



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Power transformers –
Part 1: General**

**Transformateurs de puissance –
Partie 1: Généralités**

Withdrawing

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

CONTENTS

	Page
FOREWORD	4
Clause	
1 Scope and service conditions.....	5
1.1 Scope	5
1.2 Service conditions.....	5
2 Normative references.....	6
3 Definitions.....	7
3.1 General.....	7
3.2 Terminals and neutral point.....	8
3.3 Windings.....	9
3.4 Rating.....	10
3.5 Tappings.....	11
3.6 Losses and no-load current.....	13
3.7 Short-circuit impedance and voltage drop.....	13
3.8 Temperature rise	14
3.9 Insulation.....	14
3.10 Connections.....	14
3.11 Kinds of tests.....	15
3.12 Meteorological data with respect to cooling.....	16
4 Rating.....	16
4.1 Rated power	16
4.2 Loading cycle.....	17
4.3 Preferred values of rated power.....	17
4.4 Operation at higher than rated voltage and/or at disturbed frequency.....	17
5 Requirements for transformers having a tapped winding	17
5.1 General – Notation of tapping range	17
5.2 Tapping voltage – tapping current. Standard categories of tapping voltage variation. Maximum voltage tapping	18
5.3 Tapping power. Full-power tappings – reduced-power tappings	21
5.4 Specification of tappings in enquiry and order.....	22
5.5 Specification of short-circuit impedance.....	22
5.6 Load loss and temperature rise.....	23
6 Connection and phase displacement symbols for three-phase transformers	23
7 Rating plates.....	26
7.1 Information to be given in all cases.....	26
7.2 Additional information to be given when applicable	26
8 Miscellaneous requirements.....	27
8.1 Dimensioning of neutral connection	27
8.2 Oil preservation system	27
8.3 Load rejection on generator transformers.....	28
9 Tolerances.....	28

Clause	Page
10 Tests	3 0
10.1 General requirements for routine, type and special tests	30
10.2 Measurement of winding resistance	3 1
10.3 Measurement of voltage ratio and check of phase displacement	3 2
10.4 Measurement of short-circuit impedance and load loss	3 2
10.5 Measurement of no-load loss and current	3 2
10.6 Measurement of the harmonics of the no-load current.....	3 3
10.7 Measurement of zero-sequence impedance(s) on three-phase transformers	3 3
10.8 Tests on on-load tap-changers.....	3 4
11 Electromagnetic compatibility (EMC)	3 4
Annex A (normative) Information required with enquiry and order.....	3 5
Annex B (informative) Examples of specifications for transformers with tappings.....	3 8
Annex C (informative) Specification of short-circuit impedance by boundaries.....	4 0
Annex D (informative) Three-phase transformer connections.....	4 1
Annex E (normative) Temperature correction of load loss.....	4 4
Annex F (informative) Bibliography.....	4 5
Figure 1a) – Constant flux voltage variation CFVV	2 0
Figure 1b) – Variable flux voltage variation VFVV.....	2 0
Figure 1c) – Combined voltage variation CbVV.....	2 1
Figure 2 – Illustration of 'clock number' notation – three examples	2 4
Figure C.1 – Example of specification of short-circuit impedance by boundaries.....	4 0
Figure D.1 – Common connections.....	4 1
Figure D.2 – Additional connections	4 2
Figure D.3 – Designation of connections of three-phase auto-transformers by connection symbols. Auto-transformer Ya0.	4 3
Figure D.4 – Example of three single-phase transformers connected to form a three-phase bank (connection symbol Yd5).....	4 3

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER TRANSFORMERS –

Part 1: General

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This International Standard has been prepared by IEC by technical committee 14: Power transformers.

This consolidated version of IEC 60076-1 consists of the second edition (1993) [documents 14(CO)75 and 14(CO)77], its amendment 1 (1999) [documents 14/344/FDIS and 14/345/RVD] and its corrigendum of June 1997.

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 2.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

IEC 60076 consists of the following parts, under the general title: *Power transformers*.

Part 1:1993, General.

Part 2:1993, Temperature rise.

Part 3:1980, Insulation levels and dielectric tests.

Part 5:1976, Ability to withstand short circuit.

Annexes A and E form an integral part of this standard.

Annexes B, C, D and F are for information only.

POWER TRANSFORMERS –

Part 1: General

1 Scope and service conditions

1.1 Scope

This part of International Standard IEC 60076 applies to three-phase and single-phase power transformers (including auto-transformers) with the exception of certain categories of small and special transformers such as:

- single-phase transformers with rated power less than 1 kVA and three-phase transformers less than 5 kVA;
- instrument transformers;
- transformers for static convertors;
- traction transformers mounted on rolling stock;
- starting transformers;
- testing transformers;
- welding transformers.

When IEC standards do not exist for such categories of transformers, this part of IEC 60076 may still be applicable either as a whole or in part.

For those categories of power transformers and reactors which have their own IEC standards, this part is applicable only to the extent in which it is specifically called up by cross-reference in the other standard.*

At several places in this part it is specified or recommended that an 'agreement' shall be reached concerning alternative or additional technical solutions or procedures. Such agreement is to be made between the manufacturer and the purchaser. The matters should preferably be raised at an early stage and the agreements included in the contract specification.

1.2 Service conditions

1.2.1 Normal service conditions

This part of IEC 60076 gives detailed requirements for transformers for use under the following conditions:

a) Altitude

A height above sea-level not exceeding 1 000 m (3 300 ft).

b) Temperature of ambient air and cooling medium

A temperature of ambient air not below -25 °C and not above $+40\text{ °C}$. For water-cooled transformers, a temperature of cooling water at the inlet not exceeding $+25\text{ °C}$.

* Such standards exist for dry-type transformers (IEC 60726), for reactors in general (IEC 60289), for traction transformers and reactors (IEC 60310), and are under preparation for static convertor transformers.

Further limitations, with regard to cooling are given for:

- oil-immersed transformers in IEC 60076-2;
- dry-type transformers in IEC 60726.

c) Wave shape of supply voltage

A supply voltage of which the wave shape is approximately sinusoidal.

NOTE This requirement is normally not critical in public supply systems but may have to be considered in installations with considerable convertor loading. In such cases there is a conventional rule that the deformation shall neither exceed 5 % total harmonic content nor 1 % even harmonic content. Also note the importance of current harmonics for load loss and temperature rise.

d) Symmetry of three-phase supply voltage

For three-phase transformers, a set of three-phase supply voltages which are approximately symmetrical.

e) Installation environment

An environment with a pollution rate (see IEC 60137 and IEC 60815) that does not require special consideration regarding the external insulation of transformer bushings or of the transformer itself.

An environment not exposed to seismic disturbance which would otherwise require special consideration in the design. (This is assumed to be the case when the ground acceleration level a_g is below 2 m/s.)*

1.2.2 Provision for unusual service conditions

Any unusual service conditions which may lead to special consideration in the design of a transformer shall be stated in the enquiry and the order. These may be factors such as high altitude, extreme high or low temperature, tropical humidity, seismic activity, severe contamination, unusual voltage or load current wave shapes and intermittent loading. They may also concern conditions for shipment, storage and installation, such as weight or space limitations (see annex A).

Supplementary rules for rating and testing are given in other publications for:

- Temperature rise and cooling in high ambient temperature or at high altitude: IEC 60076-2 for oil-immersed transformers, and IEC 60726 for dry-type transformers.
- External insulation at high altitude: IEC 60076-3 and IEC 60076-3-1 for oil-immersed transformers, and IEC 60726 for dry-type transformers.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60076. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 60076 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

* See IEC 60068-3-3.

60076-1 © IEC:1993+A1:1999

– 7 –

IEC 60050(421):1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 421: Power transformers and reactors*

IEC 60068-3-3:1991, *Environmental testing – Part 3: Guidance. Seismic test methods for equipments*

IEC 60076-2:1993, *Power transformers – Part 2: Temperature rise*

IEC 60076-3:1980, *Power transformers – Part 3: Insulation levels and dielectric tests*

IEC 60076-3-1:1987, *Power transformers – Part 3: Insulation levels and dielectric tests. External clearances in air*

IEC 60076-5:1976, *Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit*

IEC 60137:1984, *Bushings for alternating voltages above 1 000 V*

IEC 60354:1991, *Loading guide for oil-immersed power transformers*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60551:1987, *Determination of transformer and reactor sound levels*

IEC 60606:1978, *Application guide for power transformers*

IEC 60726:1982, *Dry-type power transformers*

IEC 60815:1986, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

IEC 60905:1987, *Loading guide for dry-type power transformers*

ISO 3:1973, *Preferred numbers – Series of preferred numbers*

ISO 9001:1987, *Quality systems – Model for quality assurance in design/development, production, installation and servicing*

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	48
Articles	
1 Domaine d'application et conditions de service.....	49
1.1 Domaine d'application.....	49
1.2 Conditions de service	49
2 Références normatives.....	50
3 Définitions	51
3.1 Généralités	51
3.2 Bornes et point neutre	52
3.3 Enroulements.....	53
3.4 Régime assigné	54
3.5 Prises	55
3.6 Pertes et courant à vide.....	57
3.7 Impédance de court-circuit et chute de tension	57
3.8 Echauffement.....	58
3.9 Isolement.....	58
3.10 Connexions (ou couplage)	58
3.11 Types d'essais.....	59
3.12 Données météorologiques concernant le refroidissement.....	60
4 Régime assigné.....	60
4.1 Puissance assignée	60
4.2 Cycle de charge.....	61
4.3 Valeurs préférentielles de la puissance assignée	61
4.4 Fonctionnement à une tension supérieure à la tension assignée et/ou à fréquence perturbée.....	61
5 Prescriptions pour les transformateurs possédant un enroulement à prises	61
5.1 Généralités – Notation d'étendue de prises.....	61
5.2 Tension de prise – courant de prise. Catégories standards de réglage de tension de prise. Prise à tension maximale	62
5.3 Puissance de prise. Prises à pleine puissance – prises à puissance réduite	65
5.4 Spécification des prises dans l'appel d'offres et la commande	66
5.5 Spécification de l'impédance de court-circuit.....	66
5.6 Pertes dues à la charge et échauffement	67
6 Symboles des couplages et des déphasages pour les transformateurs triphasés.....	67
7 Plaques signalétiques.....	70
7.1 Informations à donner dans tous les cas	70
7.2 Informations supplémentaires à donner le cas échéant.....	70
8 Prescriptions diverses	71
8.1 Dimensionnement de la connexion de neutre	71
8.2 Système de préservation d'huile	71
8.3 Déclenchement de la charge sur les transformateurs de groupe	71
9 Tolérances	72

Articles	Pages
10 Essais	7 4
10.1 Conditions générales pour les essais individuels, les essais de type et les essais spéciaux.....	7 4
10.2 Mesure de la résistance des enroulements	7 5
10.3 Mesure du rapport de transformation et contrôle du déphasage	7 6
10.4 Mesure de l'impédance de court-circuit et des pertes dues à la charge	7 6
10.5 Mesures des pertes et du courant à vide.....	7 6
10.6 Mesure des harmoniques du courant à vide	7 7
10.7 Mesures d'impédance(s) homopolaires(s) sur des transformateurs triphasés	7 7
10.8 Essais sur les changeurs de prises en charge.....	7 8
11 Compatibilité électromagnétique (CEM).....	7 8
 Annexe A (normative) Renseignements à fournir à l'appel d'offres et à la commande.....	7 9
Annexe B (informative) Exemples de spécifications de transformateurs avec prises de réglage	8 2
Annexe C (informative) Spécification d'impédance de court-circuit par les limites.....	8 4
Annexe D (informative) Couplage des transformateurs triphasés.....	8 5
Annexe E (normative) Influence de la température sur les pertes dues à la charge	8 8
Annexe F (informative) Bibliographie.....	8 9
 Figure 1a) – Réglage à flux constant RFC	6 4
Figure 1b) – Réglage à flux variable RFV.....	6 4
Figure 1c) – Réglage combiné RCb.....	6 5
Figure 2 – Illustration des «indices horaires» – trois exemples	6 8
Figure C.1 – Exemple de spécification d'impédance de court-circuit par les limites	8 4
Figure D.1 – Couplages usuels.....	8 5
Figure D.2 – Couplages additionnels	8 6
Figure D.3 – Désignation des couplages des autotransformateurs triphasés par des symboles de couplage. Autotransformateur Ya0	8 7
Figure D.4 – Exemple de trois transformateurs monophasés formant un groupe triphasé (symbole de couplage Yd5)	8 7

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 1: Généralités

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La présente Norme internationale a été établie par le comité d'études 14 de la CEI: Transformateurs de puissance.

La présente version consolidée de la CEI 60076-1 comprend la deuxième édition (1993) [documents 14(BC)75 et 14(BC)77], son amendement 1 (1999) [documents 14/344/FDIS et 14/345/RVD] et son corrigendum de juin 1997.

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 2.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

La CEI 60076 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général: *Transformateurs de puissance*.

Partie 1:1993, Généralités.

Partie 2:1993, Echauffement.

Partie 3:1980, Niveaux d'isolement et essais diélectriques.

Partie 5:1976, Tenue au court-circuit.

Les annexes A et E font partie intégrante de cette norme.

Les annexes B, C, D et F sont données uniquement à titre d'information.

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 1: Généralités

1 Domaine d'application et conditions de service

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la Norme internationale CEI 60076 s'applique aux transformateurs triphasés et monophasés (y compris les autotransformateurs), à l'exception de certaines catégories de petits transformateurs et de transformateurs spéciaux, tels que:

- transformateurs de puissance assignée inférieure à 1 kVA en monophasé, et 5 kVA en triphasé;
- transformateurs de mesure;
- transformateurs pour convertisseurs statiques;
- transformateurs de traction montés sur matériel roulant;
- transformateurs de démarrage;
- transformateurs d'essais;
- transformateurs de soudure.

Lorsqu'il n'existe pas de normes de la CEI pour des catégories de transformateurs telles que celles-ci, la présente partie de la CEI 60076 peut néanmoins être appliquée en tout ou partie.

Pour ces catégories de transformateurs de puissance et de bobines d'inductance qui disposent d'une norme CEI appropriée, cette partie est applicable uniquement dans la mesure où il y est fait explicitement référence dans l'autre norme*.

A plusieurs endroits dans cette partie, il est prescrit ou recommandé qu'un accord doit être obtenu concernant des solutions techniques ou des procédures additionnelles. Un tel accord sera établi entre le constructeur et l'utilisateur. Il y a lieu que ces questions soient soulevées assez tôt et que les accords soient inclus dans la spécification du contrat.

1.2 Conditions de service

1.2.1 Conditions normales de service

Cette partie de la CEI 60076 contient les prescriptions détaillées pour les transformateurs destinés à être utilisés dans les conditions suivantes:

a) Altitude

Altitude ne dépassant pas 1 000 m.

b) Température ambiante et fluide de refroidissement

La température de l'air ambiant est comprise entre -25 °C et $+40\text{ °C}$. Dans le cas des transformateurs refroidis à l'eau, la température de l'eau à l'entrée ne dépasse pas $+25\text{ °C}$.

* De telles normes existent pour les transformateurs de type sec (CEI 60726), les bobines d'inductance en général (CEI 60289), les transformateurs et bobines de traction (CEI 60310), et une norme est en cours d'élaboration pour les transformateurs pour convertisseurs statiques.

Des limites supplémentaires pour le refroidissement sont données:

- pour les transformateurs immergés dans l'huile dans la CEI 60076-2;
- pour les transformateurs de type sec dans la CEI 60726.

c) Forme d'onde de la tension d'alimentation.

La tension d'alimentation a une forme d'onde pratiquement sinusoïdale.

NOTE Cette prescription n'est normalement pas critique dans les réseaux publics d'alimentation mais elle peut avoir à être reconsidérée dans les installations comportant une charge considérable en convertisseur. Dans de tels cas il y a une règle conventionnelle telle que la déformation ne doit pas excéder 5 % pour le contenu total des harmoniques ni 1 % pour celles d'ordre pair. Prendre aussi en considération l'importance des harmoniques de courant pour les pertes dues à la charge et l'échauffement.

d) Symétrie des tensions d'alimentation triphasées

Pour les transformateurs triphasés, les tensions d'alimentation triphasées sont pratiquement symétriques.

e) Environnement

Un environnement à faible degré de pollution (voir la CEI 60137 et la CEI 60815), qui ne demande pas de mesures particulières concernant l'isolement des traversées ou du transformateur lui-même.

Un environnement qui ne nécessite pas de prendre en compte un risque sismique dans la conception. (On considère que c'est le cas quand l'accélération verticale a_g est inférieure à 2 m/s².)*

1.2.2 Dispositions pour conditions de services exceptionnelles

Toutes les conditions anormales de service qui peuvent nécessiter des considérations spéciales dans la conception d'un transformateur doivent être précisées dans l'appel d'offre et la commande. Ce peut être des facteurs tels qu'une altitude élevée, une température trop élevée ou trop basse, une humidité de type tropical, une activité sismique, une pollution sévère, des conditions anormales de tension et de formes d'onde de courant de charge et des charges intermittentes. Il peut s'agir aussi des conditions de transport, de stockage et d'installation, telles que des limites de masse ou de dimensions (voir l'annexe A).

Des règles complémentaires pour le régime assigné et les conditions d'essais sont données dans d'autres publications:

- Pour l'échauffement et le refroidissement sous une température ambiante élevée ou à haute altitude, dans la CEI 60076-2 pour les transformateurs immergés dans l'huile, et dans la CEI 60726 pour les transformateurs de type sec.
- Pour l'isolement externe à haute altitude, dans les CEI 60073-3 et 60076-3-1 pour les transformateurs immergés dans l'huile et dans la CEI 60726 pour les transformateurs de type sec.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60076. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60076 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

* Voir la CEI 60068-3-3.

CEI 60050(421):1990, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 421: Transformateurs de puissance et bobines d'inductance*

CEI 60068-3-3:1991, *Essais d'environnement – Troisième partie: Guide. Méthodes d'essais sismiques applicables aux matériels*

CEI 60076-2:1993, *Transformateurs de puissance – Partie 2: Echauffement*

CEI 60076-3:1980, *Transformateurs de puissance – Troisième partie: Niveaux d'isolement et essais diélectriques*

CEI 60076-3-1:1987, *Transformateurs de puissance – Troisième partie: Niveaux d'isolement et essais diélectriques. Distances d'isolement dans l'air*

CEI 60076-5:1976, *Transformateurs de puissance – Cinquième partie: Tenue au court-circuit*

CEI 60137:1984, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V*

CEI 60354:1991, *Guide de charge pour transformateurs de puissance immergés dans l'huile*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60551:1987, *Détermination des niveaux de bruit des transformateurs et des bobines d'inductance*

CEI 60606:1978, *Guide d'application pour les transformateurs de puissance*

CEI 60726:1982, *Transformateurs de puissance de type sec*

CEI 60815:1986, *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

CEI 60905:1987, *Guide de charge pour transformateurs de puissance du type sec*

ISO 3:1973, *Nombres normaux – Séries de nombres normaux*

ISO 9001:1987, *Systèmes qualité – Modèle pour l'assurance de la qualité en conception/développement, production, installation et soutien après vente*