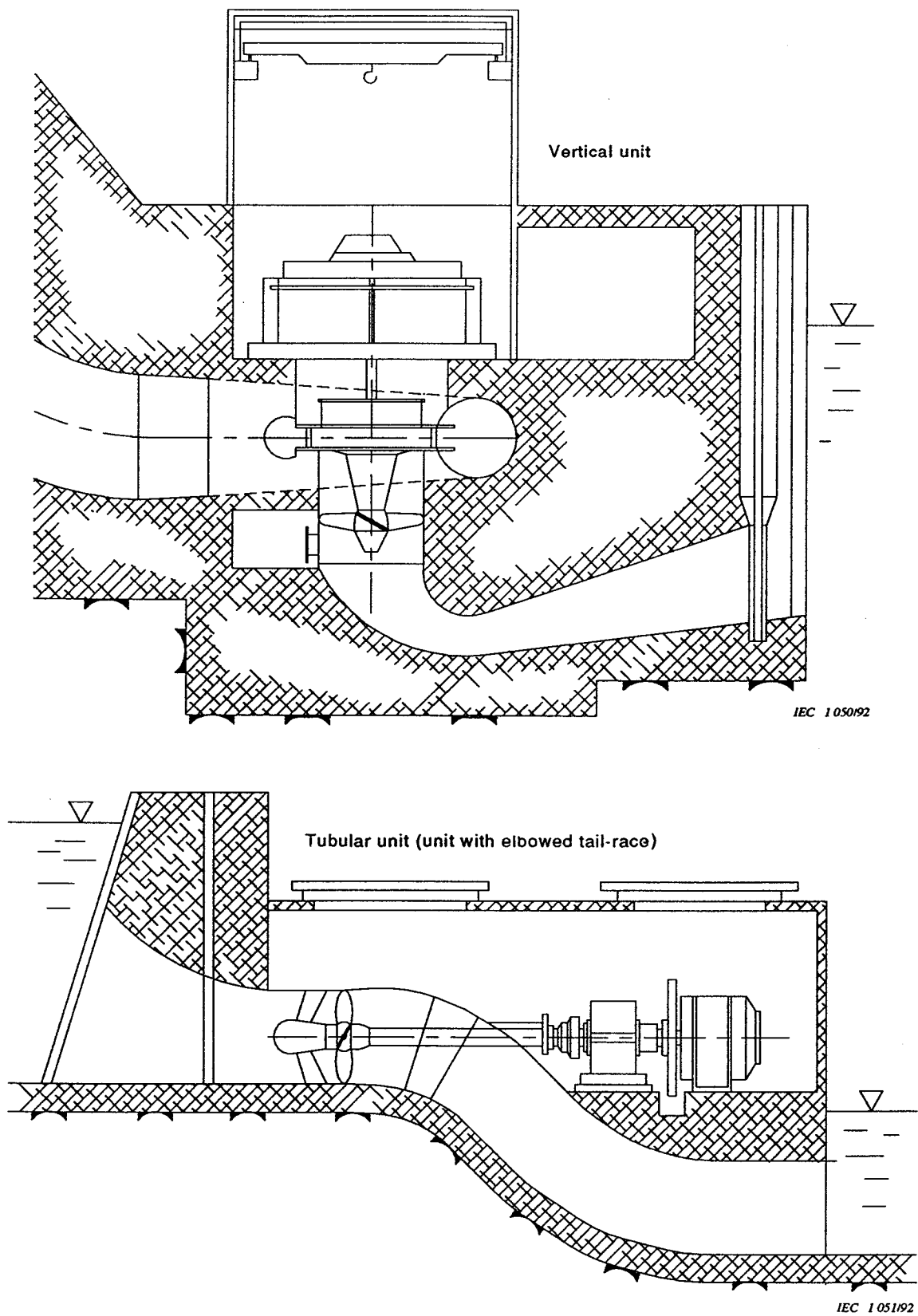


Figure 4c – Low head station (vertical unit and unit with elbowed tail-race)

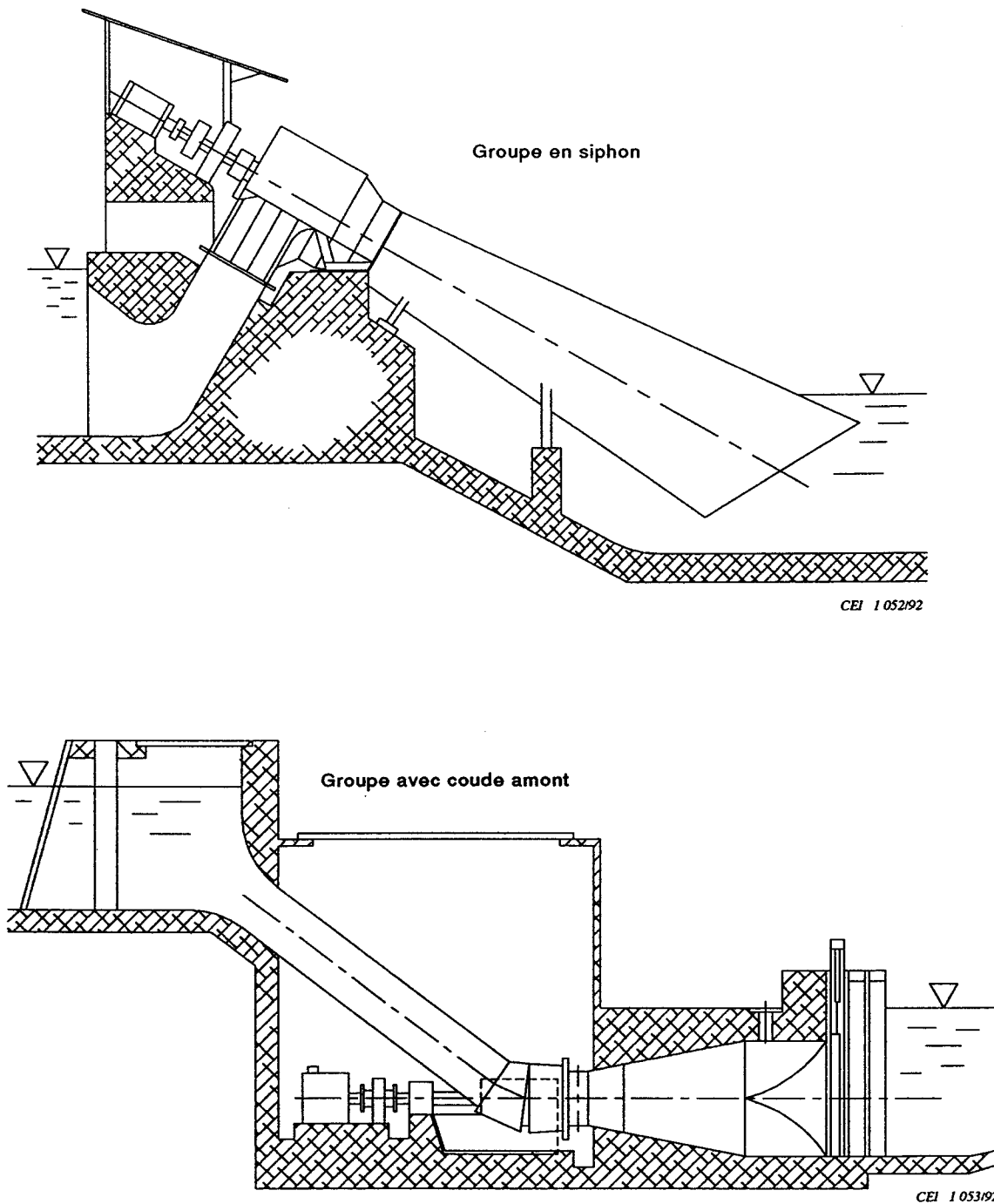


Figure 4d – Schéma d'installation pour basse chute (groupe en siphon et groupe avec coude amont)

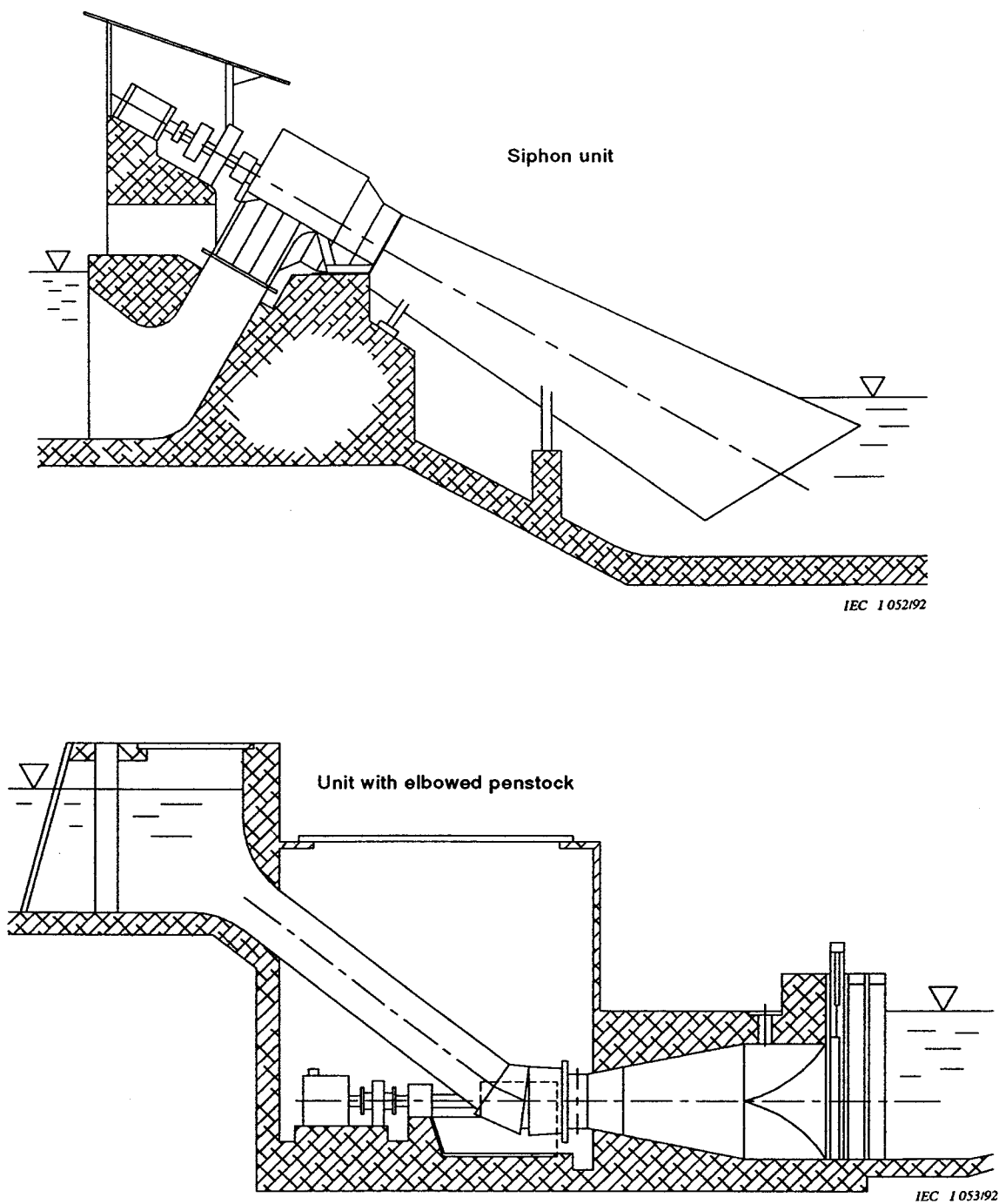


Figure 4d – Low head station (siphon unit and unit with elbowed penstock)

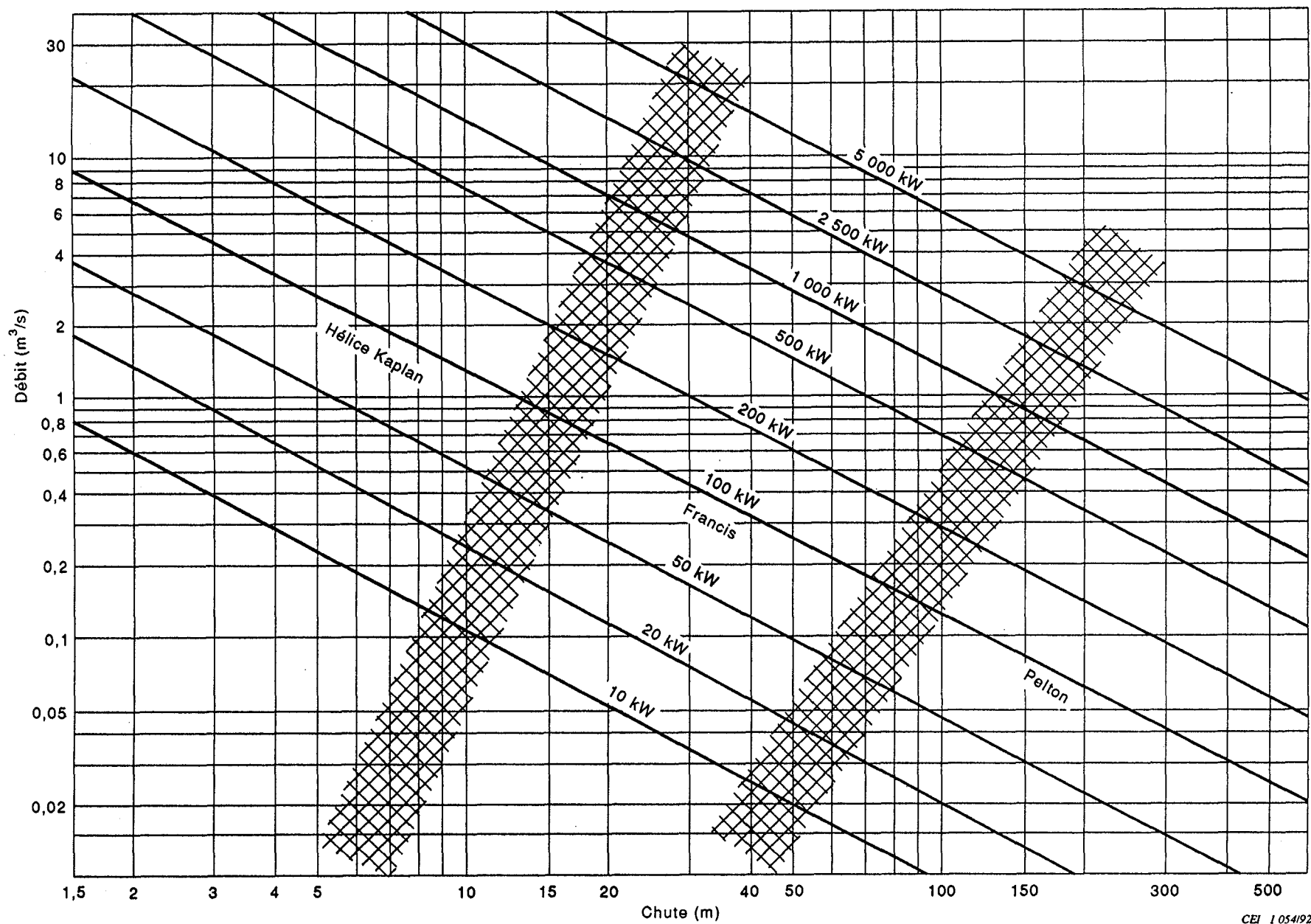
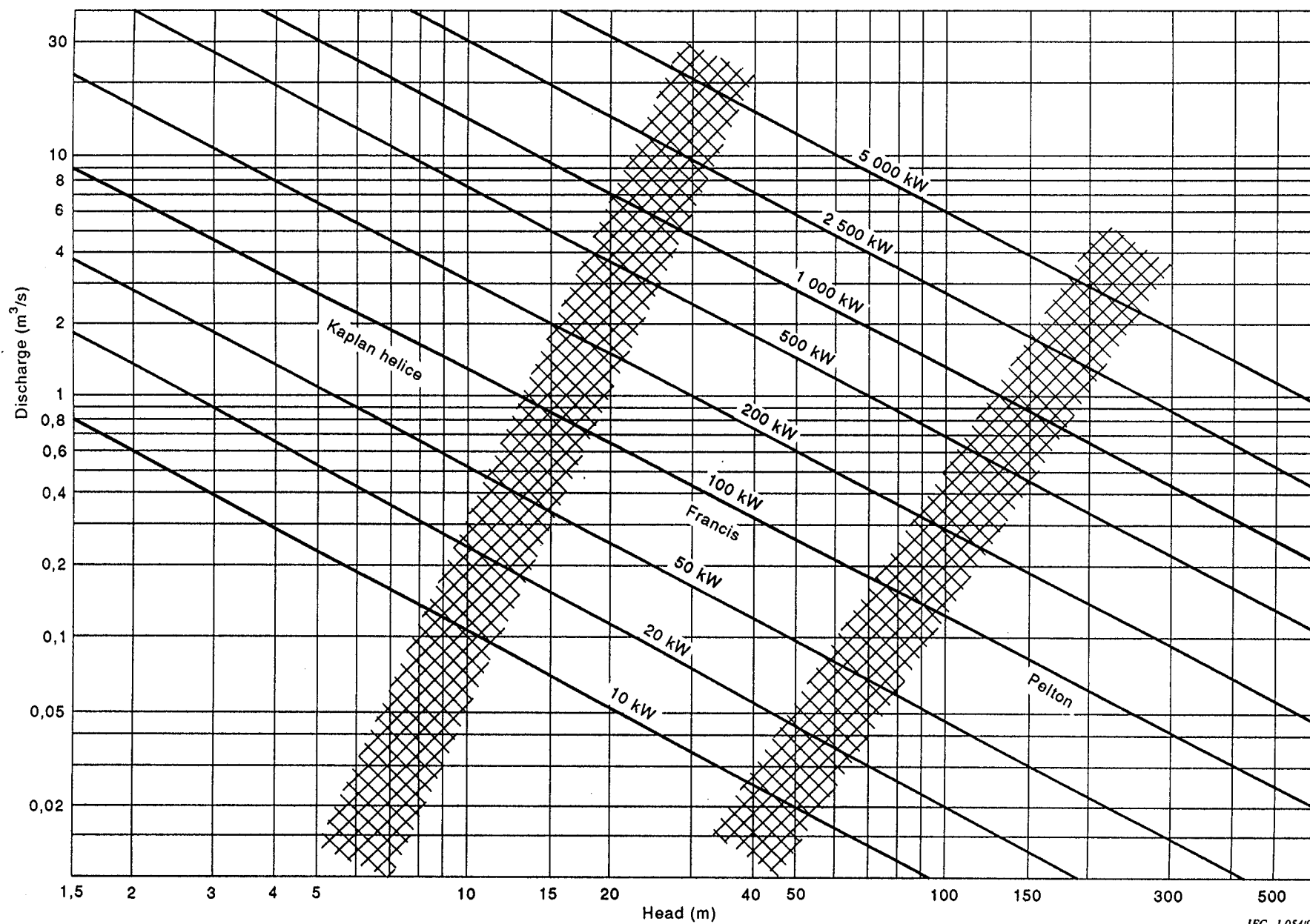
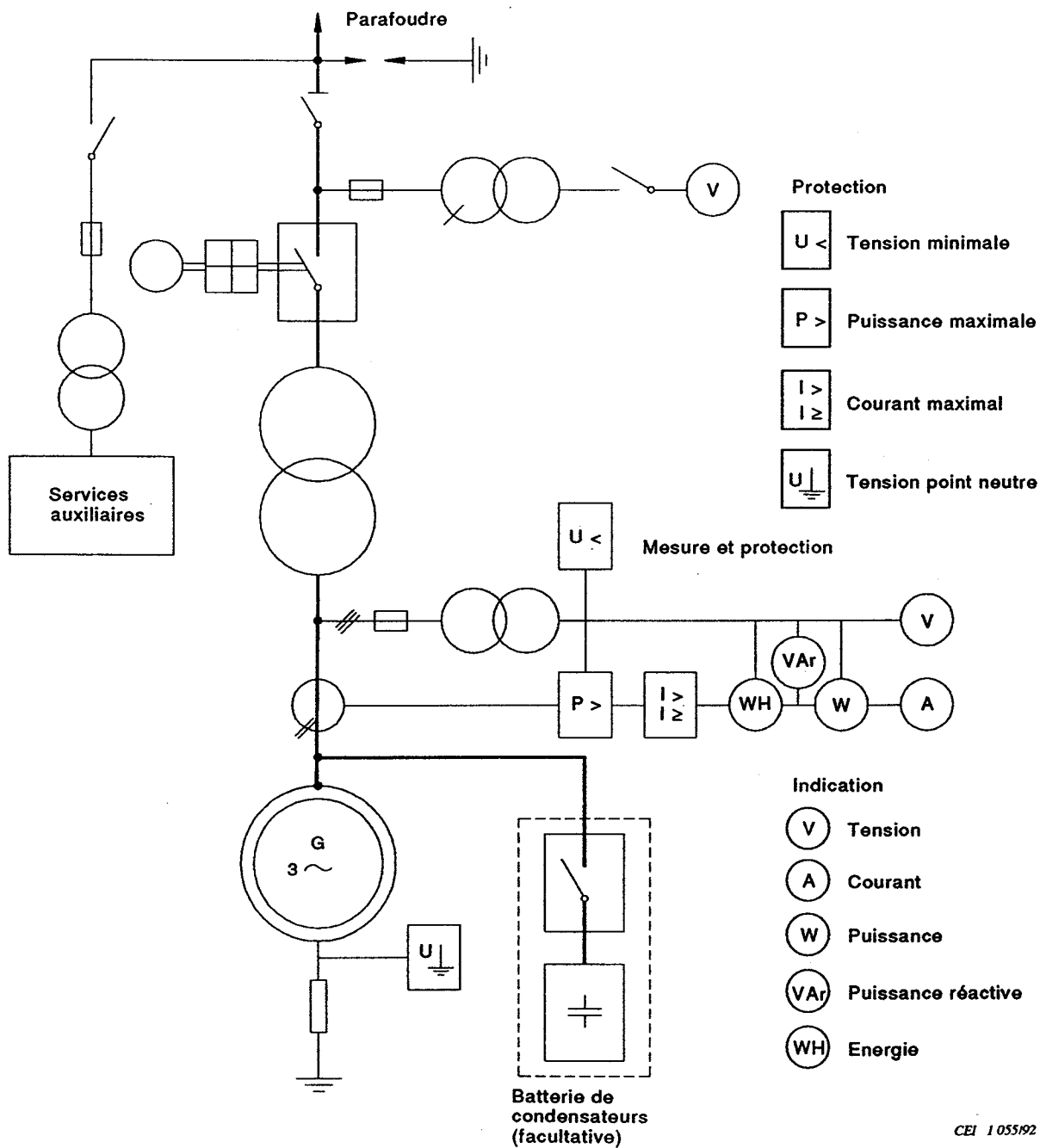


Figure 5 – Diagramme d'utilisation des turbines (approximatif)



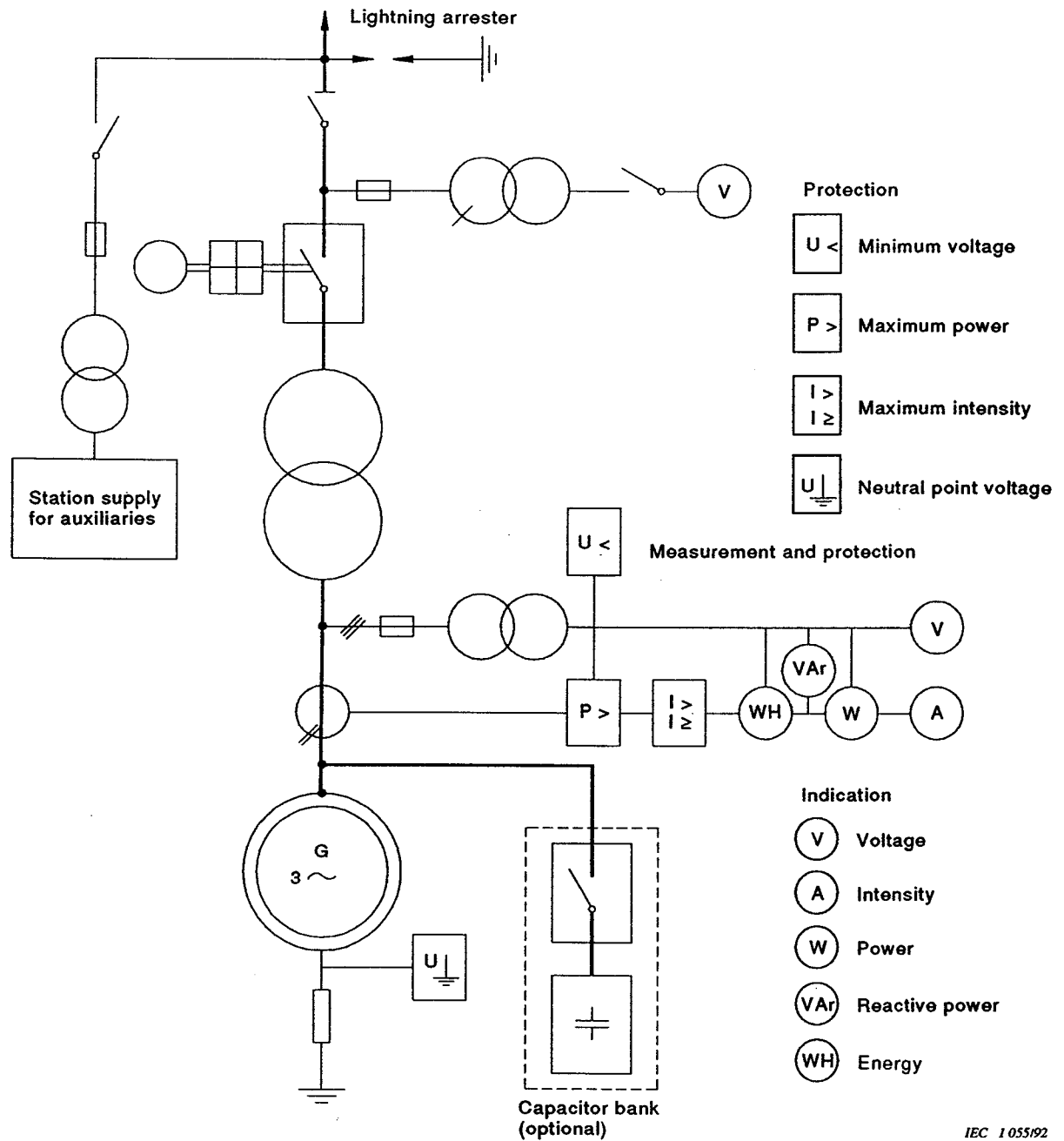
IEC 1054/92

Figure 5 - Turbine operating regimes (approximate)



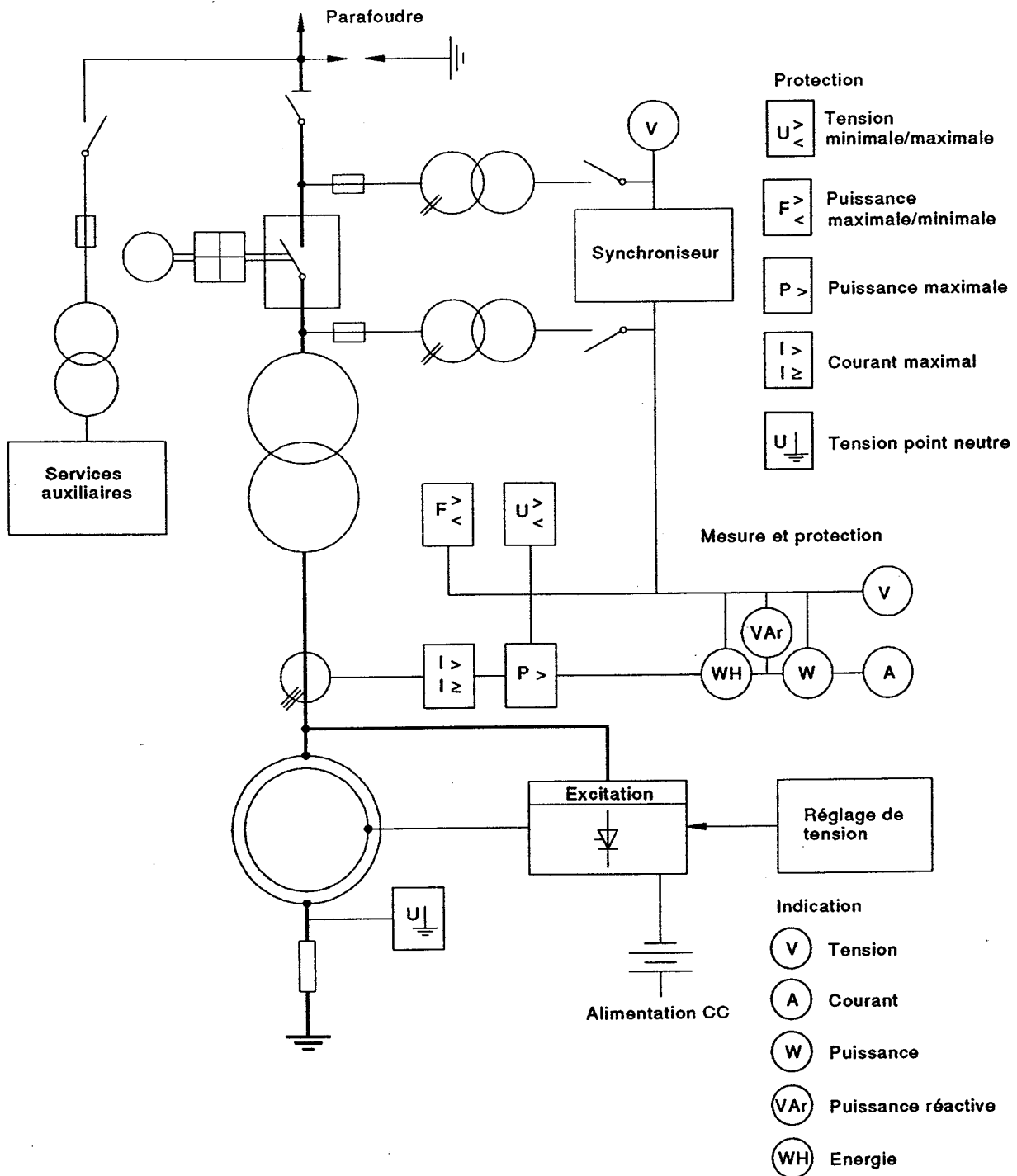
NOTE – Le disjoncteur principal peut être installé sur le circuit primaire (basse tension) du transformateur.

Figure 6a – Schéma de principe - Génératrice asynchrone



NOTE – The main circuit-breaker may be installed on the primary side (low voltage) of the transformer.

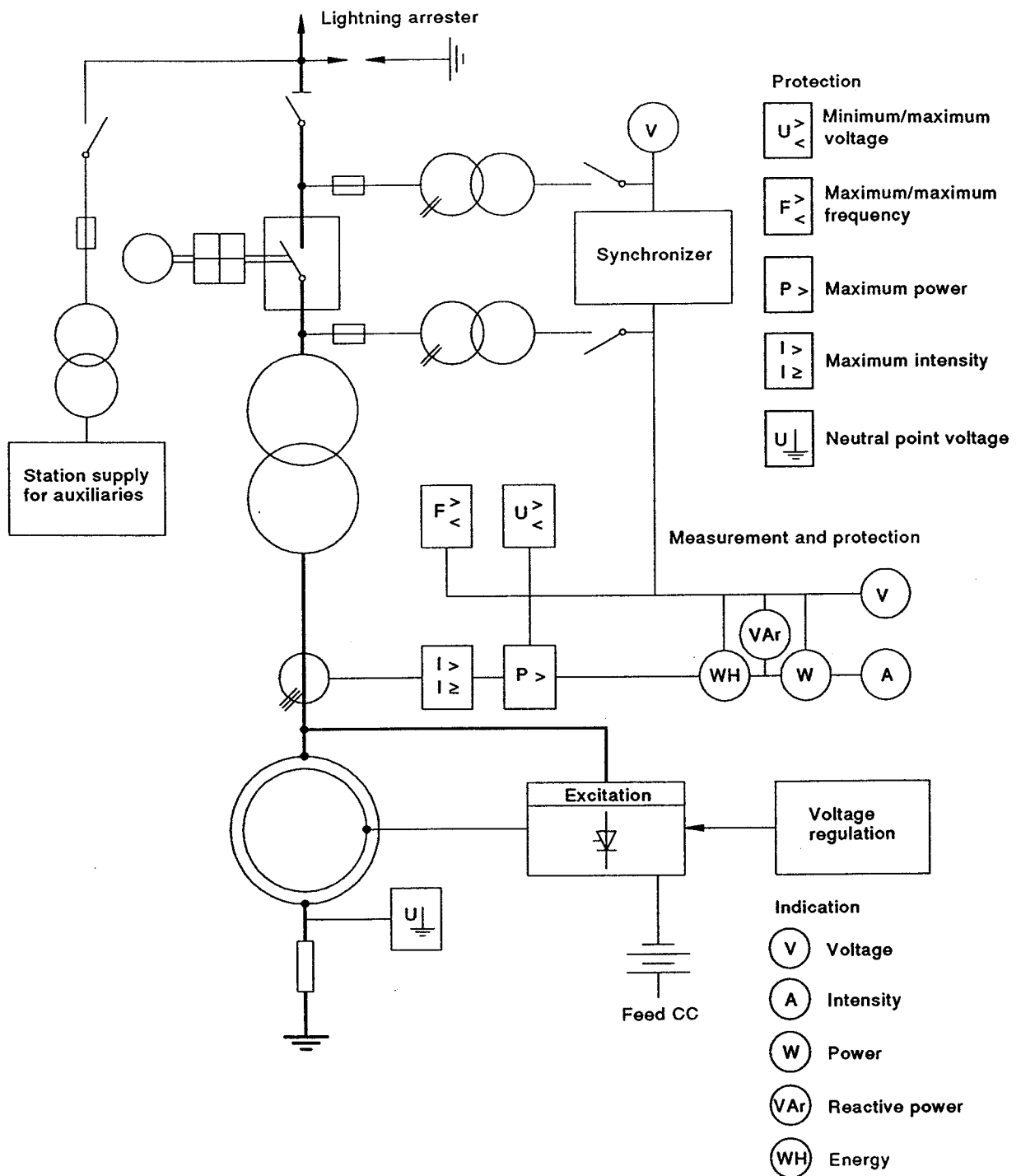
Figure 6a – Single line diagram – Asynchronous generator



NOTE - Le disjoncteur principal peut être installé sur le circuit primaire (basse tension) du transformateur.

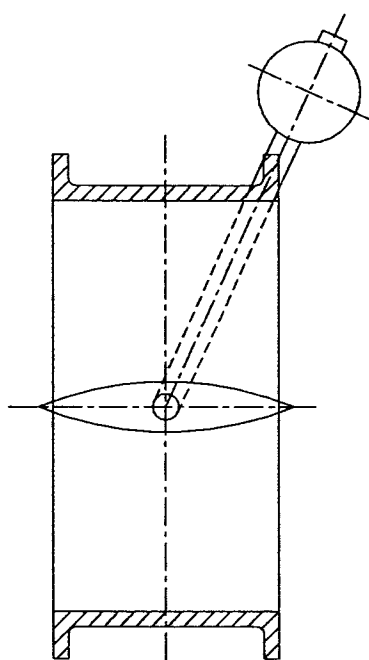
Figure 6b - Schéma de principe - Génératrice synchrone

CEI 1056/92

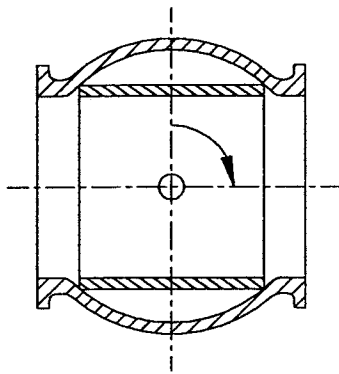


NOTE – The main circuit-breaker may be installed on the primary side (low voltage) of the transformer.

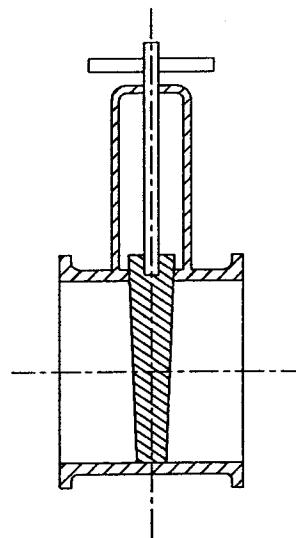
Figure 6b – Single line diagram – Synchronous generator



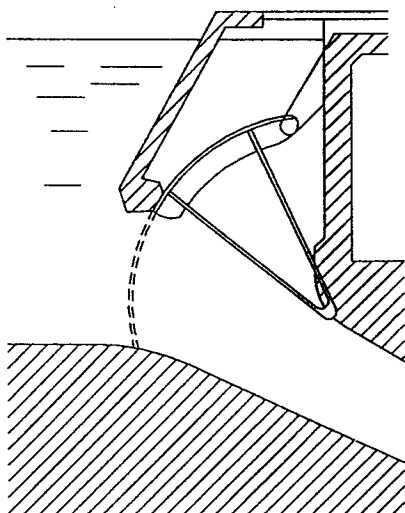
Vanne papillon
Butterfly valve



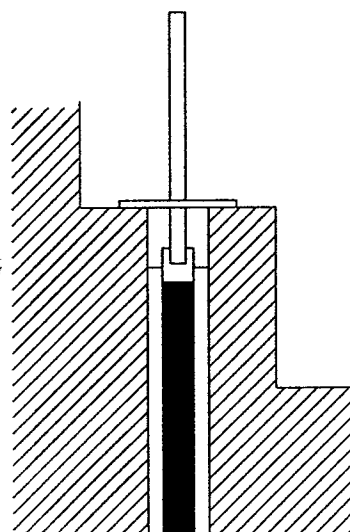
Vanne sphérique
Spherical valve



Vanne à opercule
Gate valve



Vanne à opercule radial
Radial gate valve



Batardeau
Stoplog

CEI-IEC 1 057/92

Figure 7 – Dispositifs de vannage hydraulique (exemples)
Hydraulic closure devices (examples)

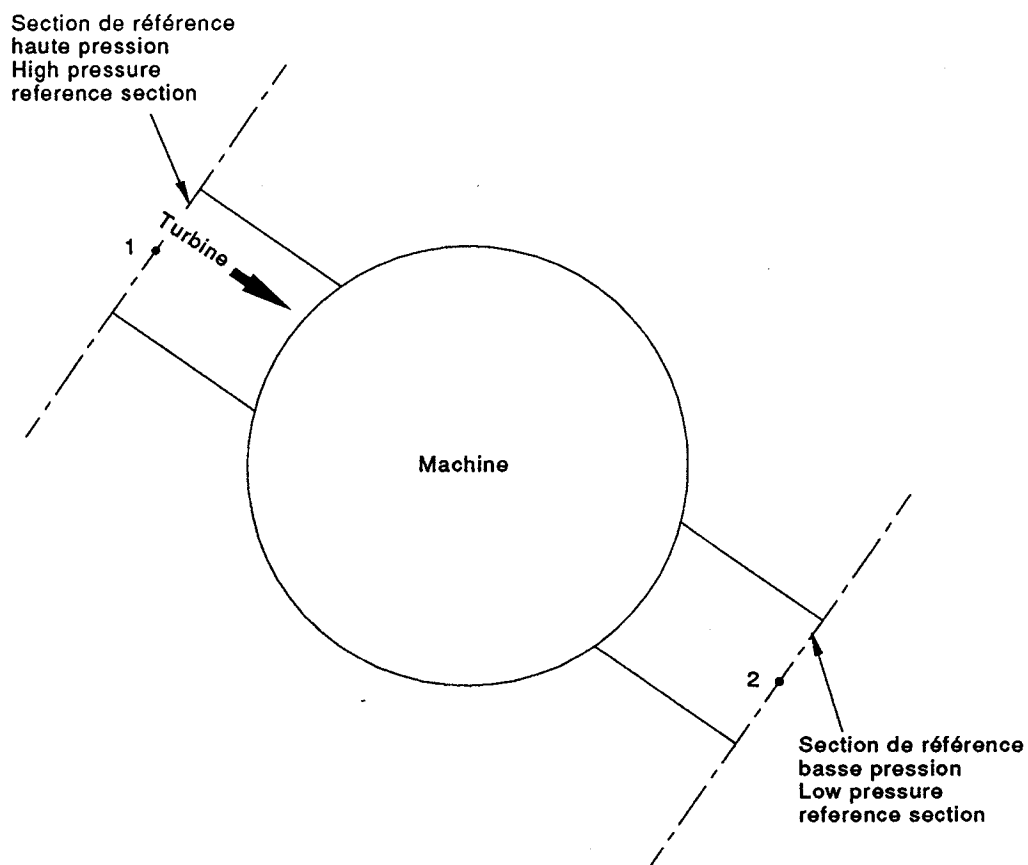


Figure 8 – Représentation schématique d'une machine hydraulique
Schematic representation of a hydraulic machine

ICS 27.140; 29.160.20
