

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Industrial platinum resistance thermometers and platinum temperature sensors

Thermomètres à résistance de platine et capteurs hermométriques de platine industriels

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60751:2022



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2022 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Industrial platinum resistance thermometers and platinum temperature sensors

Thermomètres à résistance de platine et capteurs hermométriques de platine industriels

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.200.20

ISBN 978-2-8322-1069-2

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 Characteristics	8
4.1 General.....	8
4.2 Nominal resistance versus temperature relationship	9
4.3 Numerical table of resistance values	9
5 Compliance and requirements	9
5.1 Compliance.....	9
5.2 Tolerance classes	10
5.2.1 Tolerance class and its temperature range of validity.....	10
5.2.2 Tolerance class of platinum resistors	10
5.2.3 Tolerance classes and marking of thermometers	10
5.3 Measuring current.....	12
5.4 Electrical supply.....	12
5.5 Connecting wire configuration	12
6 Tests	13
6.1 General.....	13
6.1.1 Test categories.....	13
6.1.2 Routine production tests	13
6.1.3 Type tests.....	13
6.1.4 Additional type tests for thermometers.....	14
6.1.5 Summary of the tests	14
6.2 Routine production tests for platinum resistors.....	14
6.2.1 Tolerance acceptance test.....	14
6.3 Routine production tests for thermometers.....	15
6.3.1 Tolerance acceptance test.....	15
6.3.2 Insulation resistance at ambient temperature	16
6.3.3 Sheath integrity test.....	16
6.3.4 Dimensional test.....	16
6.4 Type tests for platinum resistors	16
6.4.1 Tolerances	16
6.4.2 Stability at upper temperature limit	17
6.4.3 Self-heating	17
6.5 Type tests for thermometers	17
6.5.1 Tolerances	17
6.5.2 Stability at upper temperature limit	17
6.5.3 Self-heating	17
6.5.4 Insulation resistance at elevated temperature	17
6.5.5 Thermal response time	18
6.5.6 Thermoelectric effect	18
6.5.7 Effect of temperature cycling	18
6.5.8 Effect of hysteresis	18
6.5.9 Minimum immersion depth	18

6.6	Additional type tests for thermometers	19
6.6.1	General	19
6.6.2	Capacitance	19
6.6.3	Inductance	19
6.6.4	Dielectric strength	19
6.6.5	Vibration test	19
6.6.6	Drop test	19
6.6.7	Cold seal	19
7	Information to be made available by the supplier	19
7.1	General	19
7.2	Applicable to resistors	20
7.3	Applicable to thermometers	20
Annex A	(informative) Numerical table	21
Bibliography		25
Figure 1	– Example of connecting configurations	13
Figure 2	– Examples of test results for selecting or rejecting platinum resistors	15
Table 1	– Tolerance class of platinum resistors	10
Table 2	– Tolerance class of thermometers	11
Table 3	– Table of tests specified in this document	14
Table 4	– Minimum insulation resistance of thermometers at the maximum temperature	17
Table A.1	– Temperature versus resistance relationship below 0 °C; $R_0 = 100,00 \, \Omega$	21
Table A.2	– Temperature versus resistance relationship above 0 °C; $R_0 = 100,00 \, \Omega$	22

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 60751 has been prepared by subcommittee 65B: Measurement and control devices, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation. It is an International Standard.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2008. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) formula of resistance versus temperature relationship become the standard specification and the numerical table ceases to be the standard,
- b) new clause "Compliance and requirement" is introduced,
- c) tolerance acceptance test is modified,
- d) an expanded marking system is introduced to accommodate special valid temperature range,
- e) vibration test method is revised,
- f) cold seal is introduced as an additional type test,

g) numerical table of resistance versus temperature is included in Annex A as information.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
65B/1210/FDIS	65B/1214/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60751:2022

INDUSTRIAL PLATINUM RESISTANCE THERMOMETERS AND PLATINUM TEMPERATURE SENSORS

1 Scope

This International Standard specifies the requirements, in addition to the resistance versus temperature relationship, for both industrial platinum resistance thermometers (later referred to as "thermometers") and industrial platinum resistance temperature sensors (later referred to as "platinum resistors") whose electrical resistance is derived from defined functions of temperature.

Values of temperature in this document are in terms of the International Temperature Scale of 1990, ITS-90. A temperature in the unit °C of this scale is denoted by the symbol t , except in Table A.1 where the full nomenclature t_{90} /°C is used.

This document applies to platinum resistors whose temperature coefficient α , defined as

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

is conventionally written as $\alpha = 3,851 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, where R_{100} is the resistance at $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ and R_0 is the resistance at $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$.

This document covers platinum resistors and thermometers for the temperature range $-200 \text{ }^\circ\text{C}$ to $+850 \text{ }^\circ\text{C}$ with different tolerance classes. It can also cover particular platinum resistors or thermometers for a part of this temperature range.

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

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

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

IEC 61515:2016, *Mineral insulated metal-sheathed thermocouple cables and thermocouples*

3 Terms and definitions

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

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

3.1

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 platinum resistance thermometer or into an integrated circuit

3.2

platinum resistance thermometer 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

Note 1 to entry: Mounting means and connection heads can be included. Not included is any separable protection tube or thermowell.

3.3

nominal resistance

expected resistance R_0 of a platinum resistor or thermometer at 0 °C, declared by the supplier and shown in the thermometer marking, usually rounded to the nearest ohm

Note 1 to entry: Platinum resistors are often characterized by their nominal resistance. For example, a platinum resistor with $R_0 = 100 \Omega$ is often referred to as a Pt100

3.4

terminals

termination of the connections supplied with the platinum resistance thermometer

Note 1 to entry: Typical types of terminals are:

- screws or clamps on the terminal socket,
- pins of fixed connectors,
- open ends of fixed cables or equivalents.

3.5

temperature-sensitive length

length of the thermometer whose temperature directly influences the resistance measured

Note 1 to entry: Usually, the temperature-sensitive length is related to the length of the platinum resistor.

3.6

minimum immersion depth

immersion depth at which the change from the calibration at full immersion does not exceed 0,1 °C

3.7

tolerance

maximum allowable deviation of $R(t)$ measured at temperature t from the nominal resistance versus temperature relationship expressed as $\Delta t(t)$ in °C

3.8

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 that the thermometer can withstand without damage

3.9

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 (AC or DC)

3.10

self-heating

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

3.11

self-heating coefficient

temperature rise due to dissipated energy by measuring current in a resistor expressed with the unit °C/mW

3.12

thermal response time

time a thermometer takes to reach a specified percentage of a step change in temperature

3.13

thermoelectric effect

effect of inducing electro-motive force (abbreviated by e.m.f hereafter) 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

3.14

hysteresis

resistance difference at the middle of the temperature range between before and after exposing the thermometer to the lower and upper limit of the temperature range

3.15

expanded uncertainty

quantity defining an interval about the result of a measurement that can be expected to encompass a large fraction of the distribution of values that could reasonably be attributed to the measurand

Note 1 to entry: For reference, see 3.16.

3.16

coverage factor

numerical factor used as a multiplier of the combined standard uncertainty in order to obtain an expanded uncertainty

Note 1 to entry: Coverage factor, k , is typically in the range 2 to 3. In this document, $k = 2$ is chosen, the confidence level of which is 95 %. Refer to Bibliography [1].

4 Characteristics

4.1 General

The nominal resistance versus temperature relationship for platinum resistors and thermometers and their tolerance class are standardized. This specification is applied to a sensing platinum resistor at its connecting points and to a complete thermometer at its terminals.

In the case of two-wire connections (see 5.5), the resistance values of the leads between the connecting point of the platinum resistor and the terminals shall be considered. They shall be subtracted from measured resistances. In some cases, it is also advisable to consider the temperature coefficient of the lead wires, the geometrical characteristics of the wires, and the temperature distribution along their length. This information may be supplied to users as additional information (refer to Clause 7).

4.2 Nominal resistance versus temperature relationship

The resistance versus temperature relationships used in this document are as follows:

For the range -200 °C to 0 °C :

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

For the range of 0 °C to 850 °C :

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

where

R_t is the resistance at the temperature t ,

R_0 is the resistance at $t = 0\text{ °C}$.

The constants in these equations are,

$$A = 3,908\,3 \times 10^{-3}\text{ °C}^{-1}$$

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

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

4.3 Numerical table of resistance values

Table A.1 and Table A.2 are derived from the equations and coefficients specified in 4.2 for a thermometer or platinum resistor of nominal resistance R_0 of $100\text{ }\Omega$.

Table A.1 and Table A.2 are applicable to any thermometer and platinum resistor having any value of R_0 .

In this case, the resistance values in Table A.1 and Table A.2 shall be multiplied by the factor $R_0 / 100\text{ }\Omega$.

NOTE 1 In this edition, the numerical tables given in Annex A cease to be normative; they are now informative. The specification of this document is the formula described in 4.2 with which user can calculate numerical value of R_t .

NOTE 2 The most frequently used device has R_0 of $100\text{ }\Omega$. Devices with R_0 of $10\text{ }\Omega$, $500\text{ }\Omega$ or $1000\text{ }\Omega$ are used frequently as well.

5 Compliance and requirements

5.1 Compliance

In order for a thermometer to be compliant with this document, it shall be made from a platinum resistor which is compliant with this document.

Platinum resistors and thermometers shall be tested to prove that the device meets all the applicable requirements specified in this document. Suppliers shall be responsible for conducting the tests and for proving that the device conforms to this document before transferring the device to the user. The test method and evaluation are specified in this document.

5.2 Tolerance classes

5.2.1 Tolerance class and its temperature range of validity

Tolerance classes are given in Table 1 for a platinum resistor and in Table 2 for a thermometer for any value of R_0 .

These tolerance classes are closely related to the operable temperature range. Therefore, the temperature ranges of validity of a tolerance class are shown in the adjacent column in the table. Temperature ranges of validity are based on the working experience with film and wire platinum resistors.

A thermometer that has a modified tolerance or temperature range of validity can still be compliant with this document provided it satisfies all the applicable requirements, other than the tolerance or the temperature range of validity, and the modification is notified to the user. Details on this are described in 5.2.3.2.

Thermometers or platinum resistors without the specified temperature range of validity for the tolerance are not permitted in this document.

5.2.2 Tolerance class of platinum resistors

Table 1 specifies the tolerance class for platinum resistors. Tolerances and ranges of validity that differ from values given in Table 1 shall be agreed between the supplier and the user.

Table 1 – Tolerance class of platinum resistors

Wire wound platinum resistors		Film platinum resistors		Tolerance (°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	$\pm(0,6 + 0,01 t)$
NOTE The symbol $ t $ denotes modulus of temperature in °C without regard to the sign.				

5.2.3 Tolerance classes and marking of thermometers

5.2.3.1 Tolerance classes of thermometers

Table 2 specifies the tolerance class for thermometers.

Table 2 – Tolerance class of thermometers

Tolerance class	Temperature range of validity (°C) for thermometers made using		Tolerance (°C)
	Wire wound platinum resistors	Film platinum 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	$\pm(0,6 + 0,01 t)$

NOTE The symbol $| t |$ denotes modulus of temperature in °C without regard to the sign.

5.2.3.2 Special tolerance classes of thermometers

Tolerances and ranges of validity that differ from the values given in Table 2 shall be agreed between the supplier and the user. These special thermometers shall be clearly distinguished from a standard device by the "-sp" marking as is specified in 5.2.3.3. Recommended special tolerance classes may be constructed as multiples or fractions of class B tolerance. Example 1 in 5.2.3.3 demonstrates this case.

It is also left to the suppliers and the users to establish a special class for their thermometers with a temperature range different from the ranges in Table 2. Special temperature ranges of validity may be defined for restricted or extended temperature ranges. Example 2 in 5.2.3.3 demonstrates this case.

5.2.3.3 Marking of thermometers

Each thermometer shall be marked or labelled accordingly so that the user can confirm, either directly or indirectly, the number of platinum resistors, connecting wire configuration, tolerance class, and its temperature range of validity.

Marking Example 1: $2 \times \text{Pt}100 / (2/3\text{B}) -\text{F-sp} / 3 / -50 / +250$

This means:

- Two platinum resistor construction,
- Nominal resistance: $R_0 = 100 \Omega$,
- Tolerance class: 2/3B [Tolerance value $\pm(0,2 + 0,0033 | t |)$],
- Platinum resistor type: F (film),
- Special tolerance class [(2/3)B]: suffix –sp of F is the notification. It means that the tolerance class is different from Table 2 and range of validity differs also,
- Wire configuration: 3 wire configuration (see Figure 1),
- Range of validity: –50 °C to +250 °C,
- Lower temperature limit of the thermometer: –50 °C,
- Upper temperature limit of the thermometer: +250 °C.

Marking Example 2: $1 \times \text{Pt}100 / \text{AA-W-sp} / 4 / -50 / +300$

This means:

- One platinum resistor construction,
- Nominal resistance: $R_0 = 100 \Omega$,

- Tolerance class: AA,
- Platinum resistor type: W (wire wound),
- Special range of validity; suffix -sp of W means that range of validity is different from Table 2,
- Wire configuration: 4 wire configuration (see Figure 1),
- Range of validity: $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- Lower temperature limit of the thermometer: $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- Upper temperature limit of the thermometer: $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.3 Measuring current

The measuring current of a platinum resistor or thermometer shall be limited to a value at which the self-heating of the thermometer under conditions 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 platinum resistor.

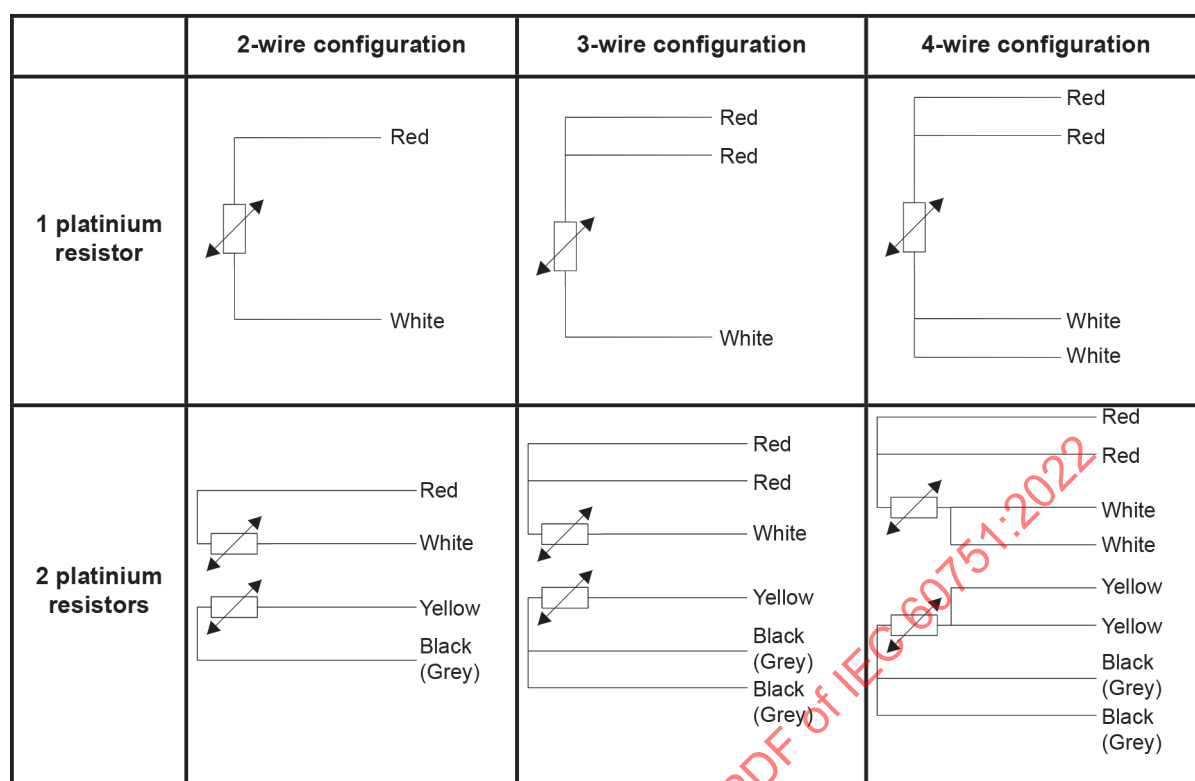
5.4 Electrical supply

Platinum 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.

5.5 Connecting wire configuration

Thermometers of tolerance class better than class B shall have 3-wire or 4-wire configuration with 4-wire configuration being recommended.

Thermometers may be constructed with one or more platinum resistors and a variety of internal connecting wire configurations. A typical example of identification and designation of the terminals is shown in Figure 1.



IEC

Figure 1 – Example of connecting configurations

6 Tests

6.1 General

6.1.1 Test categories

Tests shall be performed to prove that platinum resistors or thermometers conform to the requirements of this document. The tests are categorised as routine production test, type test, and additional type test. It is not intended or recommended that all tests be performed on every platinum resistor or thermometer supplied. Different kinds of tests are therefore described from 6.1.2 to 6.1.5.

6.1.2 Routine production tests

The routine production test shall be performed on every platinum resistor or thermometer manufactured in accordance with this document. This routine production test can be replaced by a sampling test provided that technically established control procedures are in place to demonstrate that the statistical sampling test is sufficient. If the routine production test is replaced by a sampling test, the user shall be informed.

6.1.3 Type tests

Type tests shall be carried out on a platinum resistor or a thermometer of each particular design and temperature range of operation. The routine production test items shall also be performed on the type tests. These tests are subdivided into tests for all forms of platinum resistors or thermometers.

6.1.4 Additional type tests for thermometers

Additional type tests may be required by other regulations or by agreement between the supplier and the 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.

6.1.5 Summary of the tests

All the tests specified in this document are summarized in Table 3 with reference to the clause in which details of the test are given.

Table 3 – Table of tests specified in this document

	Routine production tests		Type tests		Additional type tests for thermometers
	Platinum resistors	Thermometers	Platinum resistors	Thermometers	
Tolerance acceptance test	6.2.1	6.3.1		6.3.1	
Insulation resistance at ambient temperature		6.3.2		6.3.2	
Sheath integrity test		6.3.3		6.3.3	
Dimensional test		6.3.4		6.3.4	
Tolerances			6.4.1	6.5.1	
Stability at upper temperature limit			6.4.2	6.5.2	
Self-heating			6.4.3	6.5.3	
Insulation resistance at elevated temperature				6.5.4	
Thermal response time				6.5.5	
Thermoelectric effect				6.5.6	
Effect of temperature cycling				6.5.7	
Effect of hysteresis				6.5.8	
Minimum immersion depth				6.5.9	
Capacitance					6.6.2
Inductance					6.6.3
Dielectric strength					6.6.4
Vibration test					6.6.5
Drop test					6.6.6
Cold seal					6.6.7

6.2 Routine production tests for platinum resistors

6.2.1 Tolerance acceptance test

All types of platinum 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 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Estimation of measurement uncertainty for the test shall be done with coverage factor $k = 2$.

Platinum resistors of the tolerance classes W0,1, F0,1, W0,15 and F0,15 shall be tested at one additional temperature at least. This test temperature shall be the upper or lower temperature limit of the platinum resistor, or spaced from the first test temperature by $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, whichever is less.

For selection of the platinum resistor, the supplier shall perform a measurement with expanded uncertainty of less than $1/3$ of the tolerance band. However, the supplier shall also be allowed to select a measurement with an alternative expanded uncertainty to respond to demands, provided that the uncertainty is notified to the user.

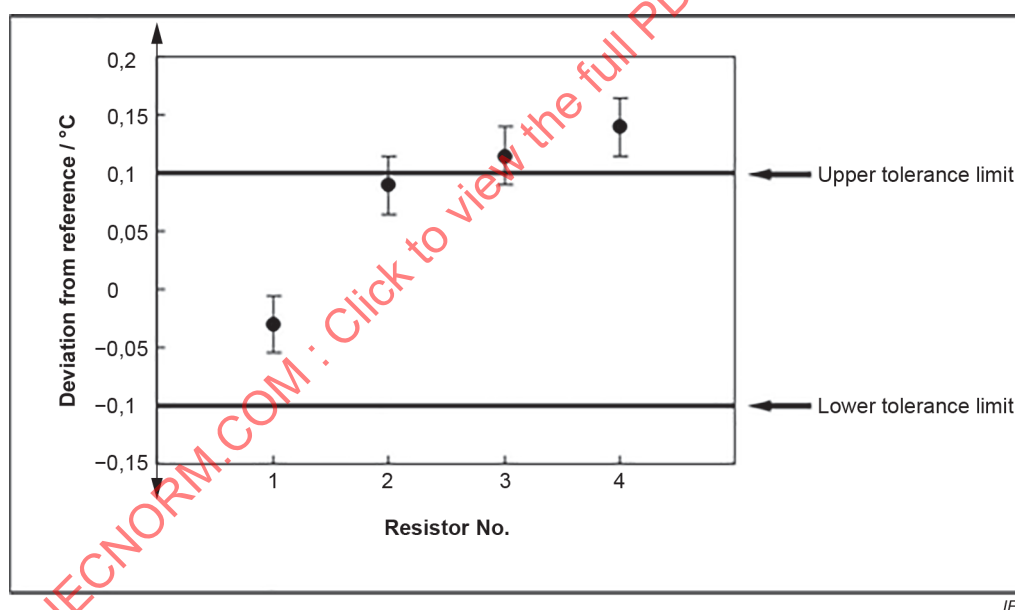
As a typical example, the resistors numbered 1 to 4 in Figure 2 illustrate resistance deviation of tolerance class 0,1 resistors.

The selection criteria for the supplier are: the equivalent temperature deviation calculated by resistance deviation from the nominal resistance versus the temperature function plus the expanded uncertainty of the measurement shall be completely within the corresponding tolerance band which is exemplified by resistor 1 in Figure 2.

The rejection criteria for the user are: at the entrance, check the tolerance value is not met. It is judged by the measurement result that the deviation plus expanded uncertainty of the measurement is completely outside the tolerance band which is exemplified by resistor 4 in Figure 2.

Regarding resistors 2 and 3, of which part of the expanded uncertainty interval lies outside the tolerance band, the user can ask the supplier for information about the test measurement of the particular platinum resistor.

NOTE For the selection guidelines, refer to the Bibliography [2].



The examples shown are for tolerance class 0,1. Limits are part of the tolerance band.

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

6.3 Routine production tests for thermometers

6.3.1 Tolerance acceptance test

The suppliers shall ensure that platinum resistors of the appropriate tolerance class have been used for their thermometers. Thermometers of tolerance classes A and better (see 5.2) shall be tested for resistance accuracy at one temperature point in the range of -5 °C to $+30\text{ °C}$. All the selection criteria are the same as those described in 6.2.1.

6.3.2 Insulation resistance at ambient temperature

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

The insulation resistance shall be not less than 100 MΩ.

For thermometers with two or more measuring circuits, the same test shall be made between the individual circuits.

6.3.3 Sheath integrity test

6.3.3.1 General

The integrity of the sheath and all closure welding shall be tested in general by suitable means: either by a suitable test method not mentioned in this document, or with such a method given in this document. For particular applications, sheath integrity tests may be agreed between the user and the supplier. Examples of commonly accepted suitable integrity tests are given in 6.3.3.2 to 6.3.3.5.

6.3.3.2 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 6.3.2.

6.3.3.3 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.

6.3.3.4 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. This test is only recommended for thermometers that can be used at a temperature down to -196 °C or -200 °C.

6.3.3.5 Helium leakage test

The helium leakage test shall be mentioned as a further means of integrity test. The details of this test may be determined by agreement between the supplier and the user.

6.3.4 Dimensional test

If the manufactured thermometer 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 IEC 61152.

6.4 Type tests for platinum 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. To consider uncertainty, refer to 6.2.1.

6.4.2 Stability at upper temperature limit

The platinum resistor shall be subjected to its declared upper temperature limit in air for 1 000 hours. The drift in resistance ($R_{0, \text{End of test}} - R_{0, \text{Start of test}}$) shall be converted to temperature and it shall not be more than the tolerance value at 0 °C for the respective tolerance class.

6.4.3 Self-heating

The self-heating coefficient 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 or in flowing water with a velocity $(0,3 \pm 0,1)$ 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. Applied test conditions shall be declared.

6.5 Type tests for thermometers

6.5.1 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.

NOTE Tolerance is closely related to the acceptance test. Acceptance criteria are described in 6.2.1 of this document.

6.5.2 Stability at upper temperature limit

The thermometer shall be subjected to its declared upper temperature limit in air for a minimum of 4 weeks (672 h) continuously. The drift in resistance ($R_{0, \text{End of test}} - R_{0, \text{Start of test}}$) is to be converted to temperature, and it shall be within the tolerance band of the declared tolerance class. The insulation resistance specification 6.5.4 shall be met after the exposure.

6.5.3 Self-heating

The same procedure shall be applied for this test as is specified for platinum resistors in 6.4.3, and the same evaluation condition shall be applied.

6.5.4 Insulation resistance at elevated temperature

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 DC. 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 the maximum temperature**

Rated maximum temperature	Minimum insulation resistance
°C	MΩ
Up to 250	20
251 to 450	2
451 to 650	0,5
651 to 850	0,2

6.5.5 Thermal response time

The thermal response time T in flowing water with a velocity $(0,3 \pm 0,1)$ m/s or in flowing air with a velocity $(3 \pm 0,3)$ m/s shall be recorded. To specify the response time it is necessary to declare the percentage of response, usually $T_{0,9}$, $T_{0,63}$, $T_{0,5}$, or $T_{0,1}$, which gives the time until the thermometer reading reaches 90 %, 63,2 %, 50 % or 10 % of the temperature step change, respectively. The test medium and its flow conditions shall be specified (usually flowing water or flowing air).

6.5.6 Thermoelectric effect

The thermometer shall be immersed in a uniform temperature environment of declared highest temperature of the thermometer class. The immersion where induced e.m.f. across the terminals of the thermometer attains its maximum shall be found. With this condition, the maximum permissible DC current shall be applied to obtain resistance R_n by measuring DC voltage across the terminals. The current shall then be reversed to obtain R_r . The equivalent temperature deviation calculated by the difference between R_n and R_r shall not exceed the tolerance value of the declared tolerance class in Table 2. The terminals shall be kept at ambient temperature throughout the process.

6.5.7 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. If the temperature range of the thermometer is outside of room temperature, the test cycle shall be performed without exposition to room temperature.

After 10 cycles between the upper and the lower temperature limit, measured drift in resistance ($R_{0, \text{End of test}} - R_{0, \text{Start of test}}$) shall be converted to temperature and it shall be within the respective tolerance band of the class.

6.5.8 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 shall 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 temperature difference between these two measurements shall not be larger than the 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 the range. Taking a thermometer of range 0 °C to 400 °C as an example, this test condition is interpreted as follows. The thermometer shall go from 0 °C to 200 °C, then from 200 °C to 400 °C, and finally from 400 °C to 200 °C without being cooled below 200 °C during this last step.

NOTE Hysteresis as defined in IEC 61298-1 can be applied to thermometers by the method described here.

6.5.9 Minimum immersion depth

The thermometer shall be immersed in water with a temperature of at least 85 °C to the same depth as is 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 the minimum immersion depth.

6.6 Additional type tests for thermometers

6.6.1 General

For particular applications, special type tests may be agreed between the user and the supplier. In 6.6.2 to 6.6.7, some of the typical examples are described.

6.6.2 Capacitance

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

6.6.3 Inductance

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

6.6.4 Dielectric strength

A test voltage of 500 V AC 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.

6.6.5 Vibration test

Vibration tests may be performed for the thermometers used in a specific environment with possible vibrations. The thermometer shall be mounted as it will be installed. Test methods shall comply with IEC 60068-2-6. The parameters such as frequency range and forcing acceleration of the vibration shall be determined by the agreement between the user and the supplier. The tested thermometer shall comply with all the electrical and mechanical requirements of this document.

6.6.6 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 a height of 250 mm onto 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 6.3.2 and the maintenance of electrical continuity.

6.6.7 Cold seal

The test shall be performed to ensure that the thermometer reading shall not be influenced by moisture in the environment where it is operated. The test method and validation shall follow in IEC 61515:2016, 5.3.1.5 (Cold seal immersion test). It is recommended to cycle the thermometers thermally according to the application range before applying the test. Thermometers with thermal blocks shall not be mounted for this test.

7 Information to be made available by the supplier

7.1 General

Suppliers shall keep information about their products so that users are able to access when it is needed. The items in 7.2 and 7.3 are typical information.

7.2 Applicable to resistors

- Results of all specified type tests,
- Length of the two leads,
- Linear resistance of the leads in Ω/mm ,
- Temperature coefficient of resistance of the leads,
- Material of the leads.

7.3 Applicable to thermometers

- Results of all specified type tests,
- Temperature-sensitive length and position of platinum 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60751:2022

Annex A (informative)

Numerical table

Table A.1 – Temperature versus resistance relationship below 0 °C; $R_0 = 100,00 \, \Omega$

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Resistance in ohms at the temperature $t_{90}/^{\circ}\text{C}$										$t_{90}/^{\circ}\text{C}$
	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

Table A.2 – Temperature versus resistance relationship above 0 °C; $R_0 = 100,00 \Omega$

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Resistance in ohms at the temperature $t_{90}/^{\circ}\text{C}$										$t_{90}/^{\circ}\text{C}$
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
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
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

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Resistance in ohms at the temperature $t_{90}/^{\circ}\text{C}$										$t_{90}/^{\circ}\text{C}$
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
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

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	Resistance in ohms at the temperature $t_{90}/^{\circ}\text{C}$										$t_{90}/^{\circ}\text{C}$
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60751:2022

Bibliography

- [1] ISO/IEC Guide 98-3:2008, *"Uncertainty of measurement – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)"* <https://www.iso.org/standard/50461.html>
- [2] ILAC-G8:09/2019, *Guidelines on Decision Rules and Statements of Conformity*
- [3] *The international Temperature Scale of 1990 (ITS-90)*; *Metrologia* 27, 3-10 (1990)
- [4] IEC 61298-1, *Process measurement and control devices – General methods and procedures for evaluating performance – Part 1: General considerations*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60751:2022

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	28
1 Domaine d'application	30
2 Références normatives	30
3 Termes et définitions	30
4 Caractéristiques	32
4.1 Généralités	32
4.2 Relation entre la résistance nominale et la température	33
4.3 Tableau numérique des valeurs de résistance	33
5 Conformité et exigences	33
5.1 Conformité	33
5.2 Classes de tolérance	33
5.2.1 Classe de tolérance et sa plage de températures de validité	33
5.2.2 Classe de tolérance pour les résistances de platine	34
5.2.3 Classes de tolérance et marquage pour les thermomètres	34
5.3 Courant de mesure	35
5.4 Alimentation électrique	35
5.5 Configuration des fils de connexion	35
6 Essais	36
6.1 Généralités	36
6.1.1 Catégories d'essai	36
6.1.2 Essais individuels de production	36
6.1.3 Essais de type	36
6.1.4 Essais de type complémentaires pour les thermomètres	37
6.1.5 Résumé des essais	37
6.2 Essais individuels de production pour les résistances de platine	37
6.2.1 Essai d'acceptation de la tolérance	37
6.3 Essais individuels de production pour les thermomètres	38
6.3.1 Essai d'acceptation de la tolérance	38
6.3.2 Résistance d'isolement à température ambiante	39
6.3.3 Essai d'intégrité de la gaine	39
6.3.4 Essai dimensionnel	39
6.4 Essais de type pour les résistances de platine	39
6.4.1 Tolérances	39
6.4.2 Stabilité à la température limite haute	39
6.4.3 Autoéchauffement	40
6.5 Essais de type pour les thermomètres	40
6.5.1 Tolérances	40
6.5.2 Stabilité à la température limite haute	40
6.5.3 Autoéchauffement	40
6.5.4 Résistance d'isolement à température élevée	40
6.5.5 Temps de réponse thermique	40
6.5.6 Effet thermoélectrique	40
6.5.7 Effet du cyclage en température	41
6.5.8 Effet d'hystérésis	41
6.5.9 Profondeur d'immersion minimale	41

6.6	Essais de type complémentaires pour les thermomètres	41
6.6.1	Généralités	41
6.6.2	Capacité électrique	41
6.6.3	Inductance	41
6.6.4	Rigidité diélectrique	42
6.6.5	Essai de vibrations	42
6.6.6	Essai de chute	42
6.6.7	Soudures à froid	42
7	Informations mises à disposition par le fournisseur	42
7.1	Généralités	42
7.2	Applicable aux résistances	42
7.3	Applicable aux thermomètres	42
Annexe A (informative) Tableau numérique		43
Bibliographie		47
Figure 1 – Exemples de configurations de connexion		36
Figure 2 – Exemples de résultats d'essai pour le choix ou le rejet de résistances de platine		38
Tableau 1 – Classes de tolérance pour les résistances de platine		34
Tableau 2 – Classes de tolérance pour les thermomètres		34
Tableau 3 – Tableau des essais décrits dans le présent document		37
Tableau 4 – Résistance d'isolement minimale des thermomètres à la température maximale		40
Tableau A.1 – Relation entre la température et la résistance au-dessous de 0 °C; $R_0 = 100,00 \, \Omega$		43
Tableau A.2 – Relation entre la température et la résistance au-dessus de 0 °C; $R_0 = 100,00 \, \Omega$		44

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

THERMOMÈTRES À RÉSISTANCE DE PLATINE ET CAPTEURS THERMOMÉTRIQUES DE PLATINE INDUSTRIELS

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de l'identification de ces droits de propriété en tout ou partie.

L'IEC 60751 a été établie par le sous-comité 65B: Équipements de mesure et de contrôle-commande, du comité d'études 65 de l'IEC: Mesure, commande et automation dans les processus industriels. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2008. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) la formule de la relation entre la résistance et la température devient la spécification de référence et le tableau numérique cesse d'être la norme;
- b) un nouvel article "Conformité et exigences" est introduit;
- c) l'essai d'acceptation de la tolérance est modifié;
- d) un système de marquage étendu est introduit pour s'adapter à une plage de températures valide particulière;

- e) la méthode d'essai de vibrations est révisée;
- f) les soudures à froid sont introduites comme un essai de type supplémentaire;
- g) le tableau numérique de la résistance en fonction de la température est inclus à l'Annexe A à titre d'information.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
65B/1210/FDIS	65B/1214/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Le comité a décidé que le contenu du présent document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

THERMOMÈTRES À RÉSISTANCE DE PLATINE ET CAPTEURS THERMOMÉTRIQUES DE PLATINE INDUSTRIELS

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les exigences en plus de la relation entre la température et la résistance pour les thermomètres à résistance de platine industriels (dénommés ci-après "thermomètres") et les capteurs thermométriques de platine industriels (dénommés ci-après "résistances de platine") dont la résistance électrique est dérivée de fonctions définies de la température.

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

Le présent document s'applique aux résistances de platine dont le coefficient de température α , défini par

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

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

Le présent document couvre les résistances de platine et thermomètres pour la plage de températures allant de $-200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ à $+850 \text{ }^{\circ}\text{C}$ avec différentes classes de tolérance. Il peut également couvrir des résistances de platine ou thermomètres particuliers pour une partie de cette plage de températures.

Pour les relations entre la température et la résistance dont les incertitudes sont inférieures à $0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ qui sont possibles seulement pour les résistances de platine ou les thermomètres d'une exceptionnelle stabilité et étalonnés individuellement, une équation d'interpolation plus complexe que celle présentée dans le présent document peut être nécessaire. La spécification de telles équations ne relève pas du domaine d'application du présent document.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

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

IEC 61515:2016, *Câbles et couples thermoélectriques à isolation minérale dits "chemisés"*

3 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.1

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), conçue pour être assemblée dans un thermomètre à résistance de platine ou dans un circuit intégré

3.2

thermomètre à résistance de platine

thermomètre

TRP

dispositif sensible à la température, qui consiste 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

Note 1 à l'article: 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.

3.3

résistance nominale

résistance R_0 attendue pour une résistance de platine ou un thermomètre à 0 °C, déclarée par le fournisseur et donnée dans le marquage, généralement arrondie à la valeur ohmique la plus proche

Note 1 à l'article: Les résistances de platine sont souvent caractérisées par leur résistance nominale. Par exemple, une résistance de platine avec $R_0 = 100 \Omega$ est souvent appelée Pt100.

3.4

bornes

terminaisons des câbles de connexion fournies avec le thermomètre à résistance de platine

Note 1 à l'article: Les types les plus courants de bornes sont:

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

3.5

longueur sensible à la température

longueur du thermomètre dont la température influence directement la résistance mesurée

Note 1 à l'article: Généralement, la longueur sensible à la température est liée à la longueur de la résistance de platine.

3.6

profondeur d'immersion minimale

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

3.7

tolérance

écart maximal admissible de $R(t)$ mesuré à la température t par rapport à la relation entre la résistance nominale et la température, exprimé en °C sous la forme $\Delta t(t)$

3.8

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

3.9

résistance d'isolement

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 courant continu ou alternatif)

3.10

autoéchauffement

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

3.11

coefficient d'autoéchauffement

élévation de température due à l'énergie dissipée par le passage du courant de mesure dans une résistance, exprimée en °C/mW

3.12

temps de réponse thermique

temps nécessaire pour qu'un thermomètre atteigne un pourcentage spécifié d'une variation échelonnée en température

3.13

effet thermoélectrique

effet de génération d'une force électromotrice (abrégé f.é.m. ci-après) 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

3.14

hystérésis

différence de résistance observée au milieu de la plage de températures avant et après exposition du thermomètre à la limite inférieure et à la limite supérieure de la plage de températures

3.15

incertitude élargie

grandeur définissant un intervalle, autour du résultat d'une mesure, dont on puisse s'attendre à ce qu'il comprenne une fraction élevée de la distribution des valeurs qui pourraient être attribuées raisonnablement au mesurande

Note 1 à l'article: À titre de référence, voir 3.16.

3.16

facteur d'élargissement

facteur numérique utilisé comme multiplicateur de l'incertitude-type composée pour obtenir l'incertitude élargie

Note 1 à l'article: Un facteur d'élargissement, k , a sa valeur généralement comprise entre 2 et 3. Dans le présent document, $k = 2$ est choisi, avec un niveau de confiance de 95 %. Voir la bibliographie [1].

4 Caractéristiques

4.1 Généralités

La relation entre la résistance nominale et la température pour les résistances de platine et les thermomètres et leur classe de tolérance sont normalisées. Cette spécification est appliquée à une résistance de platine sensible à ses points de connexion, et à un thermomètre complet à ses bornes.

Dans le cas de connexions à deux fils (voir 5.5), les valeurs de résistance des liaisons entre le point de connexion de la résistance de platine et les bornes doivent être prises en considération. Elles doivent être soustraites des résistances mesurées. Dans certains cas, il est également recommandé de prendre en considération le coefficient de température des fils de connexion, les caractéristiques géométriques des fils et la distribution de la température sur leur longueur. Ces informations peuvent être fournies aux utilisateurs à titre d'information complémentaire (voir Article 7).

4.2 Relation entre la résistance nominale et la température

Les relations entre la résistance et la température employées dans le présent document sont comme suit:

Pour la plage -200 °C à 0 °C :

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

Pour la plage 0 °C à 850 °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,

$$A = 3,908\,3 \times 10^{-3}\text{ °C}^{-1}$$

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

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

4.3 Tableau numérique des valeurs de résistance

Le Tableau A.1 et le Tableau A.2 sont dérivés des équations et des coefficients spécifiés en 4.2 pour un thermomètre ou une résistance de platine de résistance nominale R_0 de $100\text{ }\Omega$.

Le Tableau A.1 et le Tableau A.2 sont applicables à tout thermomètre et à toute résistance de platine ayant une valeur quelconque de R_0 .

Dans ce cas, les valeurs de résistance du Tableau A.1 et du Tableau A.2 doivent être multipliées par le facteur $R_0/100\text{ }\Omega$.

NOTE 1 Dans la présente édition, les tableaux numériques donnés à l'Annexe A cessent d'être normatifs; ils sont désormais informatifs. La spécification du présent document est la formule décrite en 4.2 avec laquelle l'utilisateur peut calculer la valeur numérique de R_t .

NOTE 2 L'appareil le plus fréquemment utilisé a un R_0 de $100\text{ }\Omega$. Les appareils ayant un R_0 de $10\text{ }\Omega$, $500\text{ }\Omega$ ou $1\,000\text{ }\Omega$ sont également fréquemment utilisés.

5 Conformité et exigences

5.1 Conformité

Pour qu'un thermomètre soit conforme au présent document, il doit être fabriqué à partir d'une résistance de platine conforme au présent document.

Les résistances de platine et les thermomètres doivent être soumis à l'essai pour démontrer que le dispositif satisfait à toutes les exigences applicables spécifiées dans le présent document. Les fournisseurs doivent réaliser les essais et démontrer que le dispositif est conforme au présent document avant de le transférer à l'utilisateur. La méthode d'essai et l'évaluation sont spécifiées dans le présent document.

5.2 Classes de tolérance

5.2.1 Classe de tolérance et sa plage de températures de validité

Les classes de tolérance sont données dans le Tableau 1 pour une résistance de platine, et dans le Tableau 2 pour un thermomètre pour toute valeur de R_0 .

Ces classes de tolérance sont étroitement liées à la plage de températures de service. Les plages de températures de validité d'une classe de tolérance sont donc indiquées dans la colonne adjacente du tableau. Les plages de températures de validité sont fondées sur l'expérience d'utilisation avec des résistances de platine à couche et bobinées.

Un thermomètre dont la tolérance ou la plage de températures de validité a été modifiée peut toujours être conforme au présent document à condition qu'il satisfasse à toutes les exigences applicables, autres que la tolérance ou la plage de températures de validité, et que la modification soit notifiée à l'utilisateur. Les informations détaillées à ce sujet sont données en 5.2.3.2.

Les thermomètres ou les résistances de platine sans la plage de températures de validité spécifiée pour la tolérance ne sont pas admis(es) dans le présent document.

5.2.2 Classe de tolérance pour les résistances de platine

Le Tableau 1 spécifie la classe de tolérance pour les résistances de platine. Les tolérances et plages de validité qui diffèrent des valeurs données dans le Tableau 1 doivent faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur.

Tableau 1 – Classes de tolérance pour les résistances de platine

Résistances de platine bobinées		Résistances de platine à couche		Tolérance (°C)
Classe de tolérance	Plage de températures de validité (°C)	Classe de tolérance	Plage de températures de validité (°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	$\pm(0,6 + 0,01 t)$

NOTE Le symbole $| t |$ indique la valeur absolue de température en °C sans considération de signe.

5.2.3 Classes de tolérance et marquage pour les thermomètres

5.2.3.1 Classes de tolérance pour les thermomètres

Le Tableau 2 spécifie la classe de tolérance pour les thermomètres.

Tableau 2 – Classes de tolérance pour les thermomètres

Classe de tolérance	Plage de températures de validité (°C) pour les thermomètres fabriqués avec des		Tolérance (°C)
	Résistances de platine bobinées	Résistances de platine à couche	
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	$\pm(0,6 + 0,01 t)$

NOTE Le symbole $| t |$ indique la valeur absolue de température en °C sans considération de signe.

5.2.3.2 Classes de tolérance spéciales pour les thermomètres

Les tolérances et plages de validité qui diffèrent des valeurs données dans le Tableau 2 doivent faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur. Ces thermomètres spéciaux doivent être clairement différenciés d'un dispositif normalisé en apposant le marquage "-sp" comme cela est spécifié en 5.2.3.3. Les classes de tolérance spéciales recommandées peuvent être construites comme des multiples ou des fractions de la tolérance de la classe B. L'exemple 1 présenté en 5.2.3.3 explique ce cas.

Il est également laissé à la discrétion des fournisseurs et des utilisateurs d'établir une classe spéciale pour leurs thermomètres avec une plage de températures qui diffère de celles indiquées dans le Tableau 2. Des plages de températures de validité spéciales peuvent être définies pour des plages de températures limitées ou étendues. L'exemple 2 présenté en 5.2.3.3 explique ce cas.

5.2.3.3 Marquage pour les thermomètres

Chaque thermomètre doit être marqué ou étiqueté en conséquence de sorte que l'utilisateur puisse confirmer, directement ou indirectement, le nombre de résistances de platine, la configuration des fils de connexion, la classe de tolérance et sa plage de températures de validité.

Exemple de marquage 1: 2 × Pt100 / (2/3B) –F-sp / 3 / –50 / +250

Cela signifie:

- Construction de deux résistances de platine,
- Résistance nominale: $R_0 = 100 \, \Omega$,
- Classe de tolérance: 2/3B [Valeur de tolérance $\pm(0,2 + 0,003 \, 3 \, | \, t \, |)$],
- Type de résistance de platine: F (couche),
- Classe de tolérance spéciale [(2/3)B]: le suffixe -sp de F est la notification. Cela signifie que la classe de tolérance et la plage de validité sont différentes de celles du Tableau 2,
- Configuration des fils: configuration à 3 fils (voir la Figure 1),
- Plage de validité: –50 °C à +250 °C,
- Température limite basse du thermomètre: –50 °C,
- Température limite haute du thermomètre: +250 °C.

Exemple de marquage 2: 1 × Pt100 / AA-W-sp / 4 / –50 / +300

Cela signifie:

- Construction d'une résistance de platine,
- Résistance nominale: $R_0 = 100 \, \Omega$,
- Classe de tolérance: AA,
- Type de résistance de platine: W (platine bobinée),
- Plage de validité spéciale; le suffixe -sp de W signifie que la plage de validité est différente de celle du Tableau 2,
- Configuration des fils: configuration à 4 fils (voir la Figure 1),
- Plage de validité: –50 °C à +300 °C,
- Température limite basse du thermomètre: –50 °C,
- Température limite haute du thermomètre: +300 °C.

5.3 Courant de mesure

Le courant de mesure d'une résistance de platine ou d'un thermomètre doit être limité à une valeur à laquelle l'autoéchauffement du thermomètre dans des conditions spécifiées en 6.4.3 ne dépasse pas 25 % de la valeur de tolérance de la classe de tolérance déclarée. Le courant de mesure est généralement inférieur à 1 mA pour une résistance de platine bobinée de 100 Ω .

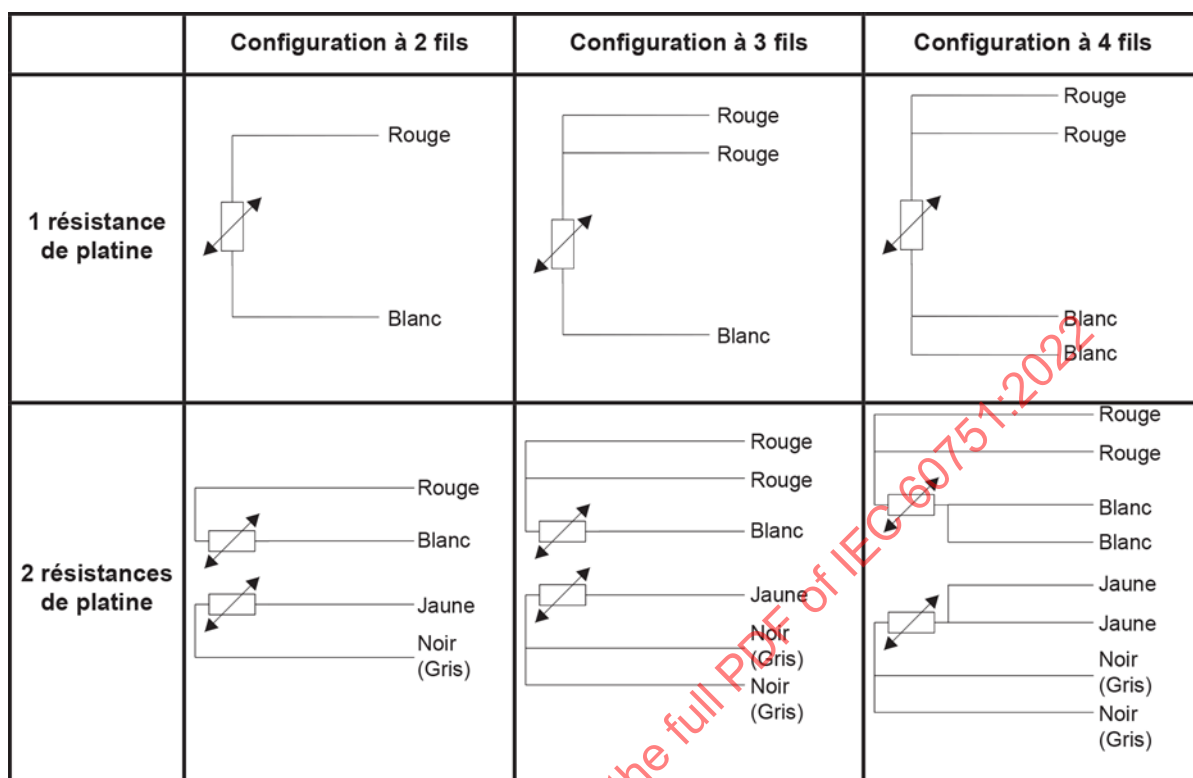
5.4 Alimentation électrique

Les résistances de platine et les thermomètres doivent être construits de telle sorte qu'ils soient adaptés à une utilisation dans des systèmes de mesure qui utilisent un courant continu ou alternatif allant jusqu'à 100 Hz. Certains systèmes de mesure peuvent exiger un fonctionnement à des fréquences plus élevées.

5.5 Configuration des fils de connexion

Les thermomètres de classe de tolérance meilleure que la classe B doivent présenter une configuration à 3 fils ou à 4 fils, la configuration à 4 fils étant recommandée.

Les thermomètres peuvent être construits avec une ou plusieurs résistances de platine et différentes configurations de connexions internes. Un exemple type d'identification et de désignation des bornes est représenté à la Figure 1.



IEC

Figure 1 – Exemples de configurations de connexion

6 Essais

6.1 Généralités

6.1.1 Catégories d'essai

Des essais doivent être effectués afin de démontrer que les résistances de platine ou thermomètres sont conformes aux exigences du présent document. Les essais sont classés comme suit: essai individuel de production, essai de type et essai de type complémentaire. Il n'existe aucune demande ni recommandation stipulant que tous les essais sont à réaliser sur chaque résistance de platine ou thermomètre livré. Différentes sortes d'essais sont de ce fait décrites de 6.1.2 à 6.1.5.

6.1.2 Essais individuels de production

Un essai individuel de production doit être réalisé sur chaque résistance de platine ou thermomètre fabriqué conformément au présent document. Cet essai individuel de production peut être remplacé par un essai par échantillonnage à condition de mettre en place des procédures de contrôle techniquement établies pour démontrer que l'essai par échantillonnage statistique est suffisant. Si l'essai individuel de production est remplacé par un essai par échantillonnage, l'utilisateur doit en être informé.

6.1.3 Essais de type

Les essais de type doivent être effectués sur une résistance de platine ou un thermomètre de chaque conception particulière et de chaque plage de températures de service. Les essais individuels de production doivent également être effectués dans le cadre des essais de type. Ces essais sont répartis en essais pour toutes les formes de résistances de platine ou thermomètres.

6.1.4 Essais de type complémentaires pour les thermomètres

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

6.1.5 Résumé des essais

Tous les essais décrits dans le présent document sont résumés dans le Tableau 3 avec référence aux articles dans lesquels ces essais sont détaillés.

Tableau 3 – Tableau des essais décrits dans le présent document

	Essais individuels de production		Essais de type		Essais de type complémentaires pour les thermomètres
	Résistances de platine	Thermomètres	Résistances de platine	Thermomètres	
Essai d'acceptation de la tolérance	6.2.1	6.3.1		6.3.1	
Résistance d'isolement à température ambiante		6.3.2		6.3.2	
Essai d'intégrité de la gaine		6.3.3		6.3.3	
Essai dimensionnel		6.3.4		6.3.4	
Tolérances			6.4.1	6.5.1	
Stabilité à la température limite haute			6.4.2	6.5.2	
Autoéchauffement			6.4.3	6.5.3	
Résistance d'isolement à température élevée				6.5.4	
Temps de réponse thermique				6.5.5	
Effet thermoélectrique				6.5.6	
Effet du cyclage en température				6.5.7	
Effet d'hystérésis				6.5.8	
Profondeur d'immersion minimale				6.5.9	
Capacité électrique					6.6.2
Inductance					6.6.3
Rigidité diélectrique					6.6.4
Essai de vibrations					6.6.5
Essai de chute					6.6.6
Soudures à froid					6.6.7

6.2 Essais individuels de production pour les résistances de platine

6.2.1 Essai d'acceptation de la tolérance

Tous les types de résistances de platine doivent être soumis à l'essai au moins à une température. La température d'essai doit être comprise dans la plage allant de -5 °C à $+30\text{ °C}$, de préférence 0 °C . L'incertitude de mesure pour l'essai doit être estimée avec un facteur d'élargissement $k = 2$.

Les résistances de platine des classes de tolérance W0,1, F0,1, W0,15 et F0,15 doivent être soumises à l'essai à au moins une température complémentaire. Cette température d'essai doit

être la température limite haute ou basse de la résistance de platine, ou doit être espacée de 90 °C par rapport à la température du premier essai, l'écart le plus faible prévalant.

Pour le choix de la résistance de platine, le fournisseur doit effectuer un mesurage avec une incertitude élargie inférieure à 1/3 de la bande de tolérance. Toutefois, il doit également pouvoir faire son choix par un mesurage à l'aide d'une incertitude élargie alternative pour répondre aux demandes, à condition que l'incertitude soit notifiée à l'utilisateur.

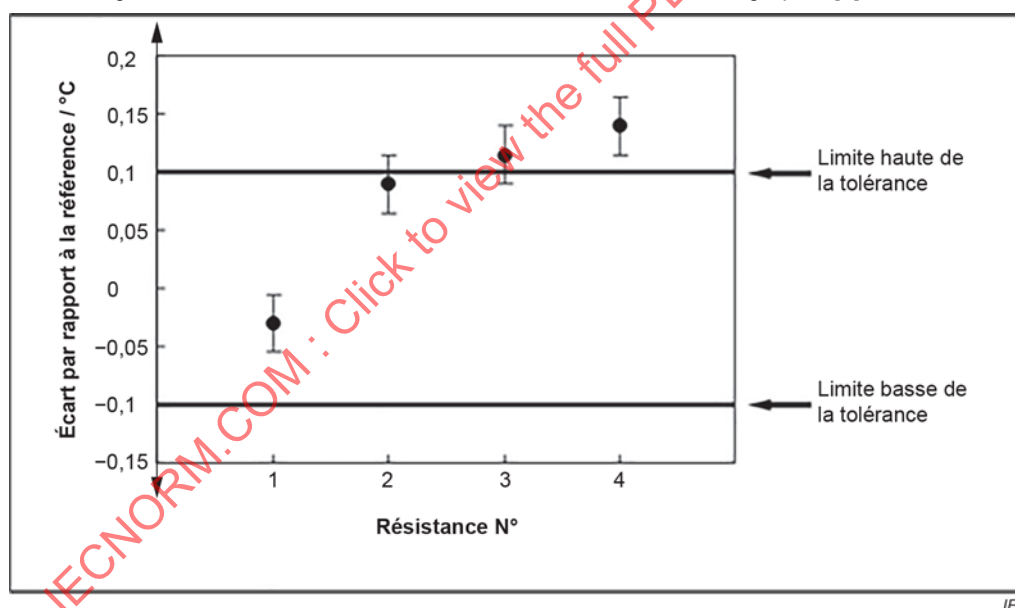
À titre d'exemple, les résistances numérotées de 1 à 4 à la Figure 2 représentent l'écart de la résistance des résistances de la classe de tolérance 0,1.

Les critères de choix pour le fournisseur sont les suivants: l'écart de température équivalent calculé par l'écart de la résistance de la fonction entre la résistance nominale et la température plus l'incertitude élargie de mesure doit se situer entièrement dans la bande de tolérance correspondante qui est représentée par la résistance 1 à la Figure 2.

Les critères de rejet pour l'utilisateur sont les suivants: lors du contrôle d'entrée, la valeur de tolérance n'est pas satisfaite. Le résultat de mesure indique que l'écart plus l'incertitude élargie de mesure se situent entièrement en dehors de la bande de tolérance, ce qui est représenté par la résistance 4 à la Figure 2.

En ce qui concerne les résistances 2 et 3, dont une partie de l'intervalle d'incertitude élargie se situe en dehors de la bande de tolérance, l'utilisateur peut interroger le fournisseur sur le mesurage d'essai de la résistance de platine particulière.

NOTE Pour les lignes directrices relatives à la sélection, se référer à la bibliographie [2].



Les exemples présentés concernent la classe de tolérance 0,1. Les limites font partie de la bande de tolérance.

Figure 2 – Exemples de résultats d'essai pour le choix ou le rejet de résistances de platine

6.3 Essais individuels de production pour les thermomètres

6.3.1 Essai d'acceptation de la tolérance

Les fournisseurs doivent garantir que les résistances de platine de la classe de tolérance appropriée ont été utilisées pour leurs thermomètres. Les thermomètres de classes de tolérance A et de meilleures classes (voir 5.2) doivent être soumis à l'essai pour l'exactitude de la résistance à un point de température dans la plage allant de -5 °C à +30 °C. Tous les critères de sélection sont identiques à ceux donnés en 6.2.1.

6.3.2 Résistance d'isolement à température ambiante

La résistance d'isolement entre chaque borne et la gaine doit être soumise à l'essai avec une tension d'essai d'au moins 100 V en courant continu.

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

Pour les thermomètres ayant plusieurs circuits de mesure, le même essai doit être réalisé aux bornes de chaque circuit.

6.3.3 Essai d'intégrité de la gaine

6.3.3.1 Généralités

L'intégrité de la gaine et de toutes les soudures de fermeture doit être soumise à l'essai en règle générale par des moyens appropriés: soit par une méthode d'essai appropriée non mentionnée dans le présent document, soit par une méthode indiquée dans le présent document. Pour des applications particulières, les essais d'intégrité de la gaine peuvent faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fournisseur. Des exemples d'essais d'intégrité appropriés communément acceptés sont donnés de 6.3.3.2 à 6.3.3.5.

6.3.3.2 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 puis immédiatement plongé dans de l'eau à température ambiante. La résistance d'isolement doit ensuite être mesurée tandis que le thermomètre est immergé. La résistance d'isolement doit satisfaire aux exigences de 6.3.2.

6.3.3.3 Essai de pression sous azote

Le thermomètre doit être soumis à une pression externe d'au moins 2,5 MPa pendant près de 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.

6.3.3.4 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. Cet essai est recommandé uniquement pour des thermomètres qui peuvent être utilisés à une température allant jusqu'à -196 °C ou -200 °C.

6.3.3.5 Essai d'étanchéité à l'hélium

L'essai d'étanchéité à l'hélium doit être mentionné comme étant complémentaire à l'essai d'intégrité. Les informations détaillées de cet essai peuvent être déterminées par un accord entre le fournisseur et l'utilisateur.

6.3.4 Essai dimensionnel

Dans le cas où le thermomètre fabriqué est couvert par le domaine d'application de l'IEC 61152, le diamètre extérieur et la rectitude doivent être soumis à l'essai afin de satisfaire aux exigences de l'IEC 61152.

6.4 Essais de type pour les résistances de platine

6.4.1 Tolérances

Les valeurs de tolérance pour la classe de tolérance spécifiée doivent être conformes sur la totalité de la plage de températures de validité. Le nombre de mesurages nécessaires à ces essais dépend de la plage de températures et de la classe de tolérance et doit inclure les limites haute et basse de la plage de températures déclarée. Pour la prise en considération de l'incertitude, se référer au 6.2.1.

6.4.2 Stabilité à la température limite haute

La résistance de platine doit être soumise à sa température limite haute déclarée pendant 1 000 h dans l'air. La dérive de la résistance ($R_{0, \text{Fin de l'essai}} - R_{0, \text{Début de l'essai}}$) doit être convertie en température et ne doit pas dépasser la valeur de tolérance à 0 °C pour la classe de tolérance applicable.