



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Thermocouples –
Part 1: EMF specifications and tolerances**

**Couples thermoélectriques –
Partie 1: Spécifications et tolérances en matière de FEM**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XB**
CODE PRIX

ICS 17.200.20

ISBN 978-2-8322-1047-5

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Terms and definitions	7
3 Thermocouple designations	8
4 EMF – Temperature reference functions	9
5 Thermocouple tolerances	14
6 Thermoelectric values at the fixed points of the ITS-90.....	15
Annex A (informative) Tables for EMF as a function of temperature	17
Annex B (informative) Inverse polynomial functions	57
Annex C (informative) Guidance on the selection of thermocouples	64
Bibliography.....	68
Table 1 – Thermocouple types	9
Table 2 – Type R reference function	10
Table 3 – Type S reference function	11
Table 4 – Type B reference function	11
Table 5 – Type J reference function	11
Table 6 – Type T reference function.....	12
Table 7 – Type E reference function	12
Table 8 – Type K reference function	13
Table 9 – Type N reference function	13
Table 10 – Type C reference function	14
Table 11 – Type A reference function	14
Table 12 – Thermocouple tolerances	15
Table 13 – EMF and Seebeck coefficients of the thermocouples at the fixed points of the ITS-90 (EMF: upper row, Seebeck coefficient: lower row)	16
Table A.1 – Type R: Platinum - 13 % rhodium / platinum (1 of 5)	17
Table A.2 – Type S: Platinum-10 % rhodium / platinum (1 of 5).....	21
Table A.3 – Type B: Platinum-30 % rhodium / platinum-6 % rhodium (1 of 4)	26
Table A.4 – Type J: Iron / copper-nickel (1 of 4).....	30
Table A.5 – Type T: Copper / copper-nickel (1 of 2)	34
Table A.6 – Type E: Nickel-chromium / copper-nickel (1 of 3)	36
Table A.7 – Type K: Nickel-chromium / nickel-aluminium (1 of 4)	39
Table A.8 – Type N: Nickel-chromium-silicon / nickel-silicon (1 of 4).....	43
Table A.9 – Type C: Tungsten-5 % rhenium / tungsten-26 % rhenium (1 of 5).....	47
Table A.10 – Type A: Tungsten-5 % rhenium / tungsten-20 % rhenium (1 of 5)	52
Table B.1 – Type R Inverse function coefficients.....	58
Table B.2 – Type S Inverse function coefficients	59
Table B.3 – Type B Inverse function coefficients	59
Table B.4 – Type J Inverse function coefficients	60
Table B.5 – Type T Inverse function coefficients	60

Table B.6 – Type E Inverse function coefficients	61
Table B.7 – Type K Inverse function coefficients	61
Table B.8 – Type N Inverse function coefficients	62
Table B.9 – Type C Inverse function coefficients	62
Table B.10 – Type A Inverse function coefficients	63
Table C.1 – Recommended maximum temperature of use, t_{max} / °C	64
Table C.2 – Environmental recommendations and limitations of the conductors	66
Table C.3 – Neutron irradiation effects	67

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

THERMOCOUPLES –

Part 1: EMF specifications and tolerances

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60584-1 has been prepared by sub-committee 65B: Measurement and control devices, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1995. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) IEC 60584-1:1995 and IEC 60584-2:1982 have been merged;
- b) the standard is now explicitly based on the reference polynomials which express thermocouple EMF as functions of temperature. The tables derived from the polynomials are given in Annex A;
- c) inverse polynomials expressing temperature as functions of EMF are given in Annex B, but inverse tables are not given;

- d) the range of the polynomial relating the EMF of Type K thermocouples is restricted to 1 300 °C;
- e) values of the Seebeck coefficients are given at intervals of 10 °C;
- f) thermoelectric data (EMF and Seebeck coefficients) are given at the fixed points of the ITS-90;
- g) some guidance is given in Annex C regarding the upper temperature limits and environmental conditions of use for each thermocouple type.

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

FDIS	Report on voting
65B/873/FDIS	65B/888/RVD

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

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

A list of all parts of the IEC 60584 series, under the general title *Thermocouples* can be found on the IEC website.

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

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

INTRODUCTION

This International Standard relates the electromotive force (hereafter abbreviated as EMF) generated by the designated thermocouple types to temperature, based upon the International Temperature Scale of 1990 (ITS-90).

The reference polynomials for Types R, S, B, J, T, E, K and N are those used in the previous edition of this standard, IEC 60584-1:1995¹. They were originally produced by the National Institute of Standards and Technology of the USA and published in NIST Monograph 175, 1993.

The major revision of this version is standardization of two kinds of tungsten-rhenium thermocouple, designated Type C and Type A. Both of them have been used in industry for a long time. Temperature versus EMF relationships for Type C and Type A are those published in the ASTM E230/E230-M12 and GOST R 8.585-2001 standards, respectively.

This edition merges two parts of the former IEC 60584 series, IEC 60584-1:1995 (*Reference tables*) and IEC 60584-2:1982 (*Tolerances*) and supersedes both standards. IEC 60584-3:2007 remains valid.

¹ See Bibliography.

THERMOCOUPLES –

Part 1: EMF specifications and tolerances

1 Scope

This part of IEC 60584 specifies reference functions and tolerances for letter-designated thermocouples (Types R, S, B, J, T, E, K, N, C and A). Temperatures are expressed in degrees Celsius based on the International Temperature Scale of 1990, ITS-90 (symbol t_{90}), and the EMF (symbol E) is in microvolts.

The reference functions are polynomials which express the EMF, E in μV , as a function of temperature t_{90} in $^{\circ}\text{C}$ with the thermocouple reference junctions at 0°C . Values of EMF at intervals of 1°C are tabulated in Annex A.

For convenience of calculating temperatures, inverse functions are given in Annex B which express temperature as functions of EMF within stated accuracies.

This International Standard specifies the tolerances for thermocouples manufactured in accordance with this standard. The tolerance values are for thermocouples manufactured from wires, normally in the diameter range 0,13 mm to 3,2 mm, as delivered to the user and do not allow for calibration drift during use.

Annex C gives guidance on the selection of thermocouples with regard to temperature range and environmental conditions.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	72
INTRODUCTION.....	74
1 Domaine d'application	75
2 Termes et définitions	75
3 Codes des couples thermoélectriques	76
4 FEM – Fonctions de référence de température	77
5 Tolérances des couples thermoélectriques	82
6 Valeurs thermoélectriques aux points fixes de l'EIT-90	83
Annexe A (informative) Tableaux présentant la FEM en fonction de la température	85
Annexe B (informative) Fonctions polynomiales inverses	125
Annexe C (informative) Lignes directrices concernant le choix des couples thermoélectriques	132
Bibliographie.....	136
Tableau 1 – Types de couples thermoélectriques.....	77
Tableau 2 – Fonction de référence du Type R.....	78
Tableau 3 – Fonction de référence du Type S.....	79
Tableau 4 – Fonction de référence du Type B.....	79
Tableau 5 – Fonction de référence du Type J	79
Tableau 6 – Fonction de référence du Type T	80
Tableau 7 – Fonction de référence du Type E.....	80
Tableau 8 – Fonction de référence du Type K.....	81
Tableau 9 – Fonction de référence du Type N.....	81
Tableau 10 – Fonction de référence du Type C.....	82
Tableau 11 – Fonction de référence du Type A.....	82
Tableau 12 – Tolérances des couples thermoélectriques	83
Tableau 13 – FEM et coefficients Seebeck des couples thermoélectriques aux points fixes de l'EIT-90 (FEM: ligne supérieure, coefficient Seebeck: ligne inférieure).....	84
Tableau A.1 – Type R: Platine - 13 % rhodium / platine (1 de 5)	85
Tableau A.2 – Type S: Platine-10 % rhodium / platine (1 de 5).....	89
Tableau A.3 – Type B: Platine-30 % rhodium / platine-6 % rhodium (1 de 4)	94
Tableau A.4 – Type J: Fer / cuivre-nickel (1 de 4).....	98
Tableau A.5 – Type T: Cuivre / cuivre-nickel (1 de 2).....	102
Tableau A.6 – Type E: Nickel-chrome / cuivre-nickel (1 de 3)	104
Tableau A.7 – Type K: Nickel-chrome / nickel-aluminium (1 de 4)	107
Tableau A.8 – Type N: Nickel-chrome-silicium / nickel-silicium (1 de 4)	111
Tableau A.9 – Type C: Tungstène-5 % rhénium / tungstène-26 % rhénium (1 de 5)	115
Tableau A.10 – Type A: Tungstène-5 % rhénium / tungstène-20 % rhénium (1 de 5).....	120
Tableau B.1 – Coefficients de la fonction inverse du Type R.....	126
Tableau B.2 – Coefficients de la fonction inverse du Type S.....	127
Tableau B.3 – Coefficients de la fonction inverse du Type B.....	127
Tableau B.4 – Coefficients de la fonction inverse du Type J.....	128

Tableau B.5 – Coefficients de la fonction inverse du Type T	128
Tableau B.6 – Coefficients de la fonction inverse du Type E	129
Tableau B.7 – Coefficients de la fonction inverse du Type K	129
Tableau B.8 – Coefficients de la fonction inverse du Type N	130
Tableau B.9 – Coefficients de la fonction inverse du Type C	130
Tableau B.10 – Coefficients de la fonction inverse du Type A	131
Tableau C.1 – Température maximale d'utilisation recommandée, $t_{\max}/^{\circ}\text{C}$	132
Tableau C.2 – Limites et recommandations environnementales des conducteurs	134
Tableau C.3 – Effets de l'irradiation neutronique	135

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COUPLES THERMOÉLECTRIQUES –

Partie 1: Spécifications et tolérances en matière de FEM

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60584-1 a été établie par le sous-comité 65B de la CEI: Équipements de mesure et de contrôle-commande, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure, commande et automation dans les processus industriels.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1995. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) les CEI 60584-1:1995 et CEI 60584-2:1982 ont été fusionnées;
- b) la norme repose désormais de manière explicite sur les polynômes de référence qui expriment la FEM des couples thermoélectriques en fonction de la température. L'Annexe A donne les tables dérivées des polynômes;

- c) l'Annexe B donne les polynômes inverses, qui expriment la température en fonction de la FEM, mais ne donne pas les tables inverses;
- d) le domaine de température du polynôme exprimant la FEM des couples thermoélectriques de Type K est limité à 1 300 °C;
- e) la valeur du coefficient de Seebeck est donnée tous les 10 °C;
- f) les données thermoélectriques (FEM et coefficients de Seebeck) sont fournies aux points fixes de l'EIT-90;
- g) l'Annexe C donne des lignes directrices concernant les limites supérieures de température et les conditions d'environnement lors de l'utilisation de chaque Type de couple thermoélectrique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
65B/873/FDIS	65B/888/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60584, sous le titre général *Couples thermoélectriques*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives à la publication recherchée. À cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTRODUCTION

La présente Norme internationale établit la relation entre la force électromotrice (abrégée ci-après en "FEM") générée par les types de couples thermoélectriques désignés et la température, selon l'Échelle Internationale de Température de 1990 (EIT-90).

Les polynômes de référence pour les Types R, S, B, J, T, E, K et N sont ceux utilisés dans la précédente édition de la présente norme, CEI 60584-1:1995¹. Ils ont été à l'origine produits par le National Institute of Standards and Technology aux États-Unis et publiés dans le document NIST Monograph 175, 1993.

La principale révision introduite dans la présente version concerne la normalisation de deux types de couples thermoélectriques tungstène-rhénium, désignés Type C et Type A, utilisés tous les deux depuis longtemps dans l'industrie. Les relations température/FEM pour le Type C et le Type A sont identiques à celles publiées dans les normes ASTM E230/E230-M12 et GOST R 8.585-2001, respectivement.

La présente édition fusionne les deux parties de l'ancienne série CEI 60584, CEI 60584-1:1995 (*Tables de référence*) et CEI 60584-2:1982 (*Tolérances*) et remplace ces deux normes. La CEI 60584-3:2007 reste valide.

¹ Voir la bibliographie.

COUPLES THERMOÉLECTRIQUES –

Partie 1: Spécifications et tolérances en matière de FEM

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60584 spécifie les fonctions de référence et les tolérances associées aux couples thermoélectriques désignés par une lettre (Types R, S, B, J, T, E, K, N, C et A). Les températures y sont exprimées en degrés Celsius selon l'Échelle Internationale de Température de 1990, EIT-90 (symbole t_{90}) et les FEM (symbole E), en microvolts.

Les fonctions de référence sont des polynômes qui expriment la FEM, E en μV , en fonction de la température t_{90} en $^{\circ}\text{C}$, les jonctions de référence des couples thermoélectriques étant placées à 0°C . L'Annexe A présente, sous forme de tableau, les valeurs de la FEM tous les 1°C .

Pour faciliter le calcul des températures, l'Annexe B donne les fonctions inverses, qui expriment la température en fonction de la FEM dans les limites de précision spécifiées.

La présente Norme Internationale spécifie les tolérances associées aux couples thermoélectriques fabriqués conformément à la présente norme. Les valeurs de tolérance données s'appliquent aux couples thermoélectriques fabriqués à partir de fils, habituellement de 0,13 mm à 3,2 mm de diamètre, livrés à l'utilisateur. Elles ne tiennent compte d'aucune dérive d'étalonnage en cours d'utilisation.

L'Annexe C donne des lignes directrices concernant le choix des couples thermoélectriques en fonction du domaine de température et des conditions d'environnement.