

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Industrial platinum resistance thermometers and platinum temperature sensors**

**Thermomètres à résistance de platine industriels et capteurs thermométriques en platine**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland  
Email: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)

## About the IEC

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

## About IEC publications

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

- Catalogue of IEC publications: [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

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

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

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

- Customer Service Centre: [www.iec.ch/webstore/custserv](http://www.iec.ch/webstore/custserv)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

## A propos de la CEI

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

## A propos des publications CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: [www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut-f.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm)

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

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

- Service Clients: [www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\\_entry-f.htm](http://www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60751

Edition 2.0 2008-07

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

---

**Industrial platinum resistance thermometers and platinum temperature sensors**

**Thermomètres à résistance de platine industriels et capteurs thermométriques en platine**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

S

---

ICS 17.200.20

ISBN 2-8318-9849-8

## CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references .....	6
3 Terms and definitions .....	6
4 Characteristics .....	8
4.1 Temperature/resistance relationships .....	8
4.2 Resistance values .....	9
5 General requirements .....	12
5.1 Tolerance classes .....	12
5.1.1 Temperature range of validity .....	12
5.1.2 Resistors .....	12
5.1.3 Thermometers .....	12
5.1.4 Special tolerance classes and special temperature ranges of validity .....	12
5.2 Measuring current .....	13
5.3 Electrical supply .....	13
5.4 Connecting wire configuration .....	13
6 Tests .....	14
6.1 General .....	14
6.1.1 Routine production tests .....	14
6.1.2 Type tests .....	14
6.1.3 Additional type tests .....	14
6.2 Routine production tests for resistors .....	14
6.2.1 Tolerance acceptance test.....	14
6.3 Routine production tests for thermometers .....	15
6.3.1 Insulation resistance at ambient temperature.....	15
6.3.2 Sheath integrity test .....	15
6.3.3 Dimensional test.....	16
6.3.4 Tolerance acceptance test.....	16
6.4 Type tests for resistors .....	16
6.4.1 Tolerances .....	16
6.4.2 Stability at upper temperature limit .....	16
6.4.3 Self-heating .....	16
6.5 Type tests for thermometers .....	16
6.5.1 Insulation resistance at elevated temperatures .....	16
6.5.2 Thermal response time .....	18
6.5.3 Stability at upper temperature limit .....	18
6.5.4 Thermoelectric effect .....	18
6.5.5 Effect of temperature cycling .....	18
6.5.6 Effect of hysteresis .....	18
6.5.7 Self-heating .....	18
6.5.8 Minimum immersion depth .....	19
6.6 Additional type tests for special applications of thermometers .....	19
6.6.1 Capacitance .....	19
6.6.2 Inductance.....	19
6.6.3 Dielectric strength .....	19
6.6.4 Vibration test .....	19

6.6.5	Drop test .....	19
6.7	Summary of tests .....	19
7	Information to be made available by the manufacturer .....	20
7.1	For resistors only .....	20
7.2	For resistors and/or thermometers .....	20
8	Thermometer identification and marking .....	20
Figure 1 – Connecting configurations .....		13
Figure 2 – Examples of test results for selecting or rejecting resistors.. .....		15
Table 1 – Temperature/resistance relationship, $R_0 = 100.00 \, \Omega$ .....		10
Table 2 – Tolerance classes for resistors .....		12
Table 3 – Tolerance classes for thermometers .....		12
Table 4 – Minimum insulation resistance of thermometers at maximum temperature .....		16
Table 5 – Table of tests described in this standard .....		20

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INDUSTRIAL PLATINUM RESISTANCE THERMOMETERS AND  
PLATINUM TEMPERATURE SENSORS**

## 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 60751 has been prepared by subcommittee 65B: Devices and process analysis, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1983, amendment 1 (1986) and amendment 2 (1995). This edition constitutes a technical revision.

The significant technical changes with respect to the previous edition are as follows:

While the temperature/resistance relationship in 4.2 remains unchanged, there are several changes in the other chapters. Most important are:

- tolerance classes follow a new scheme;
- tolerance acceptance test is included;
- hysteresis test is included;
- several changes in the individual tests;
- appendices are deleted.

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

FDIS	Report on voting
65B/664/FDIS	65B/683/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.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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.

# INDUSTRIAL PLATINUM RESISTANCE THERMOMETERS AND PLATINUM TEMPERATURE SENSORS

## 1 Scope

This standard specifies the requirements and temperature/resistance relationship for industrial platinum resistance temperature sensors later referred to as “platinum resistors” or “resistors” and industrial platinum resistance thermometers later referred to as “thermometers” whose electrical resistance is a defined function of temperature.

The International Standard applies to platinum resistors whose temperature coefficient  $\alpha$ , defined as

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \cdot 100^\circ\text{C}}$$

is conventionally written as  $\alpha = 3.851 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , where  $R_{100}$  is the resistance at  $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$  and  $R_0$  is the resistance at  $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Values of temperature in this standard are in terms of the International Temperature Scale of 1990, ITS-90. Temperatures in degrees Celsius are denoted by the symbol  $t$ , except in Table 1 where the full nomenclature  $t_{90}/^\circ\text{C}$  is used.

The standard covers resistors or thermometers for all or part of the temperature range  $-200 \text{ }^\circ\text{C}$  to  $+850 \text{ }^\circ\text{C}$  with different tolerance classes, which may cover restricted temperature ranges.

For temperature/resistance relationships with uncertainties  $<0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ , which are possible only for resistors or thermometers with exceptionally high stability and individual calibration, a more complex interpolation equation than is presented in this standard may be necessary. The specification of such equations is outside the scope of this standard.

## 2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies:.

IEC 61152, *Dimensions of metal-sheathed thermometer elements*

IEC 61298-1, *Process Measurement and Control devices – General Methods and Procedures for Evaluating Performance – Part 1: General considerations*

## 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

### 3.1

#### dielectric strength

maximum voltage between all parts of the electric circuit and the sheath of the thermometer or, in the case of a thermometer with two or more sensing circuits, between two individual



circuits which the thermometer can withstand without damage. The measurement conditions for d.c and a.c (with frequency) have to be specified.

### 3.2

#### **insulation resistance**

electrical resistance measured between any part of the electric circuit and the sheath at ambient or elevated temperatures and with a specified measuring voltage (a.c or d.c)

### 3.3

#### **minimum immersion depth**

immersion depth at which the change from the calibration at full immersion does not exceed 0.1 °C

### 3.4

#### **nominal resistance**

expected resistance  $R_0$  of a resistor or resistance thermometer at 0 °C, declared by the manufacturer and shown in the thermometer marking, usually rounded to the nearest ohm. Platinum resistors are often characterized by their nominal: A Pt-100 resistor is a resistor with  $R_0 = 100 \Omega$

### 3.5

#### **platinum resistance thermometer**

##### **PRT**

temperature responsive device consisting of one or more sensing platinum resistors within a protective sheath, internal connecting wires and external terminals to permit connection of electrical measurement instruments. Mounting means and connection heads may be included. Not included is any separable protection tube or thermowell

### 3.6

#### **temperature sensitive length**

length of the thermometer whose temperature directly influences the resistance measured. Usually the temperature sensitive length is related to the length of the resistor

### 3.7

#### **platinum resistor**

resistor made from a platinum wire or film with defined electrical characteristics, embedded in an insulator (in most cases glass or ceramic), designed to be assembled into a resistance thermometer or into an integrated circuit

### 3.8

#### **self-heating**

increase of the temperature of the resistor or of the resistor in a thermometer caused by the dissipated energy of the measuring current

### 3.9

#### **self-heating coefficient**

coefficient with the dimension °C/mW is characteristic for a resistor/thermometer and describes the temperature increase of the resistor per unit power dissipated. This coefficient is evaluated under specified operating conditions of the resistor or thermometer. The medium, its flow conditions and temperature should be specified

### 3.10

#### **terminals**

termination of the connections supplied with the resistance thermometer

NOTE Typical types of terminals are:

- screws or clamps on the terminal socket;

- pins of fixed connectors;
- open ends of fixed cables, or equivalents.

### 3.11

#### **thermal response time**

time a thermometer takes to respond at a specified percentage to a step change in temperature. To specify the response time, it is necessary to declare the percentage of response, usually  $\tau_{0.9}$ ,  $\tau_{0.5}$ , or  $\tau_{0.1}$ , which gives the time for 90 %, 50 % or 10 % of the response. The test medium and its flow conditions have to be specified (usually flowing water and/or flowing air)

### 3.12

#### **thermoelectric effect**

effect of inducing the electro-motive force (EMF) caused by different metals used in the electric circuit of the thermometer and by thermoelectric inhomogeneity of the internal leads at the conditions of temperature gradients along the leads. The induced EMF is measured across the terminals of the thermometer while the thermometer is subjected to a specified temperature

### 3.13

#### **tolerance**

initial<sup>1</sup> maximum allowable deviation expressed as  $\Delta t(t)$  in °C from the nominal temperature/resistance relationship  $R(t)$

### 3.14

#### **hysteresis**

property of a device or instrument whereby it gives different output values in relation to its input values depending on the directional sequence in which the input values have been applied

[IEC 61298-1, 3.13]

NOTE Hysteresis as defined in IEC 61298-1 can be applied to thermometers by the method described in 6.5.6 of this standard

## **4 Characteristics**

The temperature/resistance relationships and tolerances in this chapter are valid for the sensing resistors at its connecting points. For thermometers, they are valid for the complete thermometer at its terminals.

In the case of two-wire connections, the resistance values of the leads between the connecting point of the resistor and the terminals shall be considered. They may be indicated on the thermometer and shall be subtracted from measured resistances. In some cases, it also may be advisable to consider the temperature coefficient of the lead wires, the geometrical characteristics of the wires and the temperature distribution along their length.

### **4.1 Temperature/resistance relationships**

The temperature/resistance relationships used in this standard are as follows:

For the range –200 °C to 0 °C:

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100^\circ\text{C}) t^3]$$

For the range of 0 °C to 850 °C:

<sup>1</sup> First calibration before any use of the resistor or thermometer.

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$$

where

$R_t$  is the resistance at the temperature  $t$ ;

$R_0$  is the resistance at  $t = 0$  °C.

The constants in these equations are:

$$A = 3.9083 \times 10^{-3} \text{ °C}^{-1}$$

$$B = -5.775 \times 10^{-7} \text{ °C}^{-2}$$

$$C = -4.183 \times 10^{-12} \text{ °C}^{-4}$$

These equations and coefficients have been used to derive the table of resistance values, Table 1, for a platinum resistor of nominal resistance  $R_0 = 100 \text{ } \Omega$ .

## 4.2 Resistance values

The temperature/resistance relationship in Table 1 is given for a resistor with nominal resistance of  $100 \text{ } \Omega$ . For other nominal resistances  $R_0$ , such as;  $10 \text{ } \Omega$ ,  $500 \text{ } \Omega$  or  $1\,000 \text{ } \Omega$ , the table can be used by multiplying the table values with the factor  $R_0 / 100 \text{ } \Omega$ .

**Table 1 – Temperature/resistance relationship,  $R_0 = 100.00 \Omega$** 

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Resistance at the temperature $t_{90}/^{\circ}\text{C}$ $\Omega$										$t_{90}/^{\circ}\text{C}$
	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	
-200	18.52										-200
-190	22.83	22.40	21.97	21.54	21.11	20.68	20.25	19.82	19.38	18.95	-190
-180	27.10	26.67	26.24	25.82	25.39	24.97	24.54	24.11	23.68	23.25	-180
-170	31.34	30.91	30.49	30.07	29.64	29.22	28.80	28.37	27.95	27.52	-170
-160	35.54	35.12	34.70	34.28	33.86	33.44	33.02	32.60	32.18	31.76	-160
-150	39.72	39.31	38.89	38.47	38.05	37.64	37.22	36.80	36.38	35.96	-150
-140	43.88	43.46	43.05	42.63	42.22	41.80	41.39	40.97	40.56	40.14	-140
-130	48.00	47.59	47.18	46.77	46.36	45.94	45.53	45.12	44.70	44.29	-130
-120	52.11	51.70	51.29	50.88	50.47	50.06	49.65	49.24	48.83	48.42	-120
-110	56.19	55.79	55.38	54.97	54.56	54.15	53.75	53.34	52.93	52.52	-110
-100	60.26	59.85	59.44	59.04	58.63	58.23	57.82	57.41	57.01	56.60	-100
-90	64.30	63.90	63.49	63.09	62.68	62.28	61.88	61.47	61.07	60.66	-90
-80	68.33	67.92	67.52	67.12	66.72	66.31	65.91	65.51	65.11	64.70	-80
-70	72.33	71.93	71.53	71.13	70.73	70.33	69.93	69.53	69.13	68.73	-70
-60	76.33	75.93	75.53	75.13	74.73	74.33	73.93	73.53	73.13	72.73	-60
-50	80.31	79.91	79.51	79.11	78.72	78.32	77.92	77.52	77.12	76.73	-50
-40	84.27	83.87	83.48	83.08	82.69	82.29	81.89	81.50	81.10	80.70	-40
-30	88.22	87.83	87.43	87.04	86.64	86.25	85.85	85.46	85.06	84.67	-30
-20	92.16	91.77	91.37	90.98	90.59	90.19	89.80	89.40	89.01	88.62	-20
-10	96.09	95.69	95.30	94.91	94.52	94.12	93.73	93.34	92.95	92.55	-10
0	100.00	99.61	99.22	98.83	98.44	98.04	97.65	97.26	96.87	96.48	0
$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$t_{90}/^{\circ}\text{C}$
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51	0
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.40	10
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.73	110.12	110.51	110.90	111.29	20
30	111.67	112.06	112.45	112.83	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.15	30
40	115.54	115.93	116.31	116.70	117.08	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01	40
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.47	122.86	50
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69	60
70	127.08	127.46	127.84	128.22	128.61	128.99	129.37	129.75	130.13	130.52	70
80	130.90	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.57	133.95	134.33	80
90	134.71	135.09	135.47	135.85	136.23	136.61	136.99	137.37	137.75	138.13	90
100	138.51	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.78	141.16	141.54	141.91	100
110	142.29	142.67	143.05	143.43	143.80	144.18	144.56	144.94	145.31	145.69	110
120	146.07	146.44	146.82	147.20	147.57	147.95	148.33	148.70	149.08	149.46	120
130	149.83	150.21	150.58	150.96	151.33	151.71	152.08	152.46	152.83	153.21	130
140	153.58	153.96	154.33	154.71	155.08	155.46	155.83	156.20	156.58	156.95	140
150	157.33	157.70	158.07	158.45	158.82	159.19	159.56	159.94	160.31	160.68	150
160	161.05	161.43	161.80	162.17	162.54	162.91	163.29	163.66	164.03	164.40	160
170	164.77	165.14	165.51	165.89	166.26	166.63	167.00	167.37	167.74	168.11	170
180	168.48	168.85	169.22	169.59	169.96	170.33	170.70	171.07	171.43	171.80	180
190	172.17	172.54	172.91	173.28	173.65	174.02	174.38	174.75	175.12	175.49	190
200	175.86	176.22	176.59	176.96	177.33	177.69	178.06	178.43	178.79	179.16	200
210	179.53	179.89	180.26	180.63	180.99	181.36	181.72	182.09	182.46	182.82	210
220	183.19	183.55	183.92	184.28	184.65	185.01	185.38	185.74	186.11	186.47	220
230	186.84	187.20	187.56	187.93	188.29	188.66	189.02	189.38	189.75	190.11	230
240	190.47	190.84	191.20	191.56	191.92	192.29	192.65	193.01	193.37	193.74	240
250	194.10	194.46	194.82	195.18	195.55	195.91	196.27	196.63	196.99	197.35	250
260	197.71	198.07	198.43	198.79	199.15	199.51	199.87	200.23	200.59	200.95	260
270	201.31	201.67	202.03	202.39	202.75	203.11	203.47	203.83	204.19	204.55	270
280	204.90	205.26	205.62	205.98	206.34	206.70	207.05	207.41	207.77	208.13	280
290	208.48	208.84	209.20	209.56	209.91	210.27	210.63	210.98	211.34	211.70	290
300	212.05	212.41	212.76	213.12	213.48	213.83	214.19	214.54	214.90	215.25	300
310	215.61	215.96	216.32	216.67	217.03	217.38	217.74	218.09	218.44	218.80	310
320	219.15	219.51	219.86	220.21	220.57	220.92	221.27	221.63	221.98	222.33	320

**Table 1 (continued)**

t <sub>90</sub> /°C	Resistance at the temperature t <sub>90</sub> /°C										t <sub>90</sub> /°C
	Ω										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
330	222.68	223.04	223.39	223.74	224.09	224.45	224.80	225.15	225.50	225.85	330
340	226.21	226.56	226.91	227.26	227.61	227.96	228.31	228.66	229.02	229.37	340
350	229.72	230.07	230.42	230.77	231.12	231.47	231.82	232.17	232.52	232.87	350
360	233.21	233.56	233.91	234.26	234.61	234.96	235.31	235.66	236.00	236.35	360
370	236.70	237.05	237.40	237.74	238.09	238.44	238.79	239.13	239.48	239.83	370
380	240.18	240.52	240.87	241.22	241.56	241.91	242.26	242.60	242.95	243.29	380
390	243.64	243.99	244.33	244.68	245.02	245.37	245.71	246.06	246.40	246.75	390
400	247.09	247.44	247.78	248.13	248.47	248.81	249.16	249.50	249.85	250.19	400
410	250.53	250.88	251.22	251.56	251.91	252.25	252.59	252.93	253.28	253.62	410
420	253.96	254.30	254.65	254.99	255.33	255.67	256.01	256.35	256.70	257.04	420
430	257.38	257.72	258.06	258.40	258.74	259.08	259.42	259.76	260.10	260.44	430
440	260.78	261.12	261.46	261.80	262.14	262.48	262.82	263.16	263.50	263.84	440
450	264.18	264.52	264.86	265.20	265.53	265.87	266.21	266.55	266.89	267.22	450
460	267.56	267.90	268.24	268.57	268.91	269.25	269.59	269.92	270.26	270.60	460
470	270.93	271.27	271.61	271.94	272.28	272.61	272.95	273.29	273.62	273.96	470
480	274.29	274.63	274.96	275.30	275.63	275.97	276.30	276.64	276.97	277.31	480
490	277.64	277.98	278.31	278.64	278.98	279.31	279.64	279.98	280.31	280.64	490
500	280.98	281.31	281.64	281.98	282.31	282.64	282.97	283.31	283.64	283.97	500
510	284.30	284.63	284.97	285.30	285.63	285.96	286.29	286.62	286.95	287.29	510
520	287.62	287.95	288.28	288.61	288.94	289.27	289.60	289.93	290.26	290.59	520
530	290.92	291.25	291.58	291.91	292.24	292.56	292.89	293.22	293.55	293.88	530
540	294.21	294.54	294.86	295.19	295.52	295.85	296.18	296.50	296.83	297.16	540
550	297.49	297.81	298.14	298.47	298.80	299.12	299.45	299.78	300.10	300.43	550
560	300.75	301.08	301.41	301.73	302.06	302.38	302.71	303.03	303.36	303.69	560
570	304.01	304.34	304.66	304.98	305.31	305.63	305.96	306.28	306.61	306.93	570
580	307.25	307.58	307.90	308.23	308.55	308.87	309.20	309.52	309.84	310.16	580
590	310.49	310.81	311.13	311.45	311.78	312.10	312.42	312.74	313.06	313.39	590
600	313.71	314.03	314.35	314.67	314.99	315.31	315.64	315.96	316.28	316.60	600
610	316.92	317.24	317.56	317.88	318.20	318.52	318.84	319.16	319.48	319.80	610
620	320.12	320.43	320.75	321.07	321.39	321.71	322.03	322.35	322.67	322.98	620
630	323.30	323.62	323.94	324.26	324.57	324.89	325.21	325.53	325.84	326.16	630
640	326.48	326.79	327.11	327.43	327.74	328.06	328.38	328.69	329.01	329.32	640
650	329.64	329.96	330.27	330.59	330.90	331.22	331.53	331.85	332.16	332.48	650
660	332.79	333.11	333.42	333.74	334.05	334.36	334.68	334.99	335.31	335.62	660
670	335.93	336.25	336.56	336.87	337.18	337.50	337.81	338.12	338.44	338.75	670
680	339.06	339.37	339.69	340.00	340.31	340.62	340.93	341.24	341.56	341.87	680
690	342.18	342.49	342.80	343.11	343.42	343.73	344.04	344.35	344.66	344.97	690
700	345.28	345.59	345.90	346.21	346.52	346.83	347.14	347.45	347.76	348.07	700
710	348.38	348.69	348.99	349.30	349.61	349.92	350.23	350.54	350.84	351.15	710
720	351.46	351.77	352.08	352.38	352.69	353.00	353.30	353.61	353.92	354.22	720
730	354.53	354.84	355.14	355.45	355.76	356.06	356.37	356.67	356.98	357.28	730
740	357.59	357.90	358.20	358.51	358.81	359.12	359.42	359.72	360.03	360.33	740
750	360.64	360.94	361.25	361.55	361.85	362.16	362.46	362.76	363.07	363.37	750
760	363.67	363.98	364.28	364.58	364.89	365.19	365.49	365.79	366.10	366.40	760
770	366.70	367.00	367.30	367.60	367.91	368.21	368.51	368.81	369.11	369.41	770
780	369.71	370.01	370.31	370.61	370.91	371.21	371.51	371.81	372.11	372.41	780
790	372.71	373.01	373.31	373.61	373.91	374.21	374.51	374.81	375.11	375.41	790
800	375.70	376.00	376.30	376.60	376.90	377.19	377.49	377.79	378.09	378.39	800
810	378.68	378.98	379.28	379.57	379.87	380.17	380.46	380.76	381.06	381.35	810
820	381.65	381.95	382.24	382.54	382.83	383.13	383.42	383.72	384.01	384.31	820
830	384.60	384.90	385.19	385.49	385.78	386.08	386.37	386.67	386.96	387.25	830
840	387.55	387.84	388.14	388.43	388.72	389.02	389.31	389.60	389.90	390.19	840
850	390.48										850

## 5 General requirements

### 5.1 Tolerance classes

#### 5.1.1 Temperature range of validity

The temperature ranges of validity of tolerance classes for resistors given in Table 2 are based on the working experience with film and wire resistors showing that in these ranges most resistors can maintain their tolerances and other performance characteristics. The value of  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  was chosen as being close to the boiling point of liquid nitrogen.

#### 5.1.2 Resistors

The tolerance values of resistors are classified in Table 2. These tolerances apply for resistors of any value of  $R_0$ . Where the specified temperature range of a particular resistor is smaller than in this table, this shall be stated.

**Table 2 – Tolerance classes for resistors**

For wire wound resistors		For film resistors		Tolerance value <sup>a</sup> °C
Tolerance class	Temperature range of validity °C	Tolerance class	Temperature range of validity °C	
W 0.1	–100 to +350	F 0.1	0 to +150	$\pm (0.1 + 0.0017  t )$
W 0.15	–100 to +450	F 0.15	–30 to +300	$\pm (0.15 + 0.002  t )$
W 0.3	–196 to +660	F 0.3	–50 to +500	$\pm (0.3 + 0.005  t )$
W 0.6	–196 to +660	F 0.6	–50 to +600	$\pm (0.6 + 0.01  t )$
<sup>a</sup> $ t $ = modulus of temperature in °C without regard to sign.				

#### 5.1.3 Thermometers

The tolerance values of resistance thermometers are classified in Table 3. These tolerances apply for thermometers of any value of  $R_0$ . Where the specified temperature range of a particular thermometer is smaller than in this table, this shall be stated.

**Table 3 – Tolerance classes for thermometers**

Tolerance class	Temperature range of validity °C		Tolerance values <sup>a</sup> °C
	Wire wound resistors	Film resistors	
AA	–50 to +250	0 to +150	$\pm (0.1 + 0.0017  t )$
A	–100 to +450	–30 to +300	$\pm (0.15 + 0.002  t )$
B	–196 to +600	–50 to +500	$\pm (0.3 + 0.005  t )$
C	–196 to +600	–50 to +600	$\pm (0.6 + 0.01  t )$
<sup>a</sup> $ t $ = modulus of temperature in °C without regard to sign.			

#### 5.1.4 Special tolerance classes and special temperature ranges of validity

Tolerances and ranges of validity which differ from values given in Table 2 and Table 3 shall be agreed between manufacturer and user. Recommended special tolerance classes are constructed as multiples or fractions of class B tolerance values. A special tolerance class

without specification of the temperature range of validity is not permissible. It is left to the manufacturers and users to establish tolerances for their thermometers or resistors at temperatures outside the ranges in Table 2 and Table 3.

Special tolerance classes may also be defined for restricted or extended temperature ranges, e.g. for the ranges  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $850\text{ }^{\circ}\text{C}$  or  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $660\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## 5.2 Measuring current

The measuring current to the resistor shall be limited to a value at which the self-heating of the thermometer under conditions as specified in 6.4.3 does not exceed 25 % of the tolerance value of the declared tolerance class. The measuring current is usually not more than 1 mA for a  $100\text{ }\Omega$  wire wound resistor.

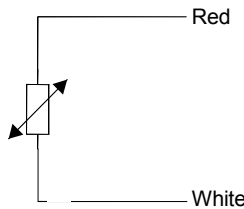
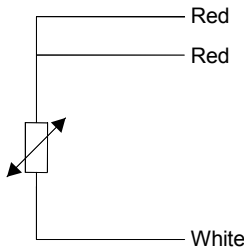
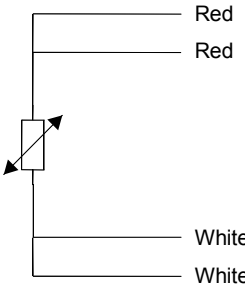
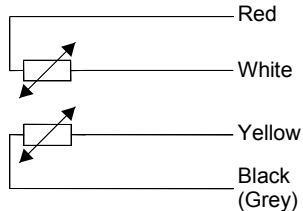
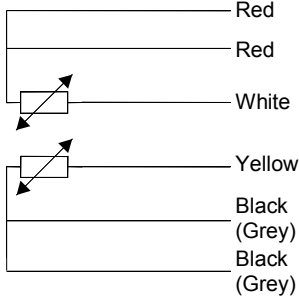
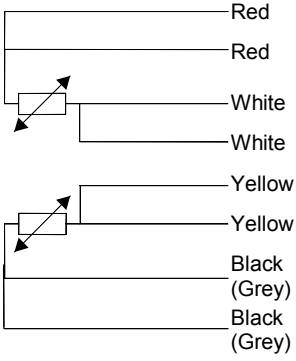
## 5.3 Electrical supply

Resistors and thermometers shall be constructed so that they are suitable for use in measuring systems using direct current or alternating current at frequencies up to 100 Hz. Some measuring systems may require operation at higher frequencies.

## 5.4 Connecting wire configuration

All thermometers of tolerance class better than class B shall have 3 wire or 4 wire configuration.

Thermometers may be constructed with one or two resistors and a variety of internal connecting wire configurations. Identification and/or designation of the terminals is shown in Figure 1.

	2-wire-configuration	3-wire-configuration	4-wire-configuration
<b>1 resistor</b>			
<b>2 resistors</b>			

IEC 870/08

Figure 1 – Connecting configurations

## **6 Tests**

### **6.1 General**

Tests shall be carried out to prove that resistors or thermometers comply with the requirements of this standard.

It is not intended or recommended that all tests should be carried out on every resistor or thermometer supplied. Different kinds of tests are therefore described in this clause.

#### **6.1.1 Routine production tests**

Routine production tests shall be carried out on every resistor or thermometer manufactured in accordance with this standard. These tests are also included in the specified type tests.

#### **6.1.2 Type tests**

Type tests shall be carried out on samples of each particular design and range of resistor or thermometer. These are subdivided into tests for all forms of resistors or thermometers.

#### **6.1.3 Additional type tests**

Additional type tests may be required by other regulations or be agreed between manufacturer and user for special applications. If not stated otherwise, there are no fixed specifications for these test items. The results of the tests shall be made available on request.

### **6.2 Routine production tests for resistors**

#### **6.2.1 Tolerance acceptance test**

All types of resistors shall be tested at one temperature at least. The test temperature shall be in the range from  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , preferably  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

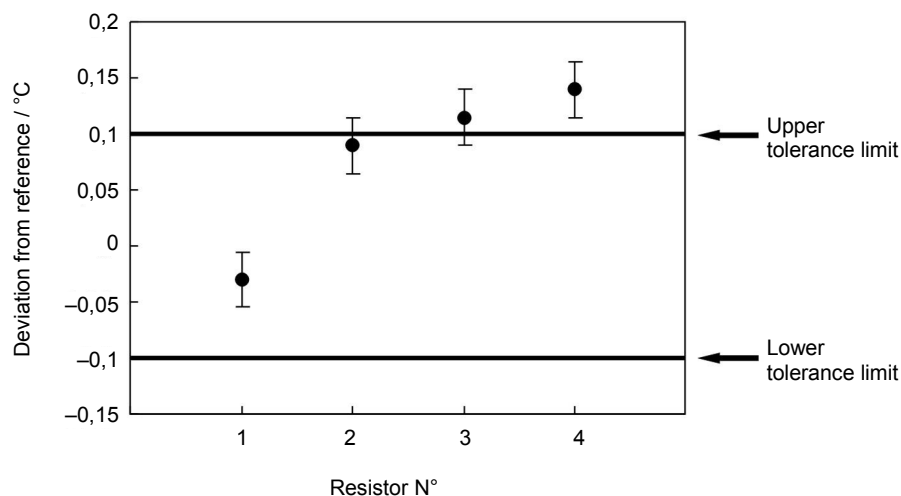
Resistors of the tolerance classes 0.15 or better shall be tested at one additional temperature at least. This test temperature shall be the upper or lower temperature limit of the resistor, or spaced from the first test temperature by a minimum of  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , whichever is less.

The manufacturer shall guarantee that resistances are within the specified tolerance class. When selecting the resistors, the measurement uncertainty of the test has to be taken into account. An example is given in Figure 2: if measured by the manufacturer, only resistor No. 1 is within the tolerance class. If measured by the customer, only resistor No. 4 can be rejected.

Therefore, the selection criteria for the manufacturer to use are as follows: the result of the test, expressed as a temperature deviation, when added to the corresponding expanded uncertainty, shall be totally included within the tolerance band.

The rejection criteria for the user are as follows: the tolerance value is not met if the result of the test, expressed as a temperature deviation, when added to the corresponding expanded uncertainty, is totally outside the tolerance band.





IEC 871/08

NOTE At each test result the expanded uncertainty ( $k=2$ ) is indicated. Measurement uncertainty of manufacturer and user are assumed to be the same.

**Figure 2 – Examples of test results for selecting or rejecting resistors..**

### 6.3 Routine production tests for thermometers

#### 6.3.1 Insulation resistance at ambient temperature

The insulation resistance between each terminal and the sheath shall be tested with a test voltage at minimum 100 V d.c.

The insulation resistance shall be not less than 100 MΩ.

#### 6.3.2 Sheath integrity test

The integrity of the sheath and all closure weldings shall be tested by suitable means, for example the following tests:

##### 6.3.2.1 Water quench test

The thermometer shall be subjected to a minimum temperature of 300 °C for a minimum time of 5 min and then immediately plunged into water at room temperature. Then the insulation resistance shall be measured while the thermometer is immersed. The insulation resistance shall meet the requirements of 6.5.1.

##### 6.3.2.2 Nitrogen pressure test

The thermometer shall be externally pressurized for approximately 30 s at a minimum pressure of 2.5 MPa in a nitrogen gas, after which the thermometer shall be immediately immersed in water or alcohol. There shall be no bubbling from the weld.

##### 6.3.2.3 Liquid nitrogen test

The thermometer shall be immersed in liquid nitrogen until the temperature is stabilized, after which the thermometer shall be immediately immersed in water or alcohol. There shall be no bubbling from the weld.

The integrity of the sheath may also be tested by other suitable means. For particular applications, sheath integrity tests may be agreed between user and manufacturer.

This test is only recommended for thermometers that can be used at temperatures down to -196 °C.

### 6.3.3 Dimensional test

In the case for which the thermometer manufactured is covered by the scope of IEC 61152, the outside diameter and the straightness shall be tested to be in accordance with the requirements of the above-mentioned standard.

### 6.3.4 Tolerance acceptance test

The manufacturer has to assure that resistors of the appropriate tolerance class have been used. Thermometers of tolerance classes A and better (see 5.1 of this standard) shall be tested for resistance accuracy at one temperature in the range of -5 °C to +30 °C. Acceptance and rejection criteria are the same as described in 6.2.1 of this standard.

## 6.4 Type tests for resistors

### 6.4.1 Tolerances

The tolerance values for the specified tolerance class shall be met for the whole temperature range of validity. The number of necessary measurements for this test depends on the temperature range and the tolerance class and shall include temperatures close to the upper and lower limits of the declared temperature range.

### 6.4.2 Stability at upper temperature limit

The resistor shall be subjected to its declared upper temperature limit in air for 1 000 hours. The drift of the resistance value of the thermometer at 0 °C after the test shall not be more than the tolerance value of the declared tolerance class.

### 6.4.3 Self-heating

The self-heating coefficient expressed in °C/mW shall be evaluated at a temperature between 0 °C and 30 °C in flowing air with a velocity of  $(3 \pm 0.3)$  m/s and/or in flowing water with a velocity >0.2 m/s. The self-heating under the above mentioned conditions shall not exceed 25 % of the tolerance value of the declared tolerance class at the declared maximum measuring current.

## 6.5 Type tests for thermometers

### 6.5.1 Insulation resistance at elevated temperatures

The insulation resistance shall be tested with the thermometer being at the rated maximum temperature over at least the minimum immersion depth and a test voltage minimum of 10 V d.c. The insulation resistance between each terminal and the sheath shall not be less than indicated in Table 4.

**Table 4 – Minimum insulation resistance of thermometers at maximum temperature**

Rated maximum temperature °C	Minimum insulation resistance MΩ
---------------------------------	-------------------------------------

up to 250	20
251 to 450	2
451 to 650	0.5
651 to 850	0.2

### 6.5.2 Thermal response time

The thermal response time  $\tau_{0.5}$  in flowing water with a velocity  $>0.2$  m/s and/or in flowing air with a velocity  $(3 \pm 0.3)$  m/s shall be recorded. If requested the response times  $\tau_{0.9}$  and/or  $\tau_{0.1}$  may also be recorded.

### 6.5.3 Stability at upper temperature limit

After a minimum of 4 weeks (672 h) continuously maintained at the specified upper temperature limit, the drift of the resistance value of the thermometer at  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  shall be not more than the tolerance value of the declared tolerance class. The insulation resistance shall not be less than specified in 6.5.1.

### 6.5.4 Thermoelectric effect

The thermometer shall be heated to the declared maximum temperature with the thermometer terminals close to the ambient temperature. The immersion depth of the thermometer shall be varied until the EMF is at its maximum. Set the direct measuring current to the maximum permissible value and obtain resistance readings with the normal and reversed polarity of the current. The temperature equivalent of the difference between the resistance of the thermometer measured with the normal and reversed polarity of the current shall not exceed the tolerance value of the declared tolerance class.

### 6.5.5 Effect of temperature cycling

The thermometer shall be brought carefully to the upper limit of its temperature range and then exposed to air at room temperature. It shall next be brought slowly to the lower limit of its temperature range and then exposed to air at room temperature. At each limit, the thermometer shall be immersed to at least its declared minimum immersion depth and shall be maintained at the temperature for sufficient time to reach equilibrium.

After 10 cycles between the upper and the lower temperature limits, the calibration at  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  shall not drift by more than the tolerance value at  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  for the respective tolerance class.

### 6.5.6 Effect of hysteresis

The resistance of the thermometer shall be measured in the middle of the temperature range after exposure to a temperature at the lower limit of the temperature range. Then the resistance should be measured again at the same temperature in the middle of the temperature range after exposure of the thermometer to a temperature at the upper limit of the temperature range. The difference between these two measurements shall not be larger than the calculated tolerance value at the test temperature for the respective tolerance class. It is important for both measurements that the thermometer goes directly from the ends of the temperature range to the temperature in the middle of range.

EXAMPLE: If the range of the thermometer is  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ , the thermometer shall go from  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , then from  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ , and finally from  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  without cooling below  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  during this last step.

### 6.5.7 Self-heating

The self-heating coefficient expressed in  $^{\circ}\text{C}/\text{mW}$  shall be evaluated at a temperature between  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  in flowing water with a velocity  $>0.2$  m/s and/or in flowing air with a velocity of  $(3 \pm 0.3)$  m/s. The self-heating under the above mentioned conditions shall not exceed 25 % of the tolerance value of the declared tolerance class at the declared maximum measuring current.

#### **6.5.8 Minimum immersion depth**

The thermometer shall be immersed into water with a temperature of at least 85 °C to the same depth as used for the tolerance acceptance test and with the thermometer terminals close to the ambient temperature. The thermometer shall then be extracted step by step out of the medium until the resistance changes by an amount which corresponds to a temperature change of 0.1 °C. This immersion depth shall be declared as minimum immersion depth.

### **6.6 Additional type tests for special applications of thermometers**

For particular applications, special type tests may be agreed between user and manufacturer, for example:

#### **6.6.1 Capacitance**

The capacitance between one terminal and the sheath at a frequency of 1 kHz is to be reported.

#### **6.6.2 Inductance**

The inductance of each resistor circuit at a frequency of 1 kHz is to be reported.

#### **6.6.3 Dielectric strength**

A test voltage of 500 V a.c. shall be applied between one measuring circuit and the sheath of the thermometer for a duration of 1 min. During this time no breakdown shall occur. For thermometers with two or more measuring circuits, the same test shall be made between the individual circuits.

#### **6.6.4 Vibration test**

This test should be conducted if possible with the thermometer mounted in the same manner as that in which it is to be used. The thermometer shall be vibrated over the frequency range of 10 Hz to 500 Hz with a forcing acceleration of 20 m/s<sup>2</sup> to 30 m/s<sup>2</sup>. The frequency range shall be swept at a rate of one octave per minute for a total period of 150 h. The vibrations shall be applied to the thermometer in axial and transverse directions each for one-half of the total period. The frequency and nature of any resonance shall be noted and limited to the first harmonic. The electrical continuity shall be monitored continuously.

At the conclusion of this test, the thermometer shall be tested to ensure the continued compliance with the insulation resistance requirements of 6.3.1. The thermometer shall also be tested to verify that the resistance at 0 °C shall not have changed by more than the equivalent of 0.1 °C.

#### **6.6.5 Drop test**

This test is intended to reveal any weakness of construction. The thermometer, complete with head, if any, shall be held with its longitudinal axis horizontal and then be dropped ten times from the height of 250 mm on to a 6 mm thick steel plate on a rigid floor. The thermometer shall be inspected for mechanical damage. It shall also be tested to ensure continued compliance with the insulation resistance requirements of 6.3.1 and the maintenance of electrical continuity.

### **6.7 Summary of tests**

The tests described in this international standard are summarized in Table 5, with reference to the clause where details of the test are given.

**Table 5 – Table of tests described in this standard**

	Routine production tests		Type tests		Additional type tests
	Resistors	Thermometers	Resistors	Thermometers	
Resistance tolerance	6.2.1	6.3.4	6.4.1	6.3.4	
Insulation resistance at ambient temperature		6.3.1		6.3.1	
Sheath integrity test		6.3.2		6.3.2	
Dimensional test		6.3.3		6.3.3	
Stability at upper temperature limit			6.4.2	6.5.3	
Thermoelectric effect				6.5.4	
Self-heating			6.4.3	6.5.7	
Insulation resistance at elevated temperatures				6.5.1	
Thermal response time				6.5.2	
Effect of temperature cycling				6.5.5	
Hysteresis				6.5.6	
Minimum immersion depth				6.5.8	
Capacitance					6.6.1
Inductance					6.6.2
Dielectric strength					6.6.3
Vibration test					6.6.4
Drop test					6.6.5

## 7 Information to be made available by the manufacturer

### 7.1 For resistors only

Leads of resistors:

- length of the leads;
- linear resistance in  $\Omega/\text{mm}$ ;
- temperature coefficient of resistance;
- material.

### 7.2 For resistors and/or thermometers

- results of all specified type tests;
- temperature sensitive length and position of resistor;
- ohmic resistance of internal connection wires and their temperature coefficient shall be available for 2-wire configurations, where the resistance of internal connection wires is equal to or greater than the tolerance value at the maximum rated temperature in the respective tolerance class.

## 8 Thermometer identification and marking

Each thermometer shall be marked or labelled so that the user may determine either directly or indirectly the number of resistors, nominal resistance, tolerance class, connecting wire configuration and temperature limits.

Example:

$1 \times \text{Pt } 100 / \text{A} / 4 / -150 / +500$

meaning:

- one resistor;
  - nominal resistance:  $R_0 = 100 \, \Omega$ ;
  - tolerance class A (range of validity:  $-100 \, ^\circ\text{C}$  to  $450 \, ^\circ\text{C}$ );
  - four-wire connection;
  - lower temperature limit of the thermometer:  $-150 \, ^\circ\text{C}$ ;
  - upper temperature limit of the thermometer:  $+500 \, ^\circ\text{C}$ .
-

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	24
1 Domaine d'application .....	26
2 Références normative .....	26
3 Termes et définitions .....	26
4 Caractéristiques .....	28
4.1 Relations température/résistance .....	29
4.2 Valeurs de résistance .....	29
5 Exigences générales .....	32
5.1 Classes de tolérance .....	32
5.1.1 Domaine valide de température .....	32
5.1.2 Résistances .....	32
5.1.3 Thermomètres .....	32
5.1.4 Classes spéciales de tolérance et domaines spéciaux de validité de température .....	33
5.2 Courant de mesure .....	33
5.3 Alimentation électrique .....	33
5.4 Configuration des fils de connexion .....	33
6 Essais .....	34
6.1 Généralités .....	34
6.1.1 Essais individuels de production .....	34
6.1.2 Essais de type .....	34
6.1.3 Essais de type complémentaires .....	34
6.2 Essais individuels de production pour les résistances .....	35
6.2.1 Essai d'acceptation de la tolérance .....	35
6.3 Essais individuels de production pour les thermomètres .....	35
6.3.1 Résistance d'isolation à la température ambiante .....	35
6.3.2 Essai de l'intégrité de la gaine .....	36
6.3.3 Essai dimensionnel .....	36
6.3.4 Essai d'acceptation de la tolérance .....	36
6.4 Essais de type pour les résistances .....	36
6.4.1 Tolérances .....	36
6.4.2 Stabilité à la température limite haute .....	37
6.4.3 Auto-échauffement .....	37
6.5 Essais de type pour les thermomètres .....	37
6.5.1 Résistance d'isolation à températures élevées .....	37
6.5.2 Temps de réponse thermique .....	37
6.5.3 Stabilité à la température limite haute .....	37
6.5.4 Effet thermoélectrique .....	37
6.5.5 Effet du cyclage en température .....	38
6.5.6 Effet d'hystérésis .....	38
6.5.7 Auto-échauffement .....	38
6.5.8 Profondeur d'immersion minimale .....	38
6.6 Essais de type complémentaires pour les applications spéciales des thermomètres .....	38
6.6.1 Capacité électrique .....	38
6.6.2 Inductance .....	38



6.6.3	Rigidité diélectrique .....	39
6.6.4	Essai de vibration .....	39
6.6.5	Essai de chute .....	39
6.7	Résumé des essais .....	39
7	Informations à mettre à disposition par le fabricant .....	40
7.1	Pour les résistances uniquement .....	40
7.2	Pour les résistances et/ou les thermomètres .....	40
8	Identification des thermomètres et marquage .....	41
Figure 1 – Configurations de connexions .....		34
Figure 2 – Exemples de résultats d'essai pour la sélection ou le rejet des résistances .....		35
Tableau 1 – Relation température / résistance, $R_0 = 100.00 \, \Omega$ .....		30
Tableau 2 – Classes de tolérance pour les résistances .....		32
Tableau 3 – Classes de tolérance pour les thermomètres .....		32
Tableau 4 – Résistance d'isolation minimale des thermomètres à leur température maximale .....		37
Tableau 5 – Tableau des essais décrits dans cette norme .....		40

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

### **THERMOMÈTRES À RÉSISTANCE DE PLATINE INDUSTRIELS ET CAPTEURS THERMOMÉTRIQUES EN PLATINE**

#### 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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 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 Norme internationale CEI 60751 a été établie par le sous-comité 65B: Dispositifs du comité d'étude 65: Mesure, commande et automation dans les processus industriels.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1983, l'amendement 1 (1986) et l'amendement 2 (1995). Cette édition constitue une révision technique.

Par rapport à l'édition précédente, les modifications techniques majeures sont les suivantes:

Alors que la relation entre la température et la résistance, donnée en 4.2 est inchangée, plusieurs modifications sont apportées dans les autres chapitres. Les plus importants sont:

- les classes de tolérance suivent un nouveau système ;
- un essai d'acceptation de la tolérance est inclus ;
- un essai d'hystérésis est inclus ;
- plusieurs modifications sont apportées dans les essais individuels ;
- des appendices sont supprimés.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
65B/664/FDIS	65B/683/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.

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

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

# THERMOMÈTRES À RÉSISTANCE DE PLATINE INDUSTRIELS ET CAPTEURS THERMOMÉTRIQUES EN PLATINE

## 1 Domaine d'application

La présente norme spécifie les exigences et la relation température/résistance pour les capteurs à résistance de platine industriels, dénommés ci-après « résistances de platine » ou « résistances », et les thermomètres à résistance de platine industriels, dénommés ci-après « thermomètres », dont la résistance électrique est une fonction définie de la température.

La présente Norme internationale s'applique aux résistances de platine dont le coefficient de température  $\alpha$ , défini par

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \cdot 100^\circ\text{C}}$$

est conventionnellement  $\alpha = 3,851 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , où  $R_{100}$  est la résistance à  $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$  et  $R_0$  est la résistance à  $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Les valeurs de température données dans la présente norme sont exprimées en accord avec l'Echelle Internationale de Température de 1990, EIT-90, en degrés Celsius, et par le symbole  $t$ , à l'exception du Tableau 1 où l'expression  $t_{90}/^\circ\text{C}$  est utilisée.

La présente norme couvre les résistances ou thermomètres pour toutes les parties de la gamme  $-200 \text{ }^\circ\text{C}$  à  $+850 \text{ }^\circ\text{C}$  avec différentes classes de tolérance, qui peuvent couvrir des domaines de températures limités.

Pour les relations température/résistance dont les incertitudes sont  $<0,1 \text{ }^\circ\text{C}$  qui sont possibles seulement pour les résistances ou les thermomètres d'une exceptionnelle stabilité et étalonnés individuellement, une équation d'interpolation plus complexe que celle présentée dans la présente norme peut être nécessaire. La spécification de telles équations est hors du domaine d'application de la présente norme.

## 2 Références normative

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 61152, *Dimensions des éléments thermométriques sous gaine métallique*

CEI 61298-1, *Dispositifs de mesure et de commande de processus - Méthodes et procédures générales d'évaluation des performances – Partie 1: Généralités*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

### 3.1

#### **rigidité diélectrique**

tension maximale entre tous les composants du circuit électrique et la gaine du thermomètre ou, dans le cas d'un thermomètre possédant plusieurs circuits de capteurs, entre deux circuits individuels, que le thermomètre peut supporter sans dégradation. Les conditions de mesure pour les tensions continues et alternatives (ainsi que la fréquence) doivent être spécifiées

### 3.2

#### **résistance d'isolation**

résistance électrique mesurée entre tout composant du circuit électrique et la gaine à température ambiante ou à des températures élevées et à une tension de mesure spécifiée (en continu ou en alternatif)

### 3.3

#### **profondeur d'immersion minimale**

profondeur d'immersion à laquelle une différence maximale de 0,1 °C par rapport à un étalonnage à immersion totale est mesurée

### 3.4

#### **résistance nominale**

résistance  $R_0$  attendue pour une résistance ou un thermomètre à 0 °C, déclarée par le fabricant et donnée dans le marquage, généralement arrondie à la valeur ohmique la plus proche. Les résistances de platine sont souvent caractérisées par cette valeur nominale: une résistance Pt-100 est une résistance avec  $R_0 = 100 \Omega$

### 3.5

#### **thermomètre à résistance de platine**

##### **TRP**

dispositif sensible à la température, consistant en une ou plusieurs résistances de platine sensibles avec une gaine de protection, des fils internes de connexion et des bornes externes pour permettre la connexion d'instruments électriques de mesure. Des moyens de montage et des têtes de connexion peuvent être inclus. Ne sont pas inclus les tubes de protection séparés ou les puits thermométriques

### 3.6

#### **longueur sensible à la température**

longueur du thermomètre dont la température influence directement la résistance mesurée. Généralement, la longueur sensible à la température est liée à la longueur de la résistance

### 3.7

#### **résistance de platine**

résistance constituée d'un fil ou d'un film de platine ayant des caractéristiques électriques définies, encapsulé dans un isolant (le plus souvent en verre ou en céramique), conçu pour être assemblée dans un thermomètre à résistance ou dans un circuit intégré

### 3.8

#### **auto-échauffement**

accroissement de la température de la résistance ou de la résistance dans un thermomètre, provoqué par l'énergie dissipée par le passage du courant de mesure

### 3.9

#### **coefficient d'auto-échauffement**

exprimé en °C/mW est caractéristique d'une résistance ou d'un thermomètre et il décrit l'accroissement de température de la résistance par unité de puissance dissipée. Ce coefficient est évalué dans des conditions de fonctionnement spécifiées de la résistance ou du thermomètre. Il convient que le milieu, ses conditions de débit et de température soient spécifiés

### 3.10

#### bornes

terminaisons des câbles de connexion fournies avec le thermomètre à résistance

NOTE Les types les plus courants de terminaisons sont:

- vis ou pinces sur le bornier ;
- ergots de connecteurs fixes ;
- extrémité libre de câbles fixes, ou équivalents.

### 3.11

#### temps de réponse thermique

temps nécessaire pour qu'un thermomètre réponde à un pourcentage spécifié d'une variation échelonnée en température. Pour spécifier le temps de réponse, il est nécessaire de déclarer le pourcentage de réponse, généralement  $\tau_{0.9}$ ,  $\tau_{0.5}$ , or  $\tau_{0.1}$ , qui donne le temps pour 90 %, 50 % ou 10 % de la réponse. Le milieu d'essai et ses conditions de débit doivent être spécifiés (généralement de l'eau en circulation et/ou un flux d'air)

### 3.12

#### effet thermoélectrique

l'effet de génération d'une force électromotrice (f.é.m.) provoquée par des métaux différents utilisés dans le circuit électrique du thermomètre et par l'hétérogénéité thermoélectrique des liaisons dans des conditions de gradients de température le long des liaisons. La f.é.m. générée est mesurée entre les connexions du thermomètre, celui-ci étant soumis à une température spécifiée

### 3.13

#### tolérance

écart initial<sup>1</sup> maximal autorisé, exprimé par  $\Delta t(t)$  en °C par rapport à la relation nominale température / résistance  $R(t)$

### 3.14

#### hystérésis

propriété qu'a un instrument ou un appareil (de mesure) de donner différentes valeurs de sortie pour les mêmes valeurs d'entrée selon le sens dans lequel ces dernières ont été appliquées successivement

[CEI 61298-1, 3.13]

NOTE L'hystérésis telle que définie dans la CEI 61298-1 peut être appliquée aux thermomètres par la méthode décrite dans l'article 6.5.6 de la présente norme

## 4 Caractéristiques

Les relations températures/résistances et les tolérances données dans cet article sont valides pour les résistances de capteurs à leurs points de connexion. Pour les thermomètres, elles sont valides pour le thermomètre entier à ses bornes.

Dans le cas de connexions à deux fils, les valeurs de résistance des fils entre le point de connexion de la résistance et les bornes doivent être prises en considération. Elles peuvent être indiquées sur le thermomètre et doivent être soustraites des résistances mesurées. Dans certains cas, il peut aussi être avisé de considérer le coefficient de température des fils de connexion, les caractéristiques géométriques des fils et la distribution de la température sur leur longueur.

---

<sup>1</sup> Premier étalonnage avant toute utilisation de la résistance ou du thermomètre.

#### 4.1 Relations température/résistance

Les relations température/résistance données dans la présente norme sont comme suit:

Pour le domaine  $-200\text{ °C}$  à  $0\text{ °C}$ :

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100\text{ °C}) t^3]$$

Pour le domaine  $0\text{ °C}$  à  $850\text{ °C}$ :

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$$

où

$R_t$  est la résistance à la température  $t$ ;

$R_0$  est la résistance à  $t = 0\text{ °C}$ .

Les constantes dans ces équations sont:

$$A = 3,9083 \times 10^{-3}\text{ °C}^{-1}$$

$$B = -5,775 \times 10^{-7}\text{ °C}^{-2}$$

$$C = -4,183 \times 10^{-12}\text{ °C}^{-4}$$

Ces équations et coefficients ont été utilisés pour le Tableau 1 donnant les valeurs de résistance pour une résistance de platine de résistance nominale  $R_0 = 100\text{ }\Omega$ .

#### 4.2 Valeurs de résistance

La relation température/résistance du Tableau 1 est donnée pour une résistance nominale de  $100\text{ }\Omega$ . Pour d'autres valeurs nominales  $R_0$  telles que  $10\text{ }\Omega$ ,  $500\text{ }\Omega$  ou  $1\text{ }000\text{ }\Omega$ , le tableau peut être utilisé en multipliant les valeurs du Tableau 1 par le facteur  $R_0 / 100\text{ }\Omega$ .

NOTE Pour des raisons d'ordre pratique, les tableaux suivants sont ceux de la version anglaise. Dans ces tableaux, le signe décimal est un point.

**Tableau 1 – Relation température / résistance,  $R_0 = 100.00 \, \Omega$**

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Résistance à la température $t_{90}/^{\circ}\text{C}$ $\Omega$										$t_{90}/^{\circ}\text{C}$
	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	
-200	18.52										-200
-190	22.83	22.40	21.97	21.54	21.11	20.68	20.25	19.82	19.38	18.95	-190
-180	27.10	26.67	26.24	25.82	25.39	24.97	24.54	24.11	23.68	23.25	-180
-170	31.34	30.91	30.49	30.07	29.64	29.22	28.80	28.37	27.95	27.52	-170
-160	35.54	35.12	34.70	34.28	33.86	33.44	33.02	32.60	32.18	31.76	-160
-150	39.72	39.31	38.89	38.47	38.05	37.64	37.22	36.80	36.38	35.96	-150
-140	43.88	43.46	43.05	42.63	42.22	41.80	41.39	40.97	40.56	40.14	-140
-130	48.00	47.59	47.18	46.77	46.36	45.94	45.53	45.12	44.70	44.29	-130
-120	52.11	51.70	51.29	50.88	50.47	50.06	49.65	49.24	48.83	48.42	-120
-110	56.19	55.79	55.38	54.97	54.56	54.15	53.75	53.34	52.93	52.52	-110
-100	60.26	59.85	59.44	59.04	58.63	58.23	57.82	57.41	57.01	56.60	-100
-90	64.30	63.90	63.49	63.09	62.68	62.28	61.88	61.47	61.07	60.66	-90
-80	68.33	67.92	67.52	67.12	66.72	66.31	65.91	65.51	65.11	64.70	-80
-70	72.33	71.93	71.53	71.13	70.73	70.33	69.93	69.53	69.13	68.73	-70
-60	76.33	75.93	75.53	75.13	74.73	74.33	73.93	73.53	73.13	72.73	-60
-50	80.31	79.91	79.51	79.11	78.72	78.32	77.92	77.52	77.12	76.73	-50
-40	84.27	83.87	83.48	83.08	82.69	82.29	81.89	81.50	81.10	80.70	-40
-30	88.22	87.83	87.43	87.04	86.64	86.25	85.85	85.46	85.06	84.67	-30
-20	92.16	91.77	91.37	90.98	90.59	90.19	89.80	89.40	89.01	88.62	-20
-10	96.09	95.69	95.30	94.91	94.52	94.12	93.73	93.34	92.95	92.55	-10
0	100.00	99.61	99.22	98.83	98.44	98.04	97.65	97.26	96.87	96.48	0
$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$t_{90}/^{\circ}\text{C}$
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51	0
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.40	10
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.73	110.12	110.51	110.90	111.29	20
30	111.67	112.06	112.45	112.83	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.15	30
40	115.54	115.93	116.31	116.70	117.08	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01	40
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.47	122.86	50
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69	60
70	127.08	127.46	127.84	128.22	128.61	128.99	129.37	129.75	130.13	130.52	70
80	130.90	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.57	133.95	134.33	80
90	134.71	135.09	135.47	135.85	136.23	136.61	136.99	137.37	137.75	138.13	90
100	138.51	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.78	141.16	141.54	141.91	100
110	142.29	142.67	143.05	143.43	143.80	144.18	144.56	144.94	145.31	145.69	110
120	146.07	146.44	146.82	147.20	147.57	147.95	148.33	148.70	149.08	149.46	120
130	149.83	150.21	150.58	150.96	151.33	151.71	152.08	152.46	152.83	153.21	130
140	153.58	153.96	154.33	154.71	155.08	155.46	155.83	156.20	156.58	156.95	140
150	157.33	157.70	158.07	158.45	158.82	159.19	159.56	159.94	160.31	160.68	150
160	161.05	161.43	161.80	162.17	162.54	162.91	163.29	163.66	164.03	164.40	160
170	164.77	165.14	165.51	165.89	166.26	166.63	167.00	167.37	167.74	168.11	170
180	168.48	168.85	169.22	169.59	169.96	170.33	170.70	171.07	171.43	171.80	180
190	172.17	172.54	172.91	173.28	173.65	174.02	174.38	174.75	175.12	175.49	190
200	175.86	176.22	176.59	176.96	177.33	177.69	178.06	178.43	178.79	179.16	200
210	179.53	179.89	180.26	180.63	180.99	181.36	181.72	182.09	182.46	182.82	210
220	183.19	183.55	183.92	184.28	184.65	185.01	185.38	185.74	186.11	186.47	220
230	186.84	187.20	187.56	187.93	188.29	188.66	189.02	189.38	189.75	190.11	230
240	190.47	190.84	191.20	191.56	191.92	192.29	192.65	193.01	193.37	193.74	240
250	194.10	194.46	194.82	195.18	195.55	195.91	196.27	196.63	196.99	197.35	250
260	197.71	198.07	198.43	198.79	199.15	199.51	199.87	200.23	200.59	200.95	260
270	201.31	201.67	202.03	202.39	202.75	203.11	203.47	203.83	204.19	204.55	270
280	204.90	205.26	205.62	205.98	206.34	206.70	207.05	207.41	207.77	208.13	280
290	208.48	208.84	209.20	209.56	209.91	210.27	210.63	210.98	211.34	211.70	290
300	212.05	212.41	212.76	213.12	213.48	213.83	214.19	214.54	214.90	215.25	300
310	215.61	215.96	216.32	216.67	217.03	217.38	217.74	218.09	218.44	218.80	310
320	219.15	219.51	219.86	220.21	220.57	220.92	221.27	221.63	221.98	222.33	320



### Tableau 1 (suite)

t <sub>90</sub> /°C	Résistance à la température t <sub>90</sub> /°C										t <sub>90</sub> /°C
	Ω										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
330	222.68	223.04	223.39	223.74	224.09	224.45	224.80	225.15	225.50	225.85	330
340	226.21	226.56	226.91	227.26	227.61	227.96	228.31	228.66	229.02	229.37	340
350	229.72	230.07	230.42	230.77	231.12	231.47	231.82	232.17	232.52	232.87	350
360	233.21	233.56	233.91	234.26	234.61	234.96	235.31	235.66	236.00	236.35	360
370	236.70	237.05	237.40	237.74	238.09	238.44	238.79	239.13	239.48	239.83	370
380	240.18	240.52	240.87	241.22	241.56	241.91	242.26	242.60	242.95	243.29	380
390	243.64	243.99	244.33	244.68	245.02	245.37	245.71	246.06	246.40	246.75	390
400	247.09	247.44	247.78	248.13	248.47	248.81	249.16	249.50	249.85	250.19	400
410	250.53	250.88	251.22	251.56	251.91	252.25	252.59	252.93	253.28	253.62	410
420	253.96	254.30	254.65	254.99	255.33	255.67	256.01	256.35	256.70	257.04	420
430	257.38	257.72	258.06	258.40	258.74	259.08	259.42	259.76	260.10	260.44	430
440	260.78	261.12	261.46	261.80	262.14	262.48	262.82	263.16	263.50	263.84	440
450	264.18	264.52	264.86	265.20	265.53	265.87	266.21	266.55	266.89	267.22	450
460	267.56	267.90	268.24	268.57	268.91	269.25	269.59	269.92	270.26	270.60	460
470	270.93	271.27	271.61	271.94	272.28	272.61	272.95	273.29	273.62	273.96	470
480	274.29	274.63	274.96	275.30	275.63	275.97	276.30	276.64	276.97	277.31	480
490	277.64	277.98	278.31	278.64	278.98	279.31	279.64	279.98	280.31	280.64	490
500	280.98	281.31	281.64	281.98	282.31	282.64	282.97	283.31	283.64	283.97	500
510	284.30	284.63	284.97	285.30	285.63	285.96	286.29	286.62	286.95	287.29	510
520	287.62	287.95	288.28	288.61	288.94	289.27	289.60	289.93	290.26	290.59	520
530	290.92	291.25	291.58	291.91	292.24	292.56	292.89	293.22	293.55	293.88	530
540	294.21	294.54	294.86	295.19	295.52	295.85	296.18	296.50	296.83	297.16	540
550	297.49	297.81	298.14	298.47	298.80	299.12	299.45	299.78	300.10	300.43	550
560	300.75	301.08	301.41	301.73	302.06	302.38	302.71	303.03	303.36	303.69	560
570	304.01	304.34	304.66	304.98	305.31	305.63	305.96	306.28	306.61	306.93	570
580	307.25	307.58	307.90	308.23	308.55	308.87	309.20	309.52	309.84	310.16	580
590	310.49	310.81	311.13	311.45	311.78	312.10	312.42	312.74	313.06	313.39	590
600	313.71	314.03	314.35	314.67	314.99	315.31	315.64	315.96	316.28	316.60	600
610	316.92	317.24	317.56	317.88	318.20	318.52	318.84	319.16	319.48	319.80	610
620	320.12	320.43	320.75	321.07	321.39	321.71	322.03	322.35	322.67	322.98	620
630	323.30	323.62	323.94	324.26	324.57	324.89	325.21	325.53	325.84	326.16	630
640	326.48	326.79	327.11	327.43	327.74	328.06	328.38	328.69	329.01	329.32	640
650	329.64	329.96	330.27	330.59	330.90	331.22	331.53	331.85	332.16	332.48	650
660	332.79	333.11	333.42	333.74	334.05	334.36	334.68	334.99	335.31	335.62	660
670	335.93	336.25	336.56	336.87	337.18	337.50	337.81	338.12	338.44	338.75	670
680	339.06	339.37	339.69	340.00	340.31	340.62	340.93	341.24	341.56	341.87	680
690	342.18	342.49	342.80	343.11	343.42	343.73	344.04	344.35	344.66	344.97	690
700	345.28	345.59	345.90	346.21	346.52	346.83	347.14	347.45	347.76	348.07	700
710	348.38	348.69	348.99	349.30	349.61	349.92	350.23	350.54	350.84	351.15	710
720	351.46	351.77	352.08	352.38	352.69	353.00	353.30	353.61	353.92	354.22	720
730	354.53	354.84	355.14	355.45	355.76	356.06	356.37	356.67	356.98	357.28	730
740	357.59	357.90	358.20	358.51	358.81	359.12	359.42	359.72	360.03	360.33	740
750	360.64	360.94	361.25	361.55	361.85	362.16	362.46	362.76	363.07	363.37	750
760	363.67	363.98	364.28	364.58	364.89	365.19	365.49	365.79	366.10	366.40	760
770	366.70	367.00	367.30	367.60	367.91	368.21	368.51	368.81	369.11	369.41	770
780	369.71	370.01	370.31	370.61	370.91	371.21	371.51	371.81	372.11	372.41	780
790	372.71	373.01	373.31	373.61	373.91	374.21	374.51	374.81	375.11	375.41	790
800	375.70	376.00	376.30	376.60	376.90	377.19	377.49	377.79	378.09	378.39	800
810	378.68	378.98	379.28	379.57	379.87	380.17	380.46	380.76	381.06	381.35	810
820	381.65	381.95	382.24	382.54	382.83	383.13	383.42	383.72	384.01	384.31	820
830	384.60	384.90	385.19	385.49	385.78	386.08	386.37	386.67	386.96	387.25	830
840	387.55	387.84	388.14	388.43	388.72	389.02	389.31	389.60	389.90	390.19	840
850	390.48										850

## 5 Exigences générales

### 5.1 Classes de tolérance

#### 5.1.1 Domaine valide de température

Les domaines valides de température des classes de tolérance pour les résistances données dans le Tableau 2 sont basées sur l'expérience d'utilisation des résistances à film ou à fil montrant que dans ces domaines pour la plupart des résistances, les tolérances et les autres caractéristiques d'aptitude sont maintenues. La valeur de  $-196\text{ °C}$  a été choisie pour sa proximité avec la température d'ébullition de l'azote liquide.

#### 5.1.2 Résistances

Les valeurs de tolérance des résistances sont classées dans le Tableau 2. Ces tolérances s'appliquent pour les résistances de toute valeur  $R_0$ . Lorsque le domaine de température spécifié d'une résistance particulière est inférieur à celui indiqué dans ce tableau, cela doit être établi.

**Tableau 2 – Classes de tolérance pour les résistances**

Résistances bobinées		Résistances à film		Valeur de la tolérance <sup>a</sup> °C
Classe de tolérance	Domaine de validité de température °C	Classe de tolérance	Domaine de validité de température °C	
W 0.1	–100 à +350	F 0.1	0 à +150	$\pm (0.1 + 0.0017  t )$
W 0.15	–100 à +450	F 0.15	–30 à +300	$\pm (0.15 + 0.002  t )$
W 0.3	–196 à +660	F 0.3	–50 à +500	$\pm (0.3 + 0.005  t )$
W 0.6	–196 à +660	F 0.6	–50 à +600	$\pm (0.6 + 0.01  t )$

<sup>a</sup>  $|t|$  = valeur absolue de température en °C sans considération de signe.

#### 5.1.3 Thermomètres

Les valeurs de tolérance des thermomètres à résistance sont classées dans le Tableau 3. Ces résistances s'appliquent à toute valeur de  $R_0$ . Lorsque le domaine de température spécifié d'un thermomètre particulier est inférieur à celui indiqué dans ce tableau, cela doit être établi.

**Tableau 3 – Classes de tolérance pour les thermomètres**

Classe de tolérance	Domaine valide de température °C		Valeurs de la tolérance <sup>a</sup> °C
	Résistances bobinées	Résistance à film	
AA	–50 à +250	0 à +150	$\pm (0.1 + 0.0017  t )$
A	–100 à +450	–30 à +300	$\pm (0.15 + 0.002  t )$
B	–196 à +600	–50 à +500	$\pm (0.3 + 0.005  t )$
C	–196 à +600	–50 à +600	$\pm (0.6 + 0.01  t )$

<sup>a</sup>  $|t|$  = valeur absolue de température en °C sans considération de signe.

#### **5.1.4 Classes spéciales de tolérance et domaines spéciaux de validité de température**

Les tolérances et domaines de validité qui diffèrent des valeurs données dans le Tableau 2 et dans le Tableau 3 doivent faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant. Des classes spéciales de tolérance recommandées sont établies à partir de multiples ou de fraction des valeurs de la classe de tolérance B. Aucune classe spéciale de tolérance sans spécification du domaine de validité de température n'est autorisée. Il est laissé à l'initiative des fabricants et utilisateurs d'établir les tolérances pour leurs thermomètres ou résistances aux températures situées au delà des domaines des Tableaux 2 et 3.

Des classes spéciales de tolérance peuvent aussi être définies pour des domaines de température restreints ou étendus, par exemple les domaines  $-196\text{ °C}$  à  $850\text{ °C}$  ou  $-200\text{ °C}$  à  $660\text{ °C}$ .

#### **5.2 Courant de mesure**

Le courant de mesure dans la résistance doit être limité à une valeur à laquelle l'auto-échauffement du thermomètre dans des conditions spécifiées en 6.4.3 ne dépasse pas 25 % de la valeur de tolérance de la classe de température déclarée. Le courant de mesure est généralement inférieur à 1 mA pour une résistance bobinée de  $100\ \Omega$ .

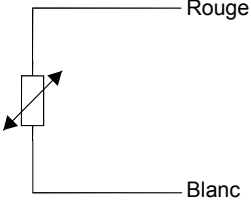
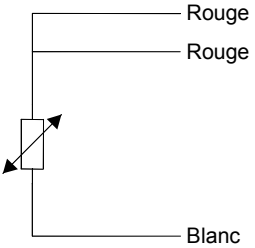
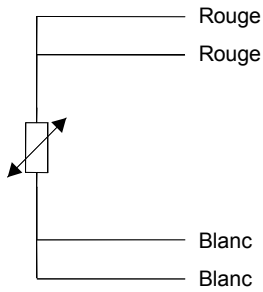
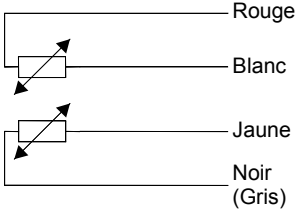
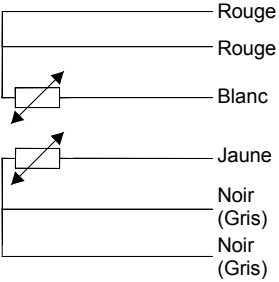
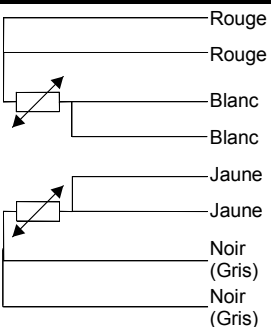
#### **5.3 Alimentation électrique**

Les résistances et thermomètres doivent être construits de telle sorte qu'ils soient appropriés pour une utilisation dans des systèmes de mesure utilisant un courant direct ou des courants alternatifs jusqu'à 100 Hz. Certains systèmes de mesure peuvent exiger un fonctionnement à des fréquences plus élevées.

#### **5.4 Configuration des fils de connexion**

Tous les thermomètres dont la classe de tolérance est supérieure à la classe B doivent avoir une configuration 3 fils ou 4 fils.

les thermomètres peuvent être construits avec une ou deux résistances et une variété de configurations de connexions internes. L'identification et/ou la désignation des bornes est illustrée en Figure 1.

	Configuration 2 fils	Configuration 3 fils	Configuration 4 fils
<b>1 résistance</b>			
<b>2 résistances</b>			

IEC 870/08

**Figure 1 – Configurations de connexions**

## 6 Essais

### 6.1 Généralités

Des essais doivent être effectués afin de prouver que les résistances ou thermomètres sont conformes aux exigences de la présente norme.

Il n'est pas demandé ni recommandé que tous les essais soient réalisés sur chaque résistance ou thermomètre livré. Différentes sortes d'essais sont décrites dans cet article.

#### 6.1.1 Essais individuels de production

Les essais individuels de production doivent être réalisés sur chaque résistance ou thermomètre fabriqué, conformément à la présente norme. Ces essais sont aussi inclus dans les essais de type spécifiés.

#### 6.1.2 Essais de type

Les essais de type doivent être réalisés sur des échantillons de chaque conception particulière et gamme de résistances ou thermomètres. Ils sont répartis en essais pour toutes les formes de résistances ou thermomètres.

#### 6.1.3 Essais de type complémentaires

Des essais de type complémentaires peuvent être exigés par d'autres règlements ou des agréments entre fabricant et utilisateur pour des applications spéciales. Sauf avis contraire, il n'y a pas de spécification figée pour ces essais. Les résultats d'essai doivent être disponibles sur demande.

## 6.2 Essais individuels de production pour les résistances

### 6.2.1 Essai d'acceptation de la tolérance

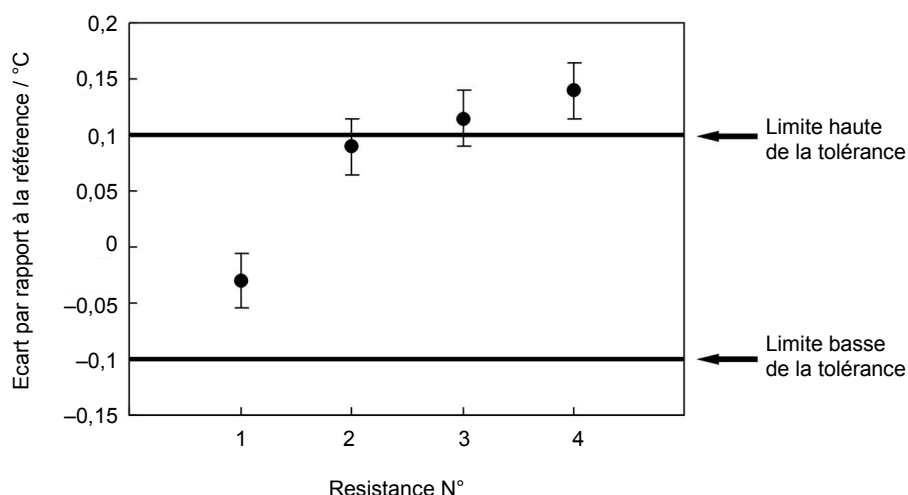
Tous les types de résistance doivent être essayés au moins à une température. L'essai en température doit être dans le domaine de  $-5\text{ °C}$  à  $+30\text{ °C}$ , de préférence  $0\text{ °C}$ .

Les résistances de la classe de tolérance 0.15 ou supérieure doivent être essayées au moins à une température complémentaire. Cette température d'essai doit être la limite supérieure ou inférieure de la résistance, ou espacée de plus de  $90\text{ °C}$  par rapport à la température du premier essai, l'écart le plus faible prévalant.

Le fabricant doit garantir que les résistances sont dans la classe de tolérance spécifiée. Lors de la sélection des résistances, l'incertitude de mesure de l'essai doit être prise en compte. Un exemple est donné en Figure 2 : quand la mesure est effectuée par le fabricant, seule la résistance n°1 est dans la classe de tolérance. Quand les mesures sont effectuées par l'utilisateur, seule la résistance n°4 peut être rejetée.

En conséquence, les critères de sélection du fabricant sont à utiliser comme il suit : le résultat de l'essai, exprimé en écart de température, quand il est ajouté à l'incertitude étendue correspondante doit être totalement inclus dans la bande de tolérance.

Les critères de rejet pour l'utilisateur sont les suivants: la valeur de tolérance n'est pas respectée si le résultat de l'essai, exprimé en écart de température augmenté de l'incertitude étendue, est complètement hors de l'intervalle de tolérance.



IEC 871/08

NOTE A chaque résultat d'essai l'incertitude étendue ( $k=2$ ) est indiquée. L'incertitude de mesure du fabricant et celle de l'utilisateur sont supposées identiques.

**Figure 2 – Exemples de résultats d'essai pour la sélection ou le rejet des résistances.**

## 6.3 Essais individuels de production pour les thermomètres

### 6.3.1 Résistance d'isolation à la température ambiante

La résistance d'isolation entre chaque borne et la gaine doit être essayée avec une tension d'essai d'au moins  $100\text{ V}$  courant continu.

La résistance d'isolation ne doit pas être inférieure à 100 MΩ.

### **6.3.2 Essai de l'intégrité de la gaine**

L'intégrité de la gaine et toute soudure de fermeture doit être essayée par des moyens adéquats, par exemple les essais suivants:

#### **6.3.2.1 Essai de trempe dans l'eau**

Le thermomètre doit être soumis à une température minimale de 300 °C pendant une durée d'au moins 5 min et alors immédiatement plongé dans de l'eau à température ambiante. La résistance d'isolement doit alors être mesurée tandis que le thermomètre est immergé. La résistance d'isolement doit être conforme aux exigences de 6.5.1.

#### **6.3.2.2 Essai de pression sous azote**

Le thermomètre doit être soumis à une pression externe d'au moins 2,5 MPa pendant au moins 30 s dans de l'azote, puis il doit être immédiatement immergé dans de l'eau ou de l'alcool. Aucun chapelet de bulles ne doit échapper de la soudure.

#### **6.3.2.3 Essai à l'azote liquide**

Le thermomètre doit être immergé dans de l'azote liquide jusqu'à ce que sa température se stabilise, puis il doit être immédiatement immergé dans de l'eau ou de l'alcool. Aucun chapelet de bulles ne doit échapper de la soudure.

L'intégrité de la gaine peut aussi être éprouvée par d'autres moyens. Pour des applications particulières, les essais d'intégrité de la gaine peuvent faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

Cet essai est recommandé uniquement pour des thermomètres qui peuvent être utilisés à des températures allant jusqu'à -196°C.

### **6.3.3 Essai dimensionnel**

Dans le cas où le thermomètre fabriqué est couvert par le domaine d'application de la CEI 61152, le diamètre extérieur et la rectitude doivent être essayés pour leur conformité aux exigences de la norme mentionnée ci-dessus.

### **6.3.4 Essai d'acceptation de la tolérance**

Le fabricant doit garantir que les résistances utilisées sont de la classe de tolérance appropriée. Les thermomètres des classes A et supérieures (voir 5.1 de la présente norme) doivent être essayés pour la précision de la résistance à une température dans le domaine de -5 °C à +30 °C. Les critères de rejet de l'essai d'acceptation sont identiques à ceux donnés en 6.2.1 de la présente norme.

## **6.4 Essais de type pour les résistances**

### **6.4.1 Tolérances**

Les valeurs de tolérance pour la classe de tolérance spécifiée doivent être respectées sur la totalité du domaine de température valide. Le nombre de mesures nécessaires pour ces essais dépend du domaine de température et de la classe de tolérance et il doit inclure les limites haute et basse du domaine de température déclaré.

#### 6.4.2 Stabilité à la température limite haute

La résistance doit être soumise à la température limite haute déclarée pendant 1 000 heures dans l'air. La dérive de la valeur de résistance du thermomètre à 0 °C après l'essai ne doit pas être supérieure à la valeur de tolérance pour la classe de tolérance déclarée.

#### 6.4.3 Auto-échauffement

Le coefficient d'auto-échauffement exprimé en °C/mW doit être évalué à une température entre 0 °C et 30 °C dans un flux d'air de vitesse  $(3 \pm 0,3)$  m/s et/ou dans de l'eau en circulation de vitesse  $>0,2$  m/s. L'auto-échauffement dans les conditions mentionnées ci-dessus ne doit pas être supérieur à 25 % de la valeur de la tolérance de la classe de tolérance déclarée et au courant de mesure maximum déclaré.

### 6.5 Essais de type pour les thermomètres

#### 6.5.1 Résistance d'isolation à températures élevées

La résistance d'isolation doit être mesurée, le thermomètre étant à la température maximale assignée sur au moins la profondeur d'immersion minimale et à la tension d'essai minimale de 10 V courant continu. La résistance d'isolation entre chaque borne et la gaine ne doit pas être inférieure à celle indiquée dans le Tableau 4.

**Tableau 4 – Résistance d'isolation minimale des thermomètres à leur température maximale**

Température maximale assignée °C	Résistance d'isolation minimale MΩ
jusqu'à 250	20
251 à 450	2
451 à 650	0.5
651 à 850	0.2

#### 6.5.2 Temps de réponse thermique

Le temps de réponse thermique  $\tau_{0,5}$  dans l'eau en circulation à la vitesse de  $>0,2$  m/s et/ou dans un flux d'air à la vitesse de  $(3 \pm 0,3)$  m/s doit être enregistré. Si cela est demandé, les temps de réponse  $\tau_{0,9}$  et/ou  $\tau_{0,1}$  peuvent aussi être enregistrés.

#### 6.5.3 Stabilité à la température limite haute

Après un minimum de 4 semaines (672 h) maintenu continuellement à la température limite haute spécifiée, la variation de la valeur de la résistance à la température de 0 °C ne doit pas être supérieure à la valeur de la tolérance de la classe de tolérance déclarée. La résistance d'isolation ne doit pas être inférieure à celle spécifiée en 6.5.1.

#### 6.5.4 Effet thermoélectrique

Le thermomètre doit être chauffé à la température maximale déclarée en maintenant les bornes du thermomètre proches de la température ambiante. La profondeur d'immersion du thermomètre doit être modifiée jusqu'à l'obtention de la f.é.m. maximale. Le courant de mesure direct est alors établi à la valeur maximale autorisée et la résistance obtenue avec la polarité normale et celle avec la polarité inverse sont lues. La température équivalente à la différence entre les résistances du thermomètre mesurées avec les polarités directe et inverse du courant ne doit pas être supérieure à la valeur de tolérance de la classe de tolérance déclarée.

### 6.5.5 Effet du cyclage en température

Le thermomètre doit être porté avec précautions à la limite haute de son domaine de température puis exposé à l'air à la température ambiante. Il doit être ensuite porté lentement à la limite basse de son domaine de température et exposé à nouveau à l'air à la température ambiante. A chacune des températures extrêmes, le thermomètre doit être immergé au moins sur sa profondeur d'immersion minimale déclarée et doit être maintenu à cette température suffisamment longtemps pour que l'équilibre soit atteint.

Après 10 cycles entre les limites de températures haute et basse, l'étalonnage à 0 °C ne doit pas avoir varié d'une valeur supérieure à la valeur de la tolérance à 0 °C de la classe de tolérance déclarée.

### 6.5.6 Effet d'hystérésis

La résistance du thermomètre doit être mesurée au milieu du domaine de température après l'exposition à la température limite basse. Il convient alors de mesurer à nouveau la résistance à la même température au milieu du domaine de température après exposition à la température limite haute du domaine de température. La différence entre ces deux mesures ne doit pas être supérieure à la valeur calculée de la tolérance à la température d'essai pour la classe de tolérance déclarée. Il est important pour les deux mesures que le thermomètre aille directement des limites de température à la température du milieu du domaine de température.

EXEMPLE: si le domaine de thermomètre est 0 °C à 400 °C, le thermomètre doit aller de 0 °C à 200 °C, puis de 200 °C à 400 °C et finalement de 400 °C à 200 °C sans refroidissement en-dessous de 200 °C pendant cette dernière étape.

### 6.5.7 Auto-échauffement

Le coefficient d'auto-échauffement exprimé en °C/mW doit être évalué à une température entre 0 °C et 30 °C dans de l'eau en circulation à une vitesse >0,2 m/s et/ou un flux d'air de vitesse  $(3 \pm 0,3)$  m/s. L'auto-échauffement dans les conditions mentionnées ci-dessus ne doit pas être supérieur à 25 % de la valeur de la tolérance de la classe de tolérance déclarée et au courant de mesure maximum déclaré.

### 6.5.8 Profondeur d'immersion minimale

Le thermomètre doit être immergé dans un liquide à une température d'au moins 85 °C à la même profondeur que celle utilisée pour l'essai d'acceptation de la tolérance. Les terminaisons du thermomètre doivent être à une température proche de la température ambiante. Le thermomètre doit alors être extrait pas à pas du liquide jusqu'à ce que la résistance change d'une amplitude qui correspond à un changement de température de 0,1 °C. Cette profondeur d'immersion doit être déclarée comme étant la profondeur minimale d'immersion.

## 6.6 Essais de type complémentaires pour les applications spéciales des thermomètres

Pour les applications particulières spéciales, des essais de type spécifiques peuvent faire l'objet d'un agrément entre l'utilisateur et le fabricant, par exemple:

### 6.6.1 Capacité électrique

La capacité électrique entre une borne et la gaine à la fréquence de 1 kHz doit être enregistrée.

### 6.6.2 Inductance

L'inductance de chaque circuit de résistance à la fréquence de 1 kHz doit être enregistrée.



### **6.6.3 Rigidité diélectrique**

Une tension d'essai de 500 V en courant alternatif doit être appliquée entre un circuit de mesure et la gaine du thermomètre pendant 1 min. Pendant ce temps, aucun claquage ne doit se produire. Pour les thermomètres ayant plusieurs circuits de mesure, le même essai doit être réalisé aux bornes de chaque circuit.

### **6.6.4 Essai de vibration**

Il convient que cet essai soit réalisé si possible avec le thermomètre monté de la même manière que lors de son utilisation. Le thermomètre doit être soumis aux vibrations sur l'étendue de fréquence de 10 Hz à 500 Hz avec une accélération de 20 m/s<sup>2</sup> à 30 m/s<sup>2</sup>. L'étendue de fréquence doit être balayée à une vitesse d'une octave par minute pour une durée totale de 150 h, les vibrations étant appliquées au thermomètre dans les directions axiale et radiale, chacune des directions pendant la demi-durée de l'essai. La fréquence et la nature de toute résonnance doivent être notées et limitées à la première harmonique. La continuité électrique doit être surveillée en permanence.

A la fin de cet essai, le thermomètre doit être essayé pour garantir la conformité avec les exigences de résistance d'isolation de 6.3.1. Le thermomètre doit aussi être essayé pour vérifier que la résistance à 0 °C n'a pas varié de plus de l'équivalent de 0,1 °C.

### **6.6.5 Essai de chute**

Cet essai est destiné à révéler toutes les faiblesses de construction. Le thermomètre complété le cas échéant avec sa coiffe doit être tenu avec son axe longitudinal en position horizontale et alors lâché dix fois d'une hauteur de 250 mm sur une plaque d'acier de 6 mm d'épaisseur posée sur un plancher rigide. Le thermomètre doit être inspecté pour rechercher des dommages mécaniques. Il doit aussi être essayé pour garantir le maintien de sa conformité aux exigences de résistance d'isolation de 6.3.1 et le maintien de la continuité électrique.

### **6.7 Résumé des essais**

Les essais décrits dans la présente norme internationale sont résumés dans le Tableau 5, avec référence aux articles où ces essais sont décrits en détail.

**Tableau 5 – Tableau des essais décrits dans cette norme**

	Essais individuels de production		Essais de type		Essais de type complémentaires
	Résistances	Thermomètres	Résistances	Thermomètres	
Tolérance sur la résistance	6.2.1	6.3.4	6.4.1	6.3.4	
Résistance d'isolation à température ambiante		6.3.1		6.3.1	
Intégrité de la gaine		6.3.2		6.3.2	
Essai dimensionnel		6.3.3		6.3.3	
Stabilité à la température limite haute			6.4.2	6.5.3	
Effet thermoélectrique				6.5.4	
Auto-échauffement			6.4.3	6.5.7	
Résistance d'isolation à températures élevées				6.5.1	
Temps de réponse thermique				6.5.2	
Effet du cyclage en température				6.5.5	
Hystérésis				6.5.6	
Profondeur d'immersion minimale				6.5.8	
Capacité électrique					6.6.1
Inductance					6.6.2
Rigidité diélectrique					6.6.3
Essai de vibration					6.6.4
Essai de chute					6.6.5

## 7 Informations mises à disposition par le fabricant

### 7.1 Pour les résistances uniquement

Connexions des résistances:

- longueur des connexions ;
- résistance linéaire en  $\Omega/\text{mm}$  ;
- coefficient de température de la résistance ;
- matériau.

### 7.2 Pour les résistances et/ou les thermomètres

- résultats de tous les essais de type spécifiés ;
- longueur sensible à la température et position de la résistance ;
- résistance ohmique des fils de connexions internes et leur coefficient de température doivent être mis à disposition pour les configurations à 2 fils, quand la résistance des fils de connexion interne est égale ou supérieure à la valeur de tolérance à la température maximale assignée dans la classe de tolérance applicable.

## 8 Identification des thermomètres et marquage

Chaque thermomètre doit être marqué ou étiqueté de sorte que l'utilisateur peut déterminer le nombre de résistance, la résistance nominale, la classe de tolérance, la configuration des fils de connexion et les limites de température.

Exemple :

$$1 \times \text{Pt } 100 / A / 4 / -150 / +500$$

ce qui signifie:

- une résistance ;
  - résistance nominale:  $R_0 = 100 \, \Omega$  ;
  - classe de tolérance A (domaine de validité:  $-100 \, ^\circ\text{C}$  à  $450 \, ^\circ\text{C}$ ) ;
  - connexion 4 fils ;
  - température limite basse du thermomètre:  $-150 \, ^\circ\text{C}$  ;
  - température limite haute du thermomètre:  $+500 \, ^\circ\text{C}$ .
-





INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)