

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Solar thermal electric plants –

Part 3-2: Systems and components – General requirements and test methods for large-size parabolic-trough collectors

Centrales électriques solaires thermodynamiques –

Partie 3-2: Systèmes et composants – Exigences générales et méthodes d'essai des capteurs cylindro-paraboliques de grande taille



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2018 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 Central Office
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 21 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 21 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

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.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Solar thermal electric plants –

Part 3-2: Systems and components – General requirements and test methods for large-size parabolic-trough collectors

Centrales électriques solaires thermodynamiques –

Partie 3-2: Systèmes et composants – Exigences générales et méthodes d'essai des capteurs cylindro-paraboliques de grande taille

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-5790-6

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, definitions and symbols.....	6
3.1 Terms and definitions.....	6
3.2 Symbols.....	7
4 Test requirements.....	7
5 Instrumentation.....	7
5.1 Solar radiation measurement	7
5.2 Flow rate measurement.....	7
5.3 Temperature measurements	7
5.4 Wind speed measurement.....	7
5.5 Data acquisition	8
5.6 Tracking accuracy measurement.....	8
6 Test procedure	8
6.1 Sample description	8
6.2 Test equipment (installation/mounting/cleanliness).....	8
6.2.1 Performance test	8
6.2.2 Tracking error test	10
6.3 Measurement procedure	10
6.3.1 Performance test	10
6.3.2 Tracking error test	10
6.4 Calculation and test results.....	11
6.4.1 General	11
6.4.2 Useful power	11
6.4.3 Incidence angle modifier (IAM)	12
6.4.4 Validation performance test	12
6.4.5 Tracking error test	13
6.4.6 Uncertainty estimation	14
7 Reporting format.....	14
Annex A (informative) Parabolic-trough collector description/requirements	15
A.1 General description.....	15
A.1.1 General	15
A.1.2 Bearing structure	16
A.1.3 Drive pylon	16
A.1.4 Middle, end and shared pylon	16
A.1.5 Reflectors	16
A.1.6 Receiver tube	16
A.1.7 Tracking system	17
A.2 Operation modes	17
Annex B (normative) Documentation to be supplied by the collector manufacturer	18
Annex C (normative) Test report	21
C.1 General.....	21
C.2 Collector characteristics.....	21

C.3	Parabolic-trough collector limitations.....	22
C.4	Description of the experimental setup	22
C.5	Results	22
	Bibliography.....	24
	Figure 1 – Test equipment installation.....	9
	Figure 2 – Structure sketch of one module of parabolic-trough collector – Gross aperture area definition.....	12
	Figure A.1 – General view of a parabolic-trough collector	15
	Table C.1 – Alternate tracking accuracy reporting template.....	22

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62862-3-2:2018

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SOLAR THERMAL ELECTRIC PLANTS –**Part 3-2: Systems and components – General requirements and test methods for large-size parabolic-trough collectors**

FOREWORD

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

International Standard IEC 62862-3-2 has been prepared by IEC technical committee 117: Solar thermal electric plants.

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

FDIS	Report on voting
117/87/FDIS	117/89/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 62862 series, published under the general title *Solar thermal electric plants*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62862-3-2:2018

SOLAR THERMAL ELECTRIC PLANTS –

Part 3-2: Systems and components – General requirements and test methods for large-size parabolic-trough collectors

1 Scope

This part of IEC 62862 specifies the requirements and the test methods for the characterization of a large-size parabolic-trough collector.

This document covers the determination of optical and thermal performance of parabolic-trough collectors, and the tracking accuracy of the collector one-axis tracking system. This test method is for outdoor testing only.

This document applies to parabolic-trough collectors equipped with the manufacturer-supplied sun tracking mechanism.

The test method in this document does not apply to any collector under operating conditions where phase-change of the fluid occurs.

This document applies to the whole collector.

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 TS 62862-1-1, *Solar thermal electric plants – Terminology*

ISO 9488:1999, *Solar energy – Vocabulary*

ISO 9806:2017, *Solar energy – Solar thermal collectors – Test methods*

3 Terms, definitions and symbols

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO 9488, ISO 9806 and IEC 62862-1-1 apply.

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

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

3.2 Symbols

The following symbols are used in this document:

β_{real}	elevation (measured by an inclinometer) (°)
ρ_{test}	reflectance measured during the test (-)
ρ_{nom}	reference value of the reflectance of the reflectors installed in the collector (-)
θ_{T}	tracker elevation error (°)
F_{c}	ratio between the product of the reflectors' reflectance and the glass envelope transmittance during the test and the product of the reflectance and transmittance nominal values
$\chi_{\text{reflector}}$	ratio between the measured specular reflectance of reflector to the nominal specular reflectance of reflector

4 Test requirements

The parabolic-trough collector should be equipped with all the components supplied by the manufacturer (such as bearing structure, reflector facets, receiver tubes, actuator system and control) and mounted according to the manufacturer's instructions.

The different components/elements (such as the receiver, reflector, tracker, structure) should be previously tested separately by current test methods or standards when available. The documentation to be supplied by the manufacturer shall be according to Annex B.

5 Instrumentation

5.1 Solar radiation measurement

Solar radiation measurement shall be performed according to 21.1 of ISO 9806:2017.

Incidence angles will be determined by calculation or with sun position sensors with an accuracy equal to or higher than $\pm 0,1^\circ$. In the case they are calculated from the sun position equation, the accuracy of the calculation algorithm shall be equal to or higher than $0,025^\circ$.

5.2 Flow rate measurement

Flow rate measurement shall be performed according to 21.4.1 of ISO 9806:2017.

5.3 Temperature measurements

Temperature measurements (inlet, outlet and ambient temperature) shall be performed according to ISO 9806:2017.

The collector inlet and outlet positions shall be defined by the manufacturer and the temperature sensors shall be installed at no more than 200 mm from this point.

NOTE The problems caused by the concentrated light on the sensors if the sensors are mounted in the focus zone are taken into consideration.

5.4 Wind speed measurement

The mean wind speed in the horizontal plane shall be determined with a standard uncertainty $< 0,5$ m/s. The sensor shall be installed at $(10 \pm 0,1)$ m height from the ground. The sensor shall be installed at a distance from the collector extremity (end pylon as shown in Figure A.1) not higher than 100 m. If there is no wind speed sensor close enough to the meteorological station of the plant, one temporary sensor should be added close to the collector.

5.5 Data acquisition

Data acquisition shall be according to 23.5.3 of ISO 9806:2017.

5.6 Tracking accuracy measurement

Experimental tracking accuracy measurements can be obtained using inclinometers. Accuracy of the inclinometers shall be better than $0,1^\circ$ over the whole range of tracking angles. Combination of two or more inclinometers often solves this requirement.

The true tracking angle is measured at two locations of the collector, one near the centre (where the drive system is usually located) and another one at one of the collector's end.

6 Test procedure

6.1 Sample description

A general description and requirements of the parabolic-trough collector are given in Annex A. The collector description should be supplied by the manufacturer according to Annex B.

All the components of the tested collector (reflectors, receiver, structure, etc.) shall be representative of the product. The components shall be selected randomly from the production.

All the serial numbers and identification of those components should be reported in the test report.

6.2 Test equipment (installation/mounting/cleanliness)

6.2.1 Performance test

The sensors shall be mounted according to ISO 9806:2017. A basic diagram of the test installation is presented in Figure 1.

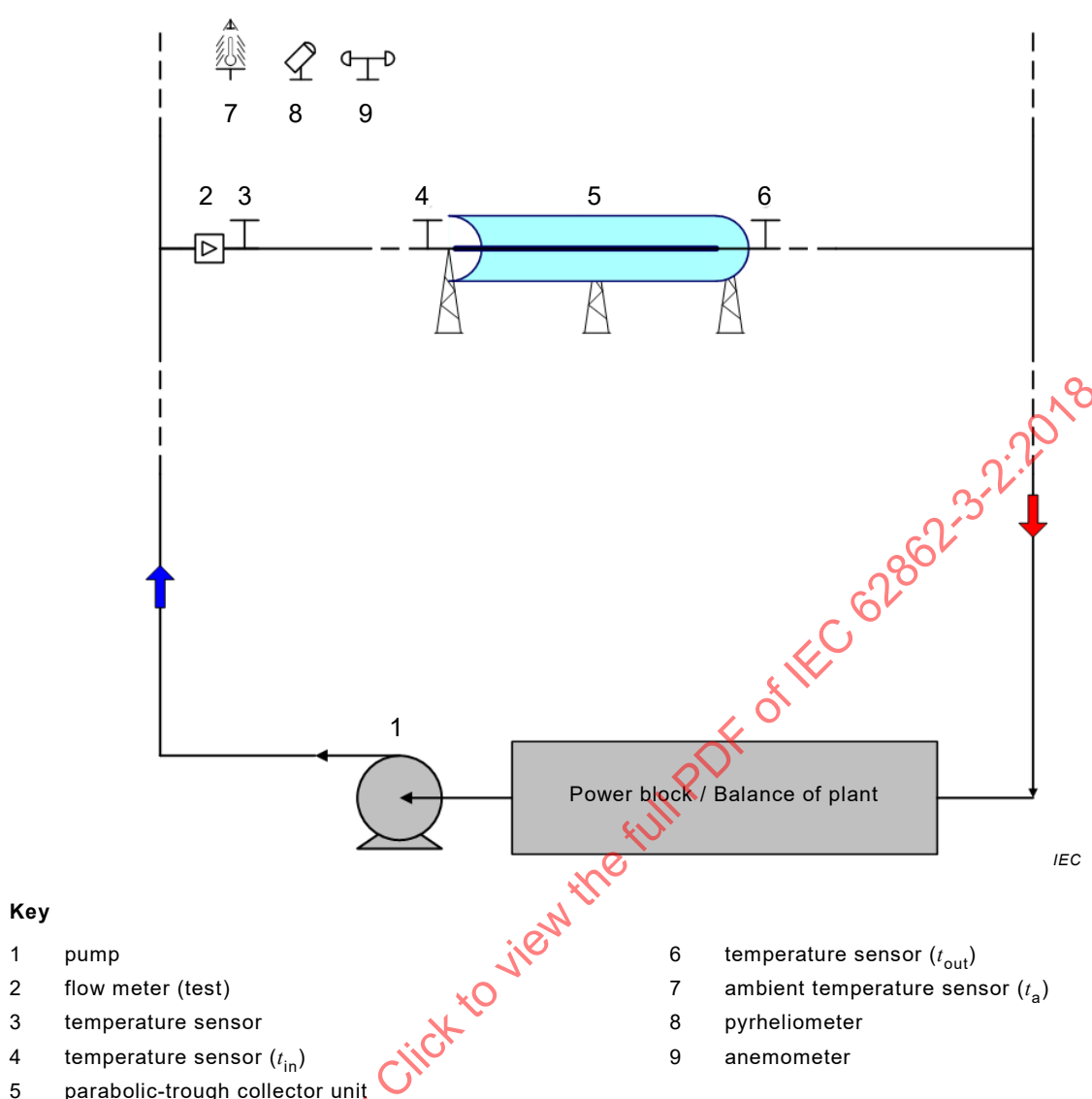


Figure 1 – Test equipment installation

During the tests of a parabolic-trough collector it will be necessary to guarantee that the reflectors and glass envelopes of the receivers are kept clean. It shall be ensured that the collector's cleanliness factor is within the range $0,95 < F_c < 1,0$. For testing purposes, the cleanliness factor is defined as the ratio between the product of the reflectors reflectance and the glass envelope transmittance during the test and the product of the reflectance and transmittance nominal values.

There is currently no field instrumentation available to determine the degree of dirt in the receiver cover once installed in the collector; a good approach is to assume that the same percentage of reduction in the reflectors reflectance and in transmittance of the glass envelope is produced due to dirt. The reflectors cleanliness factor $\chi_{reflector}$ will be measured with a portable reflectometer in each sequence of the test, at least in five positions per module. The number and position of points measured should be reported in the test report. If the mean cleanliness factor is lower than 0,95, the collector (both reflectors and glass tube) should be cleaned.

Therefore, the global cleanliness is given by Equation (1):

$$F_C = (\chi_{\text{reflector}})^{1,5} = \left(\frac{\rho_{\text{test}}}{\rho_{\text{nom}}} \right)^{3/2} \quad (1)$$

where ρ_{test} is the specular reflectance measured during the test and ρ_{nom} is the reference value of the specular reflectance of the reflectors installed in the collector.

ρ_{nom} and ρ_{test} should be measured with the same equipment.

6.2.2 Tracking error test

The solar tracker should be installed according to the manufacturer's recommendations. The collector should have all the necessary components (receiver tube, reflector, structure, etc.).

One inclinometer or other angular sensor should be mounted on the centre of the parabola or on the reflector, close to the drive pylon.

The minimum number of measurement devices is two, one close to the drive pylon and one mounted in the collector end. It is recommended to install an additional sensor in the other collector end. If the sensor is not perfectly parallel to the concentrator aperture an offset should be subtracted to the tracking error calculated.

6.3 Measurement procedure

6.3.1 Performance test

The thermal performance test to determine peak optical efficiency, heat losses and incidence angle modifier shall be performed according to ISO 9806:2017 using the quasi-dynamic test method. The wind speed shall be less than 5,5 m/s for each point measured.

6.3.2 Tracking error test

The tracking test is performed over the full available tracking range (e.g. from sunrise to sunset), by manually set tracking angles in steps of 10 degrees. The data shall be recorded and evaluated for all the steps. Deviations between measured values and set values at the drive have to be analysed. Also deviation between measured values at collector end and collector centre have to be analysed. The recorded data should include:

- the tracker elevation error recorded in 1 min average intervals and calculated as Equation (2):

$$\theta_T = \beta - \beta_{\text{set}} \quad (2)$$

with the set tracking angles β_{set} and the real β (measured with an inclinometer);

- direct normal irradiance (DNI) recorded in 1 min average intervals (only if tracking system with sun sensor);
- wind speed reported in 1 min increments for the 10 min mean speed at 10 m height (terrain for the wind measurement and tracker location shall have a slope of less than 3 %);
- date and time.

The date and location of the test should be reported to facilitate assessment of adequacy of the data collection, particularly with respect to the range of motion.

6.4 Calculation and test results

6.4.1 General

Calculation of the test results shall be performed according to Clause 24 of ISO 9806:2017 for the quasi-dynamic test method.

The increase of specific enthalpy of the fluid Δh is equal to $\Delta h = h_{\text{out}} - h_{\text{in}}$. Polynomial approximations or interpolation of tabulated values can be used for the specific enthalpy $h(T)$ of the heat transfer fluid.

It is not recommended to use the specific heat capacity, because it depends on both inlet and outlet temperature.

The fluid data table of the specific enthalpy (or specific heat capacity) depending on the temperature shall be measured in the entire working range by a laboratory or any other independent body. This data shall be perfectly documented and referenced.

6.4.2 Useful power

The model of the collector should be according to Formula (13) from ISO 9806:2017. Additional requirements are set for collectors with a transparent cover and a concentration ratio higher than 3, or for evacuated concentrating collectors: the wind speed dependency can be neglected. So, some parameters (a_3 , a_6 and a_7) may be set to 0.

Additionally, for collectors with a concentration ratio higher than 20, the parameters a_4 and K_d may also be set to 0. In this case the collector model would be given by Equation (3) or Equation (4) assuming that with a good tracking, $\theta_T = 0^\circ$.

$$\dot{Q} = \dot{m} \Delta h = A_G \left(\eta_{0,b} K_b(\theta_L) G_b F_C - a_1 (t_m - t_a) - a_8 (t_m - t_a)^4 - a_5 \frac{dt_m}{dt} \right) \quad (3)$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \Delta h = A_G \left(\eta_{0,b} K_b(\theta_L) G_b F_C - a_1 (t_m - t_a) - a_2 (t_m - t_a)^2 - a_5 \frac{dt_m}{dt} \right) \quad (4)$$

A_G : should be the solar collector gross aperture area (see definition in IEC TS 62862-1-1), as shown in Figure 2, $A_G = L \times W \times N$, where L and W are the gross length and width and N is the number of modules, respectively.

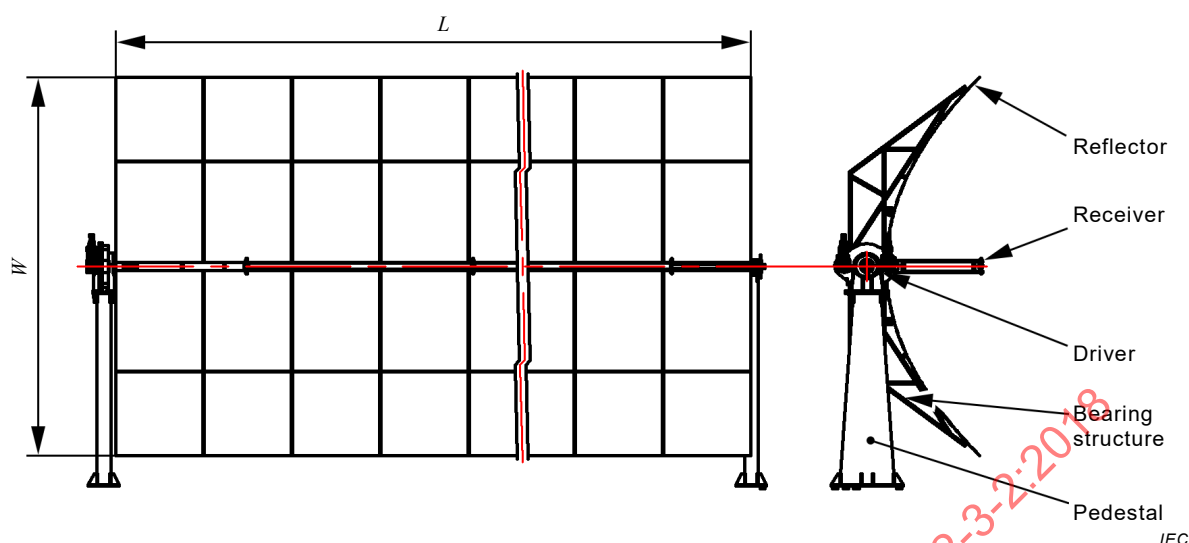


Figure 2 – Structure sketch of one module of parabolic-trough collector – Gross aperture area definition

Equation (3) will be preferred, with a_8 parameter for heat losses. If the r^2 of the regression is better with Equation (4), and the t -ratio (parameter value/standard deviation of parameter) of the a_8 parameter is less than 3, then Equation (4) will be used, with a_2 parameter for heat losses.

6.4.3 Incidence angle modifier (IAM)

When the incidence angle is different from 0° ($\theta_L \neq 0^\circ$), the value of the incidence angle modifier, $K(\theta)$, is obtained from Equation (5). The set of values $K(\theta)$ obtained as a function of the different incidence angles θ shall be set to a curve type such as:

$$K(\theta) = 1 - \frac{b_1 \cdot \theta + b_2 \cdot \theta^2 + \dots + b_n \cdot \theta^n}{\cos(\theta)} \quad (5)$$

where parameters b_1 , b_2 and b_n will be determined by least-square fitting.

NOTE In general a quadratic or cubic polynomial is adequate.

6.4.4 Validation performance test

6.4.4.1 Power output

The test consists in keeping the collector in operation for two days (for at least four hours, two hours before noon and two hours after noon) at two different fluid inlet temperatures, T_{in} , (different by at least 10 K) with the daily average environment ambient temperature different from no more than 5°C and steady within the normal working temperature range of the collector, with the transversal incidence angle at $\theta_T = (0 \pm 0,1)^\circ$ and the longitudinal incidence angle varying during the whole day.

Stability of the measurements and other requirements of the global efficiency test will be the same as in the thermal performance test.

To validate the former characterization, the useful power output from the collector shall be calculated according to Equation (3) or Equation (4) considering the determined parameters.

The average difference between the calculated and measured power should be within $\pm 5\%$.

6.4.4.2 Peak optical efficiency (optional)

The peak optical efficiency should be calculated theoretically using the intercept factor measured by deflectometry, close-range photogrammetry, or other techniques, and the optical properties provided from the receiver and reflectors manufacturers (transmittance of glass cover, absorptance of receiver tube and reflectance of the reflector).

The formula to calculate the peak optical efficiency from the solar components manufacturers specifications is:

$$\eta_{\text{opt},0^\circ} = \rho \cdot \gamma_{\text{T},0^\circ} \cdot \tau \cdot \alpha \quad (6)$$

Where ρ is the near-normal reflectors solar reflectance, $\gamma_{\text{T},0^\circ}$ is the near-normal overall intercept factor, which is the product of the intercept factor of the solar concentrator γ_{C} and the effective length factor of the receiver tubes installed in the parabolic-trough collector γ_{R} ; τ is the near-normal transmittance of the receiver glass envelope, and α is the near-normal absorptance of the receiver metallic tube.

The difference between the determined optical efficiency (Equation (3) or Equation (4)) and measured (Equation (6)) should be within $\pm 5\%$. If the difference is higher, at least the test results, data provided by the manufacturers of the single components and the overall intercept factor measurements should be analysed and reported.

6.4.5 Tracking error test

6.4.5.1 Data binning by wind speed

If necessary, the data have to be at least separated into low and high measured wind speed bins using 4 m/s as the threshold value.

Two bins represent a compromise to minimize test duration, complexity, and cost. The manufacturer may choose to report tracking accuracy statistics for additional wind speed bins and include its relationship with wind direction.

If the solar tracker has a sun sensor filter for minimum irradiance (optional), all data recorded with a direct normal irradiance that is less than 250 W/m² should be removed.

6.4.5.2 Data quantity

For each of the data sets (“low wind, minimum error measurement”, “high wind, maximum error measurement”, and so on), ensure there are a sufficient number of data points.

The data from each tracking error sensor should satisfy these criteria:

- at least 360 data points after the above filtering;
- at least five separate days, with at least 50 data points per day;
- at least 180 points at high wind speed;
- at least 50 data points before noon and 50 points after noon.

6.4.5.3 Accuracy calculations

For each of the data sets, calculate the following two values:

- Typical accuracy: the median value of the tracking error over the filtered data set. As all recorded tracking error values will be positive values, the “typical accuracy” will be a value greater than zero but less than the 95th percentile accuracy.
- 95th percentile accuracy: the 95th percentile value of the tracking error over the filtered data set. That is, 95 % of the measured data points fall below this error.

NOTE 95th percentile accuracy in no way implies that the tracking accuracy statistics follow rules for a normal distribution.

6.4.6 Uncertainty estimation

The calculation of standard uncertainty of the characteristic parameters describing the optical and thermal performance, calculated applying the test method described in this document, follows the rules established in Annex D of ISO 9806:2017.

7 Reporting format

The final report on the optical and thermal performance of the tested parabolic-trough collector shall include detailed information of:

- The tested parabolic-trough collector description.
- The test setup (description of the test facility where the collector has been tested, sensors and other equipment used to measure the variables needed to apply this test method).
- The result of the determined model parameters accompanied with their corresponding uncertainty values.
- The result of tracking error characterization.
- The graph to show the data set of the variables measured during the tests leading to the final result, according to ISO 9806:2017, Figure 9 (in this case, $t_m - t_a$ versus DNI) and Figure 10 (DNI versus θ_i).

The contents of the report shall be structured according to Annex C.

Annex A (informative)

Parabolic-trough collector description/requirements

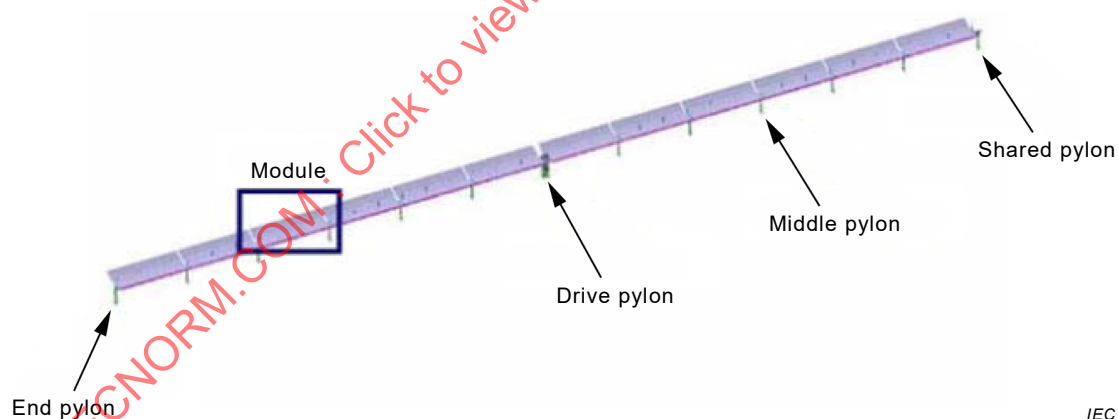
A.1 General description

A.1.1 General

A parabolic-trough collector is a line-focus solar collector that concentrates the solar radiation by means of a reflector with a parabolic cross section. It is composed of a set of modules connected in series driven by a common drive unit and with only one sun-tracking system (see IEC TS 62862-1-1). A receiver tube is located at the focus of the parabola. The reflector-receiver trough is mounted on a mechanical support system that includes steel pylons and bearings. Each parabolic-trough collector includes local instruments, a hydraulic drive system, and its own local controller via which it independently tracks the sun, and maintains the reflector focused on the receiver.

The parabolic-trough collector is the basic functional unit which forms a collector loop in a solar field (Figure A.1). Each collector loop is formed by parabolic-trough collectors. Each collector contains the following elements:

- several modules,
- one drive pylon,
- several middle pylons,
- end pylons, if applicable,
- shared pylons, if applicable.



IEC

Figure A.1 – General view of a parabolic-trough collector

The basic characteristics of a parabolic-trough collector are detailed below:

- focal distance,
- aperture width,
- number of modules per collector,
- module/collector length,
- number of reflectors per module/collector,
- receiver tubes per module/collector,
- maximum operational wind speed,
- maximum survival wind speed.

The collector is basically formed by the following elements.

A.1.2 Bearing structure

The function of the bearing structure is to support the reflectors, provide the final parabolic-trough surface, and ensure they are positioned correctly to track the sun. It has the adequate strength to withstand external loads, and high stiffness to provide good optical performance.

In general, the bearing structure of a module consists of a main body, which is typically a torque tube or a space frame made of steel, aluminum or other materials, reflector support points installed in metallic struts (on the space frame structure) or in cantilever arms (e.g. torque tube structure), and receiver supports, which shall allow the displacements generated by the thermal expansion, so they are joined to the bearing structure by a flexible connection (e.g. a flexible metal sheet).

A.1.3 Drive pylon

It is the central pylon of a parabolic-trough collector. It is a structural element fixed to the ground, where the sun tracking system is mounted, and that supports the collector itself and also the internal and external loads applied to the collector. In its interior it has a hydraulic drive or electrical gear unit that allow it to drive the set of modules assembled, which compose the parabolic-trough collector. In the case of hydraulic units it usually consists of the two hydraulic cylinders, but also includes a hydraulic group, electrovalves, deposit, filter and other actuation elements.

A.1.4 Middle, end and shared pylon

All these pylons are designed to support the shaft of the modules.

- Middle pylons are situated between two modules that belong to the same parabolic-trough collector.
- Shared pylons are situated between two modules that belong to different parabolic-trough collectors.
- End pylons are situated at the end of the parabolic-trough collectors.

A.1.5 Reflectors

The reflector panel is the element reflecting the solar radiation onto the receiver tubes. It shall have high precision, high specular reflectivity and large durability.

It is possible to use parabolic reflectors, which are directly manufactured with the appropriate curvature for a specific design of parabolic-trough collector, i.e. with the dimensions and focal distance for a specific geometry, or to use flat thin reflectors, which are curved during the construction of the whole parabolic-trough collector.

The reflectors can be silver coated glass reflectors or can be of alternative reflector materials.

A.1.6 Receiver tube

The receiver tube is another key component of the parabolic-trough collector that converts the radiation concentrated by the reflectors into heat. This receiver tube consists of an inner metallic tube (usually made of stainless steel), an outer glass tube (glass envelope) and metallic expansion bellows on both sides, which form the joint between the inner metallic tube and the outer glass tube. The inner tube is covered by a selective coating to maximize the absorptance of the concentrated radiation and minimize the re-radiation of the infrared radiation (thermal emittance). The glass envelope on both ends is joined with the metallic bellows by a sophisticated glass-to-metal seal, resistant to operating temperatures and sealing the enclosed vacuum. On the other side, the metallic bellows are welded to the inner receiver tubes. The elasticity of these connecting bellows compensates the difference of the

thermal expansion of the inner metallic and the outer glass envelope during warming up and cooling down of the receiver tubes. The sensitive glass-to-metal seal is protected from damage due to overheating by solar radiation by a sleeve called bellow shield.

The energy of the concentrated radiation is converted into thermal energy at the absorber surface of the inner metallic tube, which transfers the circulating heat transfer fluid and heats it up. The glass envelope works as an additional barrier to the infrared re-radiation and reduces thermal losses like a greenhouse made of glass. It is usually covered by an antireflective coating.

A.1.7 Tracking system

The parabolic-trough collector has to track the sun to reach a continuous concentration of the direct solar irradiance on the receiver tube from sunrise to sunset.

The parabolic-trough collector is a line-focus solar collector and has a one-axis tracking system. Each collector rotates during its daily tracking of the sun around its rotation axis driven by a drive unit composed of hydraulic actuators or electric gear drives which move the bearing structure, reflectors and receiver tubes.

The tracking is controlled by a local controller, which needs information about the sun position. This information is usually calculated with a mathematical algorithm that calculates the sun position very accurately.

The sun position is compared to the collector axis position and any difference is corrected using the drive unit. It is also possible to use sun sensors composed of lens and photocells.

A.2 Operation modes

There are different operation modes of the parabolic-trough collector when it is installed in a solar field. The basic operation modes are:

- Track position: position of the collector when it is focused, i.e. when it is tracking the sun and the concentrated solar radiation is impinging on the receiver.
- Stow position: rest or defense position of the collector. It is the position that the collector has during the night, when the solar field is not running, or when there are strong wind conditions.
- Desteer (defocusing) position: position of the collector when it is tracking the sun but partially defocused, so the concentrated solar radiation is not impinging on the receiver.

Annex B (normative)

Documentation to be supplied by the collector manufacturer

The minimum information to be supplied by the manufacturer shall be:

- 1) General configuration of the parabolic-trough collector
 - a) Model and manufacturer
 - b) Axes and movements
 - Possible range of orientation of the collector axis: (N/S – E/W) (only if the mechanism is meant to be in both orientations)
 - Tracking: (E/W – N/S)
 - Maximum tilt [°]
 - Maximum and minimum tracking angles [°]
 - c) Collector grouping
 - Number of collectors per loop
- 2) Geometric characterization of the parabolic-trough collector
 - Geometric concentration ratio, ideal concentration ratio [-]
 - Angle of acceptance [°]
 - Focal distance [m]
 - Length of the parabolic-trough collector [m]
 - Aperture width of the parabolic-trough collector [m]
 - Gross aperture area [m²]
 - Height of the collector rotation axis above ground [m]
 - Number of modules
 - Module length [m]
 - Number of facets (reflectors) per module
 - Reflector facet type
 - Number of receiver tubes per module
 - Receiver tube length [m]
 - Effective length factor [-]
 - Outer diameter of the glass tube [m]
 - Inner diameter of the glass tube [m]
 - Outer diameter of the receiver tube (metallic tube) [m]
 - Inner diameter of the receiver tube (metallic tube) [m]
- 3) Mechanical characterization of the parabolic-trough collector
 - Total dead load including reflectors and tubes [kg]
 - Total specific weight [kg/m²]

- 4) Optical characterization of the parabolic-trough collector
 - Design/simulation peak optical performance ($\theta = 0^\circ$)
 - Intercept factor ($\theta = 0^\circ$) [-]
 - Self-shading factor (including self-shading of tube)
 - Design/simulation incident angle modifier function
- 5) Description of parabolic-trough collector operating modes
 - a) Design operating conditions
 - Heat transfer fluid temperature range [$^\circ\text{C}$]
 - Working pressure [bar]
 - Heat transfer fluid type (oil/molten salt)
 - b) Normal weather/geological operating conditions
 - Wind speeds [m/s]
 - Temperature range [$^\circ\text{C}$]
 - Humidity [%]
 - c) Reduced weather/geological operating conditions (features to be reduced shall be defined (optical, thermal performance) and by how much they are reduced shall be stated)
 - Wind speeds [m/s]
 - Temperature [$^\circ\text{C}$]
 - d) Stow conditions
 - Wind speed [m/s]
 - e) Survival conditions
 - Wind speed [m/s]
 - Load for each pylon
 - Temperature [$^\circ\text{C}$]
 - Humidity [%]
 - Seismic activity
 - Weather (rain, sand, snow and thunder storms)
- 6) Optical and tracking accuracy
 - a) Accuracy under normal operating conditions
 - b) Accuracy under reduced operating conditions
- 7) Parabolic-trough collector component requirements
 - a) Parabolic-trough collector structure
 - Types
 - Materials
 - Total structural weight [kg/m^2]
 - Specific weight [kg/m^2]
 - Dimensions [m]
 - Testing
 - b) Receiver tube
 - Types
 - Self-shading factor (shortening of effective length)

- Absorber tube
 - Material
 - Surface treatment
 - Absorptance and emittance ($\theta = 0^\circ$) [-]
 - Type of vacuum
 - Glass cover tube
 - Types
 - Material
 - Anti-reflective treatment
 - Transmittance ($\theta = 0^\circ$)
 - Testing
- c) Reflectors
- Geometric specifications
 - Solar weighted reflectance
 - Specular reflectance
 - Durability
 - Optical quality
 - Testing
- d) Drive mechanism
- Type (hydraulic, electric)
 - Reduction rate
 - Accuracy
 - Rigidity
 - Power supply
 - Power consumption
 - Stowing times
 - Durability
 - Blocking system
 - Testing

Annex C

(normative)

Test report

C.1 General

- Manufacturer
- Trade name
- Type of collector
- Year of manufacture
- Series number (if applicable)
- Drawings
- Petitioner
- Starting date (test campaign)
- Termination date (test campaign)
- Test method: IEC 62862-3-2

C.2 Collector characteristics

- Type
- Gross aperture area
- Aperture width
- Geometric concentration ratio
- Collector focal distance
- Collector length
- Number of modules
- Collector module length
- Reflectors manufacturer
- Reflectors facets model
- Reflectors material type
- Reflectors focal distance
- Reflectors dimensions
- Reflectors per module
- Reflectors characteristics/parameters (the most important specular reflectance to one λ , hemispheric reflectance weighted to solar spectrum)
- Receiver tube manufacturer
- Receiver tube model
- Receiver tube materials (receiver tube and glass envelope)
- Receiver tube dimensions (tube length; inner and outer diameter of the metallic tube and glass envelope; bellow shields)
- Receiver tube characteristics/parameters
- Receiver tubes per module
- Bearing structure manufacturer

- Structure type
- Dimensions
- Solar tracker manufacturer
- Type of actuator
- Sun tracking accuracy (in degrees)
- Communication protocol

C.3 Parabolic-trough collector limitations

- Maximum operating temperature
- Maximum operating pressure
- Maximum wind load admissible for operating in track/desteer positions

C.4 Description of the experimental setup

- Diagram of the setup
- Description of sensors and other equipment
- Collector inlet and outlet temperature sensors positions
- Views of the installation with the parabolic-trough collector tested
- Detailed description of the test procedure

C.5 Results

- Efficiency of the collector at the minimum operating temperature (not the optical efficiency but the efficiency η at the minimum temperature tested), thermal losses coefficients (a_1 and a_8) and a_5 coefficient (referred at least to gross area and, if requested, net area).
- Incidence angle modifier $K(\theta)$.
- Difference between the measured and the model power from the validation test.
- Table with calculated efficiency in the operating temperature range.
- Graph of the measured efficiency points and the modelling curve for the operating temperature range.
- Tracking error: The calculated accuracy values may be tabulated as shown in Table C.1. The average wind speeds for the “low wind” and “high wind” bins should be reported as shown.

Table C.1 – Alternate tracking accuracy reporting template

	Low wind ^a		High wind ^b	
	Typical accuracy	95th percentile accuracy	Typical accuracy	95th percentile accuracy
Minimum error point	XX	XX	XX	XX
Maximum error point	XX	XX	XX	XX
^a Low wind = wind speed < 4 m/s (measured mean = XX). ^b High wind = wind speed > 4 m/s (measured mean = XX).				

- Data sheets including the thermophysical properties of the heat transfer fluid used.
- Data sheets including the data set of the variables measured during the test leading to the final result.

- Table of all the sensors' details (model, calibration, calibration date, certificate number, etc.).
- Graph to show the data set of the variables measured during the tests leading to the final result, according to ISO 9806:2017, Figure 9 (in this case, $t_m - t_a$ versus DNI G_b) and Figure 10 (DNI versus θ_i).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62862-3-2:2018

Bibliography

IEC 62817:2014, *Photovoltaic systems – Design qualification of solar trackers*

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

ISO 2859-4, *Sampling procedures for inspection by attributes – Part 4: Procedures for assessment of declared quality levels*

ISO 9060:1990, *Solar energy – Specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation*

ASTM E 905-87, *Standard Test Method for Determining Thermal Performance of Tracking Concentrating Solar Collectors*

Valenzuela L. et al, *Optical and thermal performance of large-size parabolic-trough solar collector from outdoor experiments: A test method and a case study*, *Energy* 70 (2014), 456-464

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62862-3-2:2018

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62862-3-2:2018

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	28
1 Domaine d'application	30
2 Références normatives	30
3 Termes, définitions et symboles	30
3.1 Termes et définitions	30
3.2 Symboles	31
4 Exigences d'essai	31
5 Instrumentation	31
5.1 Mesurage du rayonnement solaire	31
5.2 Mesurage du débit	31
5.3 Mesurages de la température	31
5.4 Mesurage de la vitesse du vent	32
5.5 Recueil des données	32
5.6 Mesurage de la précision du suivi	32
6 Procédure d'essai	32
6.1 Description de l'échantillon	32
6.2 Équipement d'essai (installation/montage/propreté)	32
6.2.1 Essai de performance	32
6.2.2 Essai d'erreur de suivi	34
6.3 Procédure de mesure	34
6.3.1 Essai de performance	34
6.3.2 Essai d'erreur de suivi	34
6.4 Calcul et résultats d'essai	35
6.4.1 Généralités	35
6.4.2 Puissance utile	35
6.4.3 Facteur d'angle d'incidence (IAM)	36
6.4.4 Essai de performance de validation	36
6.4.5 Essai d'erreur de suivi	37
6.4.6 Estimation de l'incertitude	38
7 Format du rapport	38
Annexe A (informative) Description/exigences du capteur cylindro-parabolique	39
A.1 Description générale	39
A.1.1 Généralités	39
A.1.2 Système portant	40
A.1.3 Pylône d'entraînement	40
A.1.4 Pylône médian, pylône d'extrémité et pylône partagé	40
A.1.5 Réflecteurs	40
A.1.6 Tube récepteur	40
A.1.7 Système de suivi	41
A.2 Modes de fonctionnement	41
Annexe B (normative) Documentation à fournir par le fabricant du capteur	42
Annexe C (normative) Rapport d'essai	45
C.1 Généralités	45
C.2 Caractéristiques du capteur	45

C.3	Limites du capteur cylindro-parabolique	46
C.4	Description du montage expérimental	46
C.5	Résultats	46
Bibliographie.....		48
Figure 1 – Installation de l'équipement d'essai		33
Figure 2 – Structure d'un module de capteur cylindro-parabolique – Définition de la superficie d'ouverture brute		36
Figure A.1 – Vue générale d'un capteur cylindro-parabolique.....		39
Tableau C.1 – Modèle alternatif de présentation de précision de suivi		47

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62862-3-2:2018

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CENTRALES ÉLECTRIQUES SOLAIRES THERMODYNAMIQUES –

Partie 3-2: Systèmes et composants – Exigences générales et méthodes d'essai des capteurs cylindro-paraboliques de grande taille

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique 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. A 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 ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62862-3-2 a été établie par le comité d'études 117 de l'IEC: Centrales électriques solaires thermodynamiques.

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

FDIS	Rapport de vote
117/87/FDIS	117/89/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 internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62862, publiées sous le titre général *Centrales électriques solaires thermodynamiques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62862-3-2:2018

CENTRALES ÉLECTRIQUES SOLAIRES THERMODYNAMIQUES –

Partie 3-2: Systèmes et composants – Exigences générales et méthodes d'essai des capteurs cylindro-paraboliques de grande taille

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62862 spécifie les exigences et méthodes d'essai pour la caractérisation d'un capteur cylindro-parabolique de grande taille.

Le présent document couvre la détermination des performances optiques et thermiques des capteurs cylindro-paraboliques et la précision du système de suiveur à un axe du capteur. Cette méthode ne concerne que les essais en extérieur.

Le présent document s'applique aux capteurs cylindro-paraboliques équipés d'un mécanisme suiveur du soleil fourni par le fabricant.

La méthode d'essai du présent document ne s'applique pas aux capteurs dans les conditions de fonctionnement dans lesquelles se produit un changement de phase du fluide.

Le présent document s'applique à l'ensemble du capteur.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 TS 62862-1-1, *Solar thermal electric plants – Terminology* (disponible en anglais seulement)

ISO 9488:1999, *Énergie solaire – Vocabulaire*

ISO 9806:2017, *Énergie solaire – Capteurs thermiques solaires – Méthodes d'essai*

3 Termes, définitions et symboles

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 9488, de l'ISO 9806 et de l'IEC 62862-1-1 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 <http://www.iso.org/obp>

3.2 Symboles

Les symboles suivants sont utilisés dans le présent document:

β_{real}	élévation (mesurée par un inclinomètre) (°)
ρ_{essai}	réflectance mesurée pendant l'essai (-)
ρ_{nom}	valeur de référence du facteur de réflexion des réflecteurs installés dans le capteur (-)
θ_{T}	erreur d'élévation du suiveur (°)
F_{c}	rapport entre le produit du facteur de réflexion des réflecteurs et du facteur de transmission de l'enveloppe vitrée pendant l'essai et le produit des valeurs nominales du facteur de réflexion et du facteur de transmission
$\chi_{\text{reflector}}$	rapport de la réflectance spéculaire mesurée du réflecteur sur la réflectance spéculaire nominale du réflecteur

4 Exigences d'essai

Il convient que le capteur cylindro-parabolique soit équipé de tous les composants fournis par le fabricant (le système portant, les facettes du réflecteur, les tubes récepteurs, le système et la commande de l'actionneur, par exemple) et de le monter selon ses instructions.

Il convient de préalablement soumettre à essai les différents composants/éléments (le récepteur, le réflecteur, le suiveur, la structure) séparément par les méthodes d'essai actuelles ou selon des normes, le cas échéant. La documentation à fournir par le fabricant doit être conforme à l'Annexe B.

5 Instrumentation

5.1 Mesurage du rayonnement solaire

Le rayonnement solaire doit être mesuré selon 21.1 de l'ISO 9806:2017.

Les angles d'incidence sont déterminés par calcul ou à l'aide de sondes de position du soleil dont la précision est au moins égale à $\pm 0,1^\circ$. Si ces angles sont calculés à l'aide de l'équation de position du soleil, la précision de l'algorithme de calcul doit être supérieure ou égale à $0,025^\circ$.

5.2 Mesurage du débit

Le débit doit être mesuré selon 21.4.1 de l'ISO 9806:2017.

5.3 Mesurages de la température

Les températures (d'entrée, de sortie et de l'air ambiant) doivent être mesurées selon l'ISO 9806:2017.

Les positions d'entrée et de sortie du capteur doivent être définies par le fabricant, et les sondes de température ne doivent pas être installées à plus de 200 mm de ce point.

NOTE Les problèmes liés à la lumière concentrée sur les sondes si ces dernières sont montées dans la zone de focalisation sont pris en considération.

5.4 Mesurage de la vitesse du vent

La vitesse moyenne du vent dans le plan horizontal doit être déterminée avec une incertitude-type $< 0,5$ m/s. La sonde doit être installée à $(10 \pm 0,1)$ m au-dessus du sol. La sonde ne doit pas être installée à plus de 100 m de l'extrémité du capteur (pylône d'extrémité, comme le montre la Figure A.1). En l'absence de sonde de vitesse du vent suffisamment proche de la station météorologique de l'installation, il convient d'ajouter une sonde provisoire à proximité du capteur.

5.5 Recueil des données

Le recueil des données doit être conforme à 23.5.3 de l'ISO 9806:2017.

5.6 Mesurage de la précision du suivi

La précision du suivi expérimental peut être mesurée à l'aide d'inclinomètres. La précision des inclinomètres doit être supérieure à $0,1^\circ$ sur l'ensemble de la plage des angles de suivi. Cette exigence est souvent satisfaite en combinant au moins deux inclinomètres.

L'angle de suivi véritable est mesuré à deux emplacements du capteur: l'un proche du centre (où se trouve en général le système d'entraînement) et l'autre à une extrémité du capteur.

6 Procédure d'essai

6.1 Description de l'échantillon

Une description générale et les exigences du capteur cylindro-parabolique sont donnés à l'Annexe A. Il convient que le fabricant fournisse la description du capteur conformément à l'Annexe B.

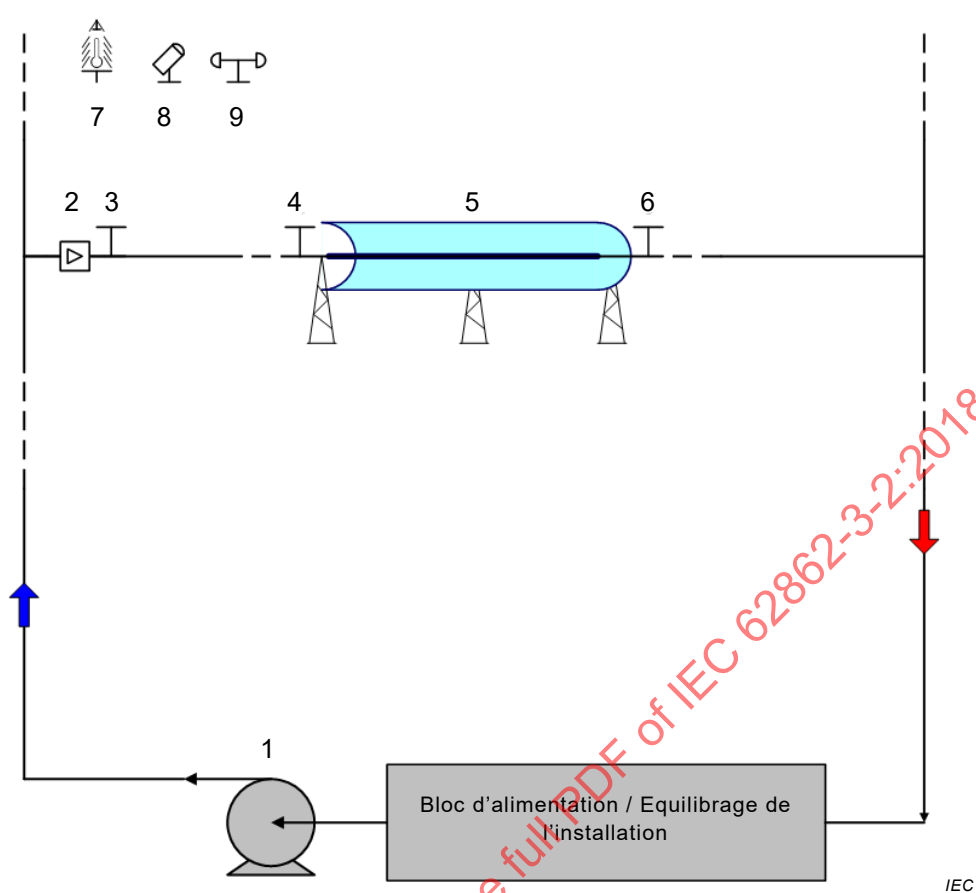
Tous les composants du capteur soumis à essai (les réflecteurs, le récepteur, la structure, etc.) doivent être représentatifs du produit. Les composants doivent être choisis de manière aléatoire parmi la production.

Il convient de consigner tous les numéros de série et l'identification de ces composants dans le rapport d'essai.

6.2 Équipement d'essai (installation/montage/propreté)

6.2.1 Essai de performance

Les sondes doivent être montées selon l'ISO 9806:2017. Un schéma de principes pour l'installation d'essai est présenté à la Figure 1.



Légende

- | | | | |
|---|---------------------------------------|---|---|
| 1 | pompe | 6 | sonde de température (t_{out}) |
| 2 | débitmètre (essai) | 7 | sonde de température ambiante (t_a) |
| 3 | sonde de température | 8 | pyrhéliomètre |
| 4 | sonde de température (t_{in}) | 9 | anémomètre |
| 5 | unité de capteur cylindro-parabolique | | |

Figure 1 – Installation de l'équipement d'essai

Pendant les essais d'un capteur cylindro-parabolique, il est nécessaire de s'assurer que les réflecteurs et les enveloppes vitrées des récepteurs demeurent propres. Le facteur de propreté du capteur doit être compris dans la plage $0,95 < F_c < 1,0$. Pour les besoins de l'essai, le facteur de propreté est défini comme étant le rapport entre le produit du facteur de réflexion des réflecteurs et du facteur de transmission de l'enveloppe vitrée pendant l'essai, et le produit des valeurs nominales du facteur de réflexion et du facteur de transmission.

A l'heure actuelle, aucun appareil ne permet de déterminer le degré de saleté dans le récepteur une fois installé dans le capteur. Il est tout à fait convenable de partir du principe que la saleté produit le même pourcentage de réduction du facteur de réflexion des réflecteurs et du facteur de transmission de l'enveloppe vitrée. Le facteur de propreté des réflecteurs $\chi_{\text{reflector}}$ est mesuré avec un réflectomètre portatif dans chaque séquence de l'essai, en au moins cinq positions par module. Il convient de consigner le nombre de points mesurés et leur position respective dans le rapport d'essai. Si le facteur de propreté moyen est inférieur à 0,95 (réflecteurs et tube en verre), il convient de nettoyer le capteur.

Par conséquent, la propriété globale est donnée par l'Équation (1):

$$F_C = (\chi_{\text{réflecteur}})^{1,5} = \left(\frac{\rho_{\text{essai}}}{\rho_{\text{nom}}} \right)^{3/2} \quad (1)$$

où ρ_{essai} est la réflectance spéculaire mesurée pendant l'essai et ρ_{nom} la valeur de référence de la réflectance spéculaire des réflecteurs installés dans le capteur.

Il convient de mesurer ρ_{nom} et ρ_{essai} avec le même équipement.

6.2.2 Essai d'erreur de suivi

Il convient d'installer le suiveur solaire conformément aux recommandations du fabricant. Il convient que le capteur soit équipé de tous les composants nécessaires (tube récepteur, réflecteur, structure, etc.).

Il convient de monter un inclinomètre, ou autre sonde angulaire utilisée, au centre de la parabole ou sur le réflecteur, proche du pylône d'entraînement.

Les dispositifs de mesure sont au moins au nombre de deux, l'un à proximité du pylône d'entraînement et l'autre monté dans l'extrémité du capteur. Il est recommandé d'installer une sonde supplémentaire dans l'autre extrémité du capteur. Si la sonde n'est pas parfaitement parallèle à l'ouverture du capteur, il convient de soustraire un décalage de l'erreur de suivi calculée.

6.3 Procédure de mesure

6.3.1 Essai de performance

L'essai de performance thermique permettant de déterminer le rendement optique maximal, les pertes de chaleur et le facteur d'angle d'incidence doit être réalisé selon l'ISO 9806:2017 à l'aide de la méthode d'essai quasi-dynamique. La vitesse du vent doit être inférieure à 5,5 m/s pour chaque point mesuré.

6.3.2 Essai d'erreur de suivi

L'essai de suivi est réalisé sur l'ensemble de la plage de suivi disponible (du lever au coucher du soleil, par exemple), en réglant manuellement les angles de suivi par pas de 10 degrés. Les données doivent être enregistrées et évaluées pour tous les pas. Les écarts entre les valeurs mesurées et les valeurs établies à l'entraînement doivent être analysés. De même, l'écart entre les valeurs mesurées à l'extrémité du capteur et au centre du capteur doit être analysé. Il convient que les données enregistrées comprennent:

- l'erreur d'élévation du suiveur enregistrée par intervalles moyens de 1 min et calculée selon l'Équation (2):

$$\theta_T = \beta - \beta_{\text{set}} \quad (2)$$

avec les angles de suivi β_{set} et le vrai β (mesurés avec un inclinomètre);

- l'éclairement direct perpendiculaire (ÉDP) enregistré par intervalles moyens de 1 min (uniquement si le système de suivi est équipé d'une sonde solaire);
- la vitesse du vent par incréments de 1 min pour la vitesse moyenne pendant 10 min à 10 m de haut (la pente du terrain sur lequel est mesuré le vent et celle de l'emplacement du suiveur doivent être inférieures à 3 %);
- la date et l'heure.

Il convient de consigner la date et l'emplacement de l'essai pour faciliter l'évaluation du caractère adéquat des données collectées, en particulier en ce qui concerne la plage de mouvement.

6.4 Calcul et résultats d'essai

6.4.1 Généralités

Les résultats d'essai doivent être calculés selon l'Article 24 de l'ISO 9806:2017 pour la méthode d'essai quasi-dynamique.

L'augmentation de l'enthalpie spécifique du fluide Δh est égale à $\Delta h = h_{\text{out}} - h_{\text{in}}$. Des approximations polynomiales ou une interpolation des valeurs mises en tableau peuvent être utilisées pour l'enthalpie spécifique $h(T)$ du fluide d'échange thermique.

Il n'est pas recommandé d'utiliser la capacité thermique massique, car elle dépend de la température d'entrée et de la température de sortie.

Le tableau de données du fluide de l'enthalpie spécifique (ou la capacité thermique massique), dépendant de la température, doit être mesuré sur l'ensemble de la plage de fonctionnement par un laboratoire ou un autre organisme indépendant. Ces données doivent être parfaitement documentées et référencées.

6.4.2 Puissance utile

Il convient que le modèle de capteur soit conforme à la Formule (13) de l'ISO 9806:2017. Des exigences supplémentaires sont définies pour les capteurs munis d'une couverture transparente et présentant un taux de concentration supérieur à 3 ou pour les capteurs évacués: la dépendance à la vitesse du vent peut être ignorée. Ainsi, la valeur 0 peut être attribuée à certains paramètres (a_3 , a_6 et a_7).

De plus, pour les capteurs présentant un taux de concentration supérieur à 20, la valeur 0 peut également être attribuée aux paramètres a_4 et K_d . Dans ce cas, le modèle de capteur est donné par l'Équation (3) ou l'Équation (4), en partant du principe d'un suivi correct $\theta_T = 0^\circ$.

$$\dot{Q} = \dot{m} \Delta h = A_G \left(\eta_{0,b} K_b (\theta_L) G_b F_C - a_1 (t_m - t_a) - a_8 (t_m - t_a)^4 - a_5 \frac{dt_m}{dt} \right) \quad (3)$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \Delta h = A_G \left(\eta_{0,b} K_b (\theta_L) G_b F_C - a_1 (t_m - t_a) - a_2 (t_m - t_a)^2 - a_5 \frac{dt_m}{dt} \right) \quad (4)$$

Il convient qu' A_G corresponde à la superficie d'ouverture brute du capteur solaire (voir la définition dans l'IEC TS 62862-1-1), telle qu'indiquée à la Figure 2. $A_G = L \times W \times N$, où L et W sont la longueur et la largeur brutes, et N le nombre de modules, respectivement.

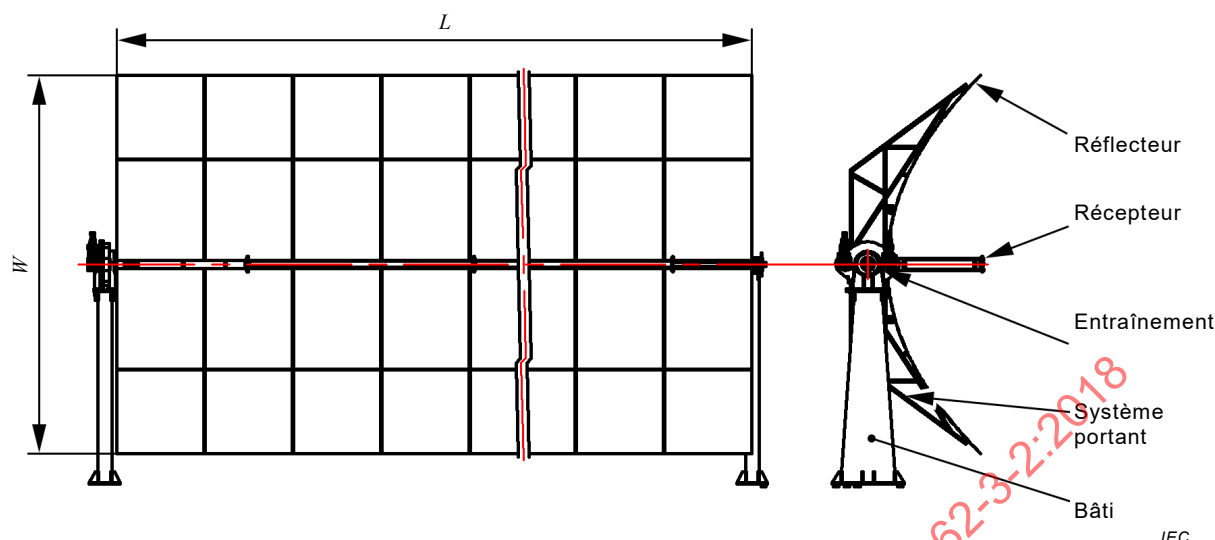


Figure 2 – Structure d'un module de capteur cylindro-parabolique – Définition de la surface d'ouverture brute

L'Équation (3) est préférentielle, avec le paramètre a_8 pour les pertes de chaleur. Si r^2 de la régression est meilleur avec l'Équation (4), et que le rapport t -ratio (valeur de paramètre/écart-type du paramètre) du paramètre a_8 est inférieur à 3, alors l'Équation (4) est utilisée, avec le paramètre a_2 pour les pertes de chaleur.

6.4.3 Facteur d'angle d'incidence (IAM)¹

Si l'angle d'incidence est différent de 0° ($\theta_L \neq 0^\circ$), la valeur du facteur d'angle d'incidence, $K(\theta)$, est obtenue à partir de l'Équation (5). L'ensemble de valeurs $K(\theta)$ obtenu en fonction des différents angles d'incidence θ doit être défini sur un type de courbe tel que:

$$K(\theta) = 1 - \frac{b_1 \cdot \theta + b_2 \cdot \theta^2 + \dots + b_n \cdot \theta^n}{\cos(\theta)} \quad (5)$$

Les paramètres b_1 , b_2 et b_n étant déterminés par la méthode des moindres carrés.

NOTE En règle générale, un polynôme quadratique ou cubique convient.

6.4.4 Essai de performance de validation

6.4.4.1 Puissance restituée

L'essai consiste à maintenir le capteur en fonctionnement pendant 2 jours (au moins 4 heures, 2 heures avant midi et 2 heures après midi) à 2 températures d'entrée de fluide différentes, T_{in} , (différentes d'au moins 10 K) avec un écart maximal de 5°C par rapport à la température ambiante moyenne quotidienne et stable dans les limites de la plage de températures de fonctionnement normale du capteur, l'angle d'incidence transversal étant à $\theta_T = (0 \pm 0,1)^\circ$ et l'angle d'incidence longitudinal variant sur l'ensemble de la journée.

La stabilité des mesurages et les autres exigences de l'essai d'efficacité globale sont les mêmes que celles de l'essai de performance thermique.

¹ IAM = incidence angle modifier

Pour valider ces caractérisations, la puissance de sortie utile du capteur doit être calculée selon l'Équation (3) ou l'Équation (4) en prenant en considération les paramètres déterminés.

Il convient que la différence moyenne entre la puissance calculée et la puissance mesurée soit comprise dans les limites de $\pm 5 \%$.

6.4.4.2 Rendement optique maximal (facultatif)

Il convient de calculer le rendement optique maximal de manière théorique à l'aide du facteur d'interception mesuré par déflectométrie, photogrammétrie rapprochée ou d'autres techniques, et des propriétés optiques indiquées par les fabricants de récepteur et de réflecteur (facteur de transmission de la couverture en verre, facteur d'absorption du tube récepteur et facteur de réflexion du réflecteur).

La formule permettant de calculer le rendement optique maximal à partir des spécifications des fabricants de composants solaires est la suivante:

$$\eta_{\text{opt},0^\circ} = \rho \cdot \gamma_{\text{T},0^\circ} \cdot \tau \cdot \alpha \quad (6)$$

où ρ est le facteur de réflexion solaire proche de la normale des réflecteurs, $\gamma_{\text{T},0^\circ}$ le facteur d'interception global proche de la normale, qui est le produit du facteur d'interception du capteur solaire γ_{C} et du facteur de longueur efficace des tubes récepteurs installés dans le capteur cylindro-parabolique γ_{R} ; τ est le facteur de transmission proche de la normale de l'enveloppe vitrée du récepteur, et α est le facteur d'absorption proche de la normale du tube métallique du récepteur.

Il convient que la différence entre le rendement optique déterminé (Équation (3) ou Équation (4)) et le rendement optique mesuré (Équation (6)) soit comprise dans les limites de $\pm 5 \%$. Si cette différence est supérieure, il convient que les résultats d'essai, les données fournies par les fabricants de composants individuels et les mesures du facteur d'interception global soient au moins analysés et consignés.

6.4.5 Essai d'erreur de suivi

6.4.5.1 Classement des données en fonction de la vitesse du vent

Si nécessaire, les données doivent être au moins séparées en tranches de vitesses du vent mesurées basses et hautes, la valeur seuil étant de 4 m/s.

Cette séparation représente un compromis permettant de réduire le plus possible la durée, la complexité et le coût des essais. Le fabricant peut indiquer des statistiques de précision de suivi pour d'autres tranches de vitesses du vent et inclure une relation avec la direction du vent.

Si le suiveur solaire est équipé d'un filtre de sonde solaire pour une irradiance minimale (en option), il convient d'écarter toutes les données enregistrées avec un éclairement direct perpendiculaire inférieur à 250 W/m².

6.4.5.2 Quantité de données

Pour chacun des ensembles de données ("vent faible, mesure d'erreur minimale", "vent fort, mesure d'erreur maximale", etc.), s'assurer que le nombre de points de données soit suffisant.

Il convient que les données issues de chacune des sondes d'erreur de suivi satisfassent aux critères suivants:

- au moins 360 points de données après le filtrage ci-dessus;

- au moins cinq jours différents, avec au moins 50 points de données par jour;
- au moins 180 points à vent fort;
- au moins 50 points de données avant midi et 50 points après midi.

6.4.5.3 Calculs de la précision

Pour chacun des ensembles de données, calculer les deux valeurs suivantes:

- Précision type: valeur médiane de l'erreur de suivi sur l'ensemble de données filtré. Toutes les valeurs d'erreur de suivi enregistrées étant des valeurs positives, la "précision type" est une valeur supérieure à zéro mais inférieure à la précision du 95e centile.
- Précision du 95e centile: valeur du 95e centile de l'erreur de suivi sur l'ensemble de données filtré. C'est-à-dire que 95 % des points de donnée mesurés se situent sous cette erreur.

NOTE La précision du 95e centile n'implique en aucun cas que les statistiques de précision du suivi soient conformes aux règles d'une distribution normale.

6.4.6 Estimation de l'incertitude

Le calcul de l'incertitude-type des paramètres caractéristiques décrivant les performances optiques et thermiques, selon la méthode d'essai décrite dans le présent document, suit les règles établies à l'Annexe D de l'ISO 9806:2017.

7 Format du rapport

Le rapport final sur les performances optiques et thermiques du capteur cylindro-parabolique doit contenir des informations détaillées relatives, à savoir:

- La description du capteur cylindro-parabolique en essai.
- Le montage d'essai (description de l'installation d'essai sur laquelle le capteur a été soumis à essai, des sondes et des autres équipements utilisés pour mesurer les variables nécessaires à l'application de cette méthode d'essai).
- Le résultat des paramètres de modèle déterminés accompagnés de leurs valeurs d'incertitude correspondantes.
- Le résultat de la caractérisation d'erreur de suivi.
- Le graphique présentant l'ensemble de données des variables mesurées lors des essais à l'origine du résultat final, selon l'ISO 9806:2017, Figure 9 (dans ce cas, $t_m - t_a$ en fonction de ÉDP) et Figure 10 (ÉDP en fonction de θ_i).

Le contenu du rapport doit être structuré selon l'Annexe C.

Annexe A (informative)

Description/exigences du capteur cylindro-parabolique

A.1 Description générale

A.1.1 Généralités

Un capteur cylindro parabolique est un capteur solaire à focalisation linéaire qui concentre le rayonnement solaire au moyen d'un réflecteur à section parabolique. Il est composé d'un ensemble de modules reliés en série et pilotés par un mécanisme de commande commun et avec un seul système de suivi du soleil (voir l'IEC TS 62862-1-1). Un tube récepteur est placé dans le foyer de la parabole. Le réflecteur-récepteur est monté sur un support mécanique composé de pylônes et de roulements en acier. Chaque capteur cylindro-parabolique contient des instruments locaux, un système d'entraînement hydraulique et son propre contrôleur local par l'intermédiaire duquel il suit indépendamment le soleil et maintient le réflecteur focalisé sur le récepteur.

Le capteur cylindro-parabolique est l'unité fonctionnelle de base qui forme une boucle de captage dans un champ solaire (Figure A.1). Chaque boucle de captage est formée par des capteurs cylindro-paraboliques. Chaque capteur contient les éléments suivants:

- plusieurs modules,
- un pylône d'entraînement,
- plusieurs pylônes médians,
- des pylônes d'extrémité, le cas échéant,
- des pylônes partagés, le cas échéant.

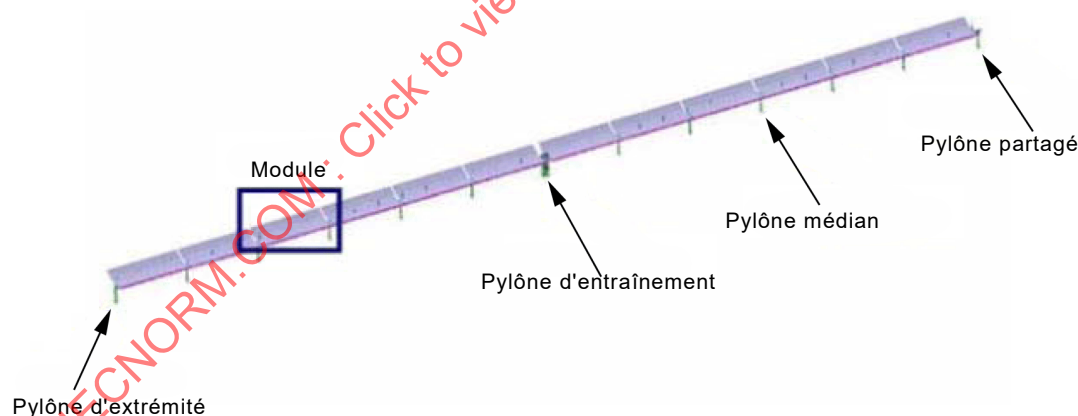


Figure A.1 – Vue générale d'un capteur cylindro-parabolique

Les caractéristiques de base d'un capteur cylindro-parabolique sont détaillées ci-dessous:

- distance focale,
- largeur d'ouverture,
- nombre de modules par capteur,
- longueur du module/capteur,
- nombre de réflecteurs par module/capteur,
- tubes récepteurs par module/capteur,
- vitesse du vent maximale en fonctionnement,
- vitesse du vent maximale pour la survie.