

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating –
Part 3: Energy rating of PV modules**

**Essais de performance et caractéristiques assignées d'énergie des modules
photovoltaïques (PV) –
Partie 3: Caractéristiques assignées d'énergie des modules PV**



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

**Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating –
Part 3: Energy rating of PV modules**

**Essais de performance et caractéristiques assignées d'énergie des modules
photovoltaïques (PV) –
Partie 3: Caractéristiques assignées d'énergie des modules PV**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-5989-4

**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.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 Testing	7
5 Report	7
6 Module energy collection	8
6.1 General.....	8
6.2 Input module data for energy rating.....	8
6.3 Input standard reference climatic profiles.....	9
7 Procedure for energy rating	9
7.1 General.....	9
7.2 In-plane global irradiance corrected for angular incidence effects	10
7.3 Spectrally corrected global in-plane irradiance.....	11
7.4 Calculation of module temperature.....	12
7.5 Determination of instantaneous module power.....	12
7.6 Calculation of hourly module energy output.....	13
7.7 Calculation of annual module energy output.....	13
7.8 Climatic specific energy rating	13
Figure 1 – Flow chart of calculation procedure.....	10

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61853-3:2018

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PHOTOVOLTAIC (PV) MODULE PERFORMANCE
TESTING AND ENERGY RATING –****Part 3: Energy rating of PV modules****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 61853-3 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

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

FDIS	Report on voting
82/1441/FDIS	82/1451/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 61853, published under the general title *Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating*, 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61853-3:2018

INTRODUCTION

This International Standard series establishes IEC requirements for determining PV module performance in terms of power (watts), specific module energy rating (kWh/kW) and climatic specific energy rating (dimensionless). It is written to be applicable to all PV technologies including non-linear devices. The methodology does not take into account either progressive degradation or transient behaviour such as light induced changes and/or thermal annealing.

This series consists of four parts:

- IEC 61853-1: *Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating – Part 1: Irradiance and temperature performance measurements and power rating*, which describes requirements for evaluating PV module performance in terms of power (watts) rating over a range of irradiances and temperatures;
- IEC 61853-2: *Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating – Part 2: Spectral responsivity, incidence angle, and module operating temperature measurements*, which describes test procedures for measuring the effect of varying angles of incidence and sunlight spectra as well as the estimation of module temperature from irradiance, ambient temperature, and wind speed;
- IEC 61853-3: *Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating – Part 3: Energy rating of PV modules*, which describes the calculations for PV module ratings; and
- IEC 61853-4: *Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating – Part 4: Standard reference climatic profiles*, which describes the standard time periods and environmental data set that shall be used for the energy rating calculations.

IECNORM.COM : Click to view the full pdf of IEC 61853-3:2018

PHOTOVOLTAIC (PV) MODULE PERFORMANCE TESTING AND ENERGY RATING –

Part 3: Energy rating of PV modules

1 Scope

This part of IEC 61853 describes the calculation of PV module energy rating values. IEC 61853-1 describes requirements for evaluating PV module performance at various temperatures and irradiances in terms of power (watts) rating. IEC 61853-2 describes test procedures for determining module temperature from irradiance, ambient temperature and wind speed, a method for measuring angle of incidence effects, and spectral responsivity. IEC 61853-4 describes the standard reference climatic profiles (standard environmental data sets) that are used for calculating energy rating values.

The purpose of this document is to define a methodology to determine the PV module energy output (watt-hours), and the climatic specific energy rating (dimensionless) for a complete year at maximum power operation for the reference climatic profile(s) given in IEC 61853-4. It is applied to determine a specific module output in a standard reference climatic profile for the purposes of comparison of rated modules.

The methodology does not take into account either progressive degradation or transient behaviour such as light induced changes and/or thermal annealing.

The present document applies to mono-facial modules.

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 60891, *Photovoltaic devices – Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics*

IEC 60904-3, *Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data*

IEC 60904-7, *Photovoltaic devices – Part 7: Computation of the spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices*

IEC 60904-8, *Photovoltaic devices – Part 8: Measurement of spectral responsivity of a photovoltaic (PV) device*

IEC 60904-8-1, *Photovoltaic devices – Part 8-1: Measurement of spectral responsivity of multi-junction photovoltaic (PV) devices*

IEC TS 61836, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols*

IEC 61853-1, *Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating – Part 1: Irradiance and temperature performance measurements and power rating*

IEC 61853-2, *Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating – Part 2: Spectral responsivity, incidence angle and module operating temperature measurements*

IEC 61853-4, *Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating – Part 4: Standard reference climatic profiles*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC TS 61836 and the following 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>

3.1

climatic specific energy rating

CSER

normalised energy collection for the reference climatic profile, i.e. the ratio of the actual energy collection to that which would have been obtained if the PV module always performed with the energy conversion efficiency measured under standard test conditions

Note 1 to entry: CSER is dimensionless.

4 Testing

No testing is performed within this document; however, the energy rating calculations defined in Clause 7 use data from measurements made according to IEC 61853-1 and IEC 61853-2 and the standard reference climatic profiles from IEC 61853-4.

5 Report

Following completion of the procedure, a report with the resulting energy ratings shall be prepared by the test agency. Each certificate or test report shall include at least the following information.

- a) a title;
- b) name and address of the test laboratory and location where the calibration or tests were carried out;
- c) unique identification of the report and of each page;
- d) name and address of client, where appropriate;
- e) description and identification of the item calibrated or tested;
- f) characterization and condition of the calibration or test item;
- g) date of receipt of test item and date(s) of calibration or test, where appropriate;
- h) identification of calibration or test method used;
- i) reference to sampling procedure, where relevant;
- j) any deviations from, additions to or exclusions from the calibration or test method, and any other information relevant to a specific calibration or test, such as environmental conditions;
- k) the filenames of the reference climate data files and the version of IEC 61853-4 corresponding to the data files;

- l) a specification of the interpolation routines used to derive the module data from the measured performance tables;
- m) module energy output for the individual test devices, as well as the averaged data (for the three modules submitted for testing in IEC 61853-1);
- n) climatic specific energy rating for the individual test devices, as well as the averaged data (for the three modules submitted for testing in IEC 61853-1);
- o) a statement of the estimated uncertainty of the energy rating results;
- p) a signature and title, or equivalent identification of the person(s) accepting responsibility for the content of the report, and the date of issue;
- q) where relevant, a statement to the effect that the results relate only to the items calibrated or tested;
- r) a statement that the report shall not be reproduced except in full, without the written approval of the laboratory.

6 Module energy collection

6.1 General

The output power of a PV module depends primarily on the following parameters:

- Irradiance incident on the module
- Module temperature

Module temperature is a derived parameter, and is determined from the tabulated irradiance, ambient temperature and wind speed, together with module thermal parameters as determined in IEC 61853-2.

These parameters are a function of the environmental conditions over the defined year long time period of each standard reference climatic profile, tabulated as an hourly data set in IEC 61853-4. Angle of incidence and spectral effects are considered in the calculations for reasons of completeness, and to ensure that modules with special characteristics are rated correctly.

6.2 Input module data for energy rating

The following module performance parameters influence the instantaneous power output and hence energy production of a PV module:

- a) Matrix of $P_{\max}$ versus irradiance (at AM 1,5 g) and versus module temperature (IEC 61853-1) which may be interpolated to obtain the instantaneous power at a given irradiance and module temperature.
- b) Thermal coefficients u_0 , u_1 describing module operating temperature as a function of irradiance and wind speed, which are used to calculate instantaneous module temperature (IEC 61853-2).
- c) Angle of incidence response a_r (IEC 61853-2) used to calculate the effective light transmission into the module at different incidence angles.
- d) Spectral responsivity (IEC 61853-2), used to calculate spectral mismatch and hence correct to reference spectral conditions. It is provided as a table of values for a range of wavelengths over which the module is responsive.

The performance parameters listed in a) are measured by procedures given in IEC 61853-1. The performance parameters listed in items b), c) and d) are determined according to procedures given in IEC 61853-2. In accordance with procedures in IEC 61853-2, in some cases the parameters in points b), c) may be nominal values provided therein.

6.3 Input standard reference climatic profiles

IEC 61853-4 provides the standard reference climatic profiles to be used for energy rating. The information provided with each standard reference climatic profile is described in IEC 61853-4:2018, subclause 4.2.

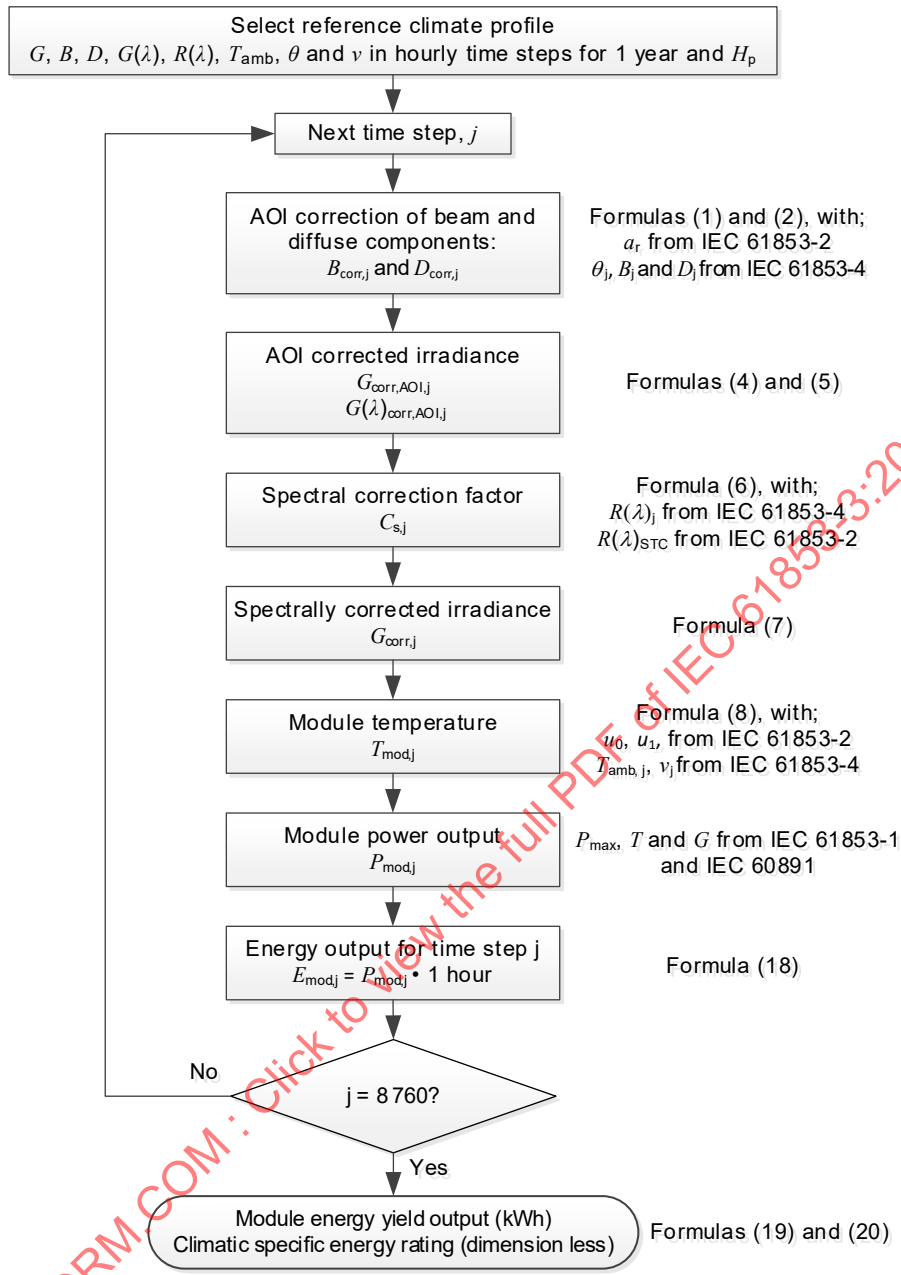
7 Procedure for energy rating

7.1 General

For each of the three modules and for the average of the values of the three modules reported from IEC 61853-1 the following procedure shall be followed. The module peak power and energy output for a particular time step is determined by following a series of calculations described in this clause. The module energy output is calculated per hour. These individual hourly energy values are then summed over the data set to determine the annual energy production.

The procedures for each time step are outlined in Figure 1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61853-3:2018



IEC

Figure 1 – Flow chart of calculation procedure

7.2 In-plane global irradiance corrected for angular incidence effects

The corrected in-plane direct B_{corr} and diffuse D_{corr} components for angle of incidence are given by:

$$B_{corr,j} = B_j \left[\frac{1 - \exp\left(-\frac{\cos(\theta_j)}{a_r}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{1}{a_r}\right)} \right] \quad (1)$$

$$D_{corr,j} = D_j \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{1}{a_r} \left(\frac{4}{3\pi} \left(\sin \beta + \frac{\pi - \beta - \sin \beta}{1 + \cos \beta} \right) + (0,5a_r - 0,154) \left(\sin \beta + \frac{\pi - \beta - \sin \beta}{1 + \cos \beta} \right)^2 \right) \right] \right\} \quad (2)$$

where

B_j is the uncorrected in-plane direct irradiance at the j^{th} hour,

D_j is the uncorrected in-plane diffuse irradiance at the j^{th} hour,

θ_j is the angle between sun and the normal to the module surface at hour j ,
 β is the inclination angle (in units of radians) of the module relative to horizontal, and
 factor a_r is provided by the analysis of the angle-of-incidence measurements, as carried out in IEC 61853-2.

D_j is not given directly in the data sets but can be calculated from the global in-plane irradiance G_j and the direct in-plane irradiance B_j :

$$D_j = G_j - B_j \quad (3)$$

Finally, the angular corrected in-plane global irradiance $G_{\text{corr,AOI},j}$ can be calculated as:

$$G_{\text{corr,AOI},j} = B_{\text{corr},j} + D_{\text{corr},j} \quad (4)$$

The climatic data sets contain the in-plane global and direct broadband irradiance and the spectrally resolved in-plane global irradiance for a set of discrete bands but not the direct or diffuse spectrally resolved irradiance. To calculate the angular corrected in-plane spectrally resolved global irradiance, the following formula shall be applied:

$$G(\lambda)_{\text{corr,AOI},j} = \frac{G_{\text{corr,AOI},j} \cdot G(\lambda)_j}{G_j} \quad (5)$$

where

$G_{\text{corr,AOI},j}$ is the angular corrected broadband in-plane irradiance for the j^{th} hour, and
 $G(\lambda)_j$ is the in-plane global spectral irradiance in discrete bands at hour j .

7.3 Spectrally corrected global in-plane irradiance

Normally the spectral correction is applied to the short-circuit current according to IEC 60904-7. The change in short-circuit current when applying a different spectrum can be used to apply a proportional change to the irradiance, obtaining an “effective” or “corrected” irradiance, G_{corr} .

The module spectral responsivity $S(\lambda)$ measured for different wavelengths λ as prescribed in IEC 61853-2 and IEC 60904-8 is used. The spectral correction factor C_s at hour j can then be calculated as:

$$C_{s,j} = \frac{1000 \int_{\lambda_s}^{\lambda_e} S(\lambda) R_{\text{corr,AOI},j}(\lambda) d\lambda}{G_{\text{corr,AOI},j} \int_{\lambda_s}^{\lambda_e} S(\lambda) R_{\text{STC}}(\lambda) d\lambda} \quad (6)$$

where

$G_{\text{corr,AOI},j}$ is the AOI-corrected global in-plane irradiance,
 $R_{\text{corr,AOI},j}(\lambda)$ is the spectrally resolved in-plane irradiance in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{nm})$ and calculated as the ratio of the $G(\lambda)_{\text{corr,AOI},j}$ and the width of each spectral band, in nm,
 $R_{\text{STC}}(\lambda)$ is the corresponding spectral intensity for the standard test condition spectrum AM 1,5 g (IEC 60904-3).

The integration limits are: $\lambda_s = 300 \text{ nm}$, $\lambda_e = 4\,000 \text{ nm}$ and the calculation is performed by numerical integration. The spectrally corrected global in-plane irradiance at the j hour, $G_{\text{corr},j}$, is calculated as:

$$G_{\text{corr},j} = C_{s,j} \cdot G_{\text{corr,AOI},j} \quad (7)$$

For multi-junction PV modules the spectral correction may only be made when the same junction is limiting under both the reference and the hourly spectral irradiances (refer to IEC 60904-8-1).

7.4 Calculation of module temperature

The module temperature T_{mod} shall be calculated using the following formula:

$$T_{\text{mod},j} = T_{\text{amb},j} + \frac{G_{\text{corr,AOI},j}}{u_0 + u_1 v_j} \quad (8)$$

where

T_{amb} is the ambient temperature, extracted from IEC 61853-4,
 v_j is the wind speed at the height of the module, extracted from IEC 61853-4, and
 $G_{\text{corr,AOI},j}$ is the in-plane global irradiance, corrected for angle-of-incidence effects, for the j^{th} hour,
the two parameters u_0 and u_1 are reported from the procedure described in IEC 61853-2.

7.5 Determination of instantaneous module power

The calculated parameters from formulas (7) and (8) (G_{corr} and T_{mod}) can now be used to determine the module power $P_{\text{mod}}(G_{\text{corr}}, T_{\text{mod}})$ by using the power table (P_{max}) generated from IEC 61853-1. In general, it is necessary to perform a 2-D bilinear interpolation, or equivalent, of the P_{max} values given in the table at different temperature and irradiance conditions. When the values of G_{corr} and T_{mod} are outside the range of values in the power table a linear extrapolation should be used.

To calculate the module power $P(G, T)$ for given values of in-plane irradiance G and module temperature T by bilinear interpolation the following procedure should be used. Find the values T_1 and T_2 in the power table such that $T_1 < T < T_2$, and similar G_1 and G_2 such that $G_1 < G < G_2$.

For each of the pairs of (G, T) values calculate the quantity $\eta(G, T) = P(G, T)/G$. Then calculate:

$$\eta(G, T_1) = \eta(G_1, T_1) + \frac{G - G_1}{G_2 - G_1} (\eta(G_2, T_1) - \eta(G_1, T_1)) \quad (9)$$

$$\eta(G, T_2) = \eta(G_1, T_2) + \frac{G - G_1}{G_2 - G_1} (\eta(G_2, T_2) - \eta(G_1, T_2)) \quad (10)$$

$$\eta(G, T) = \frac{T_2 - T}{T_2 - T_1} \eta(G, T_1) + \frac{T - T_1}{T_2 - T_1} \eta(G, T_2) \quad (11)$$

The interpolated power can then be found as $P(G, T) = \eta(G, T) \cdot G$.

Linear extrapolation when only one of the variables G, T is outside the range of the power table values can be found in the following way, where T_{max} is the highest temperature value in the table:

$$\eta(G, T_{\text{max}}) = \eta(G_1, T_{\text{max}}) + \frac{G - G_1}{G_2 - G_1} (\eta(G_2, T_{\text{max}}) - \eta(G_1, T_{\text{max}})) \quad (12)$$

$$\eta(G, T_{\text{max}-1}) = \eta(G_1, T_{\text{max}-1}) + \frac{G - G_1}{G_2 - G_1} (\eta(G_2, T_{\text{max}-1}) - \eta(G_1, T_{\text{max}-1})) \quad (13)$$

$$\eta(G, T) = \eta(G, T_{\max-1}) + \frac{T - T_{\max-1}}{T_{\max} - T_{\max-1}} (\eta(G, T_{\max}) - \eta(G, T_{\max-1})) \quad (14)$$

Finally, if $G > G_{\max}$ and $T > T_{\max}$:

$$\eta(G, T_{\max}) = \eta(G_{\max-1}, T_{\max}) + \frac{G - G_{\max-1}}{G_{\max} - G_{\max-1}} (\eta(G_{\max}, T_{\max}) - \eta(G_{\max-1}, T_{\max})) \quad (15)$$

$$\eta(G_{\max}, T) = \eta(G_{\max}, T_{\max-1}) + \frac{T - T_{\max-1}}{T_{\max} - T_{\max-1}} (\eta(G_{\max}, T_{\max}) - \eta(G_{\max}, T_{\max-1})) \quad (16)$$

$$\eta(G, T) = \eta(G, T_{\max}) + \eta(G_{\max}, T) - \eta(G_{\max}, T_{\max}) \quad (17)$$

7.6 Calculation of hourly module energy output

The energy output $E_{\text{mod},j}$ of the module in the time period j (1 h) is:

$$E_{\text{mod},j} = P_{\text{mod},j} (G_{\text{corr},j}, T_{\text{mod},j}) \cdot 1 \text{ hour} \quad (18)$$

7.7 Calculation of annual module energy output

The energy produced by the module over one year is determined as the sum of the energy produced by the module at each time period.

A sum is performed over all time periods of the selected reference profile (see IEC 61853-4).

$$E_{\text{mod},\text{year}} = \sum_{j=1}^{j=8760} E_{\text{mod},j} \quad (19)$$

where

j ranges from 1 to 8 760 in the reference period (one year).

7.8 Climatic specific energy rating

The climatic specific energy rating CSE_R is the normalised energy collection for the reference climatic profile:

$$CSE_R = \frac{E_{\text{mod},\text{year}} \cdot G_{\text{ref}}}{P_{\text{max,STC}} \cdot H_p} \quad (20)$$

where

H_p is the total of the hourly global in-plane irradiance values G for the reference climatic period (1 year) from IEC 61853-4,

$G_{\text{ref}} = 1\,000 \text{ W/m}^2$ is the irradiance at standard test conditions,

$P_{\text{max,STC}}$ is the maximum power under standard test conditions, taken from the power measurements according to IEC 61853-1.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
INTRODUCTION.....	17
1 Domaine d'application	18
2 Références normatives	18
3 Termes et définitions	19
4 Essais	19
5 Rapport	19
6 Captage de l'énergie des modules	20
6.1 Généralités	20
6.2 Données de modules d'entrée pour les caractéristiques assignées d'énergie.....	20
6.3 Profils climatiques de référence normalisés d'entrée.....	21
7 Procédure de calcul des caractéristiques assignées d'énergie.....	21
7.1 Généralités	21
7.2 Correction de l'éclairement global dans le plan par rapport aux effets de l'incidence angulaire	22
7.3 Éclairement global dans le plan corrigé d'un point de vue spectral.....	23
7.4 Calcul de la température du module.....	24
7.5 Détermination de la puissance instantanée du module.....	24
7.6 Calcul de l'énergie produite par le module en une heure.....	25
7.7 Calcul de l'énergie annuelle produite par le module	25
7.8 Caractéristiques assignées d'énergie massique pour un profil climatique.....	25
Figure 1 – Organigramme de la procédure de calcul	22

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ESSAIS DE PERFORMANCE ET CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES
D'ÉNERGIE DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) –****Partie 3: Caractéristiques assignées d'énergie des modules PV****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. 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 ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61853-3 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

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

FDIS	Rapport de vote
82/1441/FDIS	82/1451/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 61853, publiées sous le titre général *Essais de performance et caractéristiques assignées d'énergie des modules photovoltaïques (PV)*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61853-3:2018

INTRODUCTION

La présente série de Normes internationales établit les exigences de l'IEC relatives à la détermination de la performance des modules PV en matière de puissance (watts), de caractéristiques assignées d'énergie massique d'un module (kWh/kW) et de caractéristiques assignées d'énergie massique pour un profil climatique (adimensionnelles). Cette série est rédigée de façon à pouvoir s'appliquer à toutes les technologies PV, y compris les dispositifs non linéaires. La méthodologie ne tient compte ni d'une dégradation progressive ni d'un comportement transitoire, comme les modifications induites par la lumière et/ou le recuit thermique.

La présente série de normes comprend quatre parties:

- IEC 61853-1: *Essais de performance et caractéristiques assignées d'énergie des modules photovoltaïques (PV) – Partie 1: Mesures de performance en fonction de l'éclairement et de la température, et caractéristiques de puissance*, qui décrit les exigences relatives à l'évaluation de la performance d'un module photovoltaïque, en matière de caractéristiques assignées de puissance (watts), sur une plage d'éclairements et de températures;
- IEC 61853-2: *Essais de performance et caractéristiques assignées d'énergie des modules photovoltaïques (PV) – Partie 2: Mesurages de réponse spectrale, d'angle d'incidence et de température de fonctionnement des modules*, qui décrit les procédures d'essai pour mesurer l'effet de divers angles d'incidence et spectres de lumière solaire, ainsi que pour évaluer la température des modules à partir de l'éclairement, de la température ambiante et de la vitesse du vent;
- IEC 61853-3: *Essais de performance et caractéristiques assignées d'énergie des modules photovoltaïques (PV) – Partie 3: Caractéristiques assignées d'énergie des modules PV*, qui décrit les calculs des caractéristiques assignées d'un module photovoltaïque (PV); et
- IEC 61853-4: *Essais de performance et caractéristiques assignées d'énergie des modules photovoltaïques (PV) – Partie 4: Profils climatiques de référence normalisés*, qui décrit les périodes de temps et les ensembles de données environnementales normalisés qui doivent être utilisés pour calculer les caractéristiques assignées d'énergie.

ESSAIS DE PERFORMANCE ET CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES D'ÉNERGIE DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) –

Partie 3: Caractéristiques assignées d'énergie des modules PV

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61853 décrit le calcul des valeurs des caractéristiques assignées d'énergie des modules PV. L'IEC 61853-1 décrit les exigences relatives à l'évaluation de la performance des modules PV à différentes températures et différents éclairagements, en matière de caractéristiques assignées de puissance (watts). L'IEC 61853-2 décrit les procédures d'essai relatives à la détermination de la température d'un module à partir de l'éclairagement, de la température ambiante et de la vitesse du vent, ainsi qu'une méthode de mesure des effets de l'angle d'incidence et de la réponse spectrale. L'IEC 61853-4 décrit les profils climatiques de référence normalisés (ensembles de données environnementales normalisés) utilisés pour calculer les valeurs des caractéristiques assignées d'énergie.

Le présent document a pour objet de définir une méthodologie qui permet de déterminer l'énergie produite par les modules PV (watts-heures) et les caractéristiques assignées d'énergie massique pour un profil climatique (adimensionnelles) pour une année complète à la puissance maximale de fonctionnement pour le ou les profils climatiques de référence indiqués dans l'IEC 61853-4. Le présent document est appliqué afin de déterminer une puissance de sortie de module spécifique selon un profil climatique de référence normalisé afin de comparer des modules assignés.

La méthodologie ne tient compte ni d'une dégradation progressive ni d'un comportement transitoire, comme les modifications induites par la lumière et/ou le recuit thermique.

Le présent document s'applique aux modules à une seule face.

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 60891, *Dispositifs photovoltaïques – Procédures pour les corrections en fonction de la température et de l'éclairage à appliquer aux caractéristiques I – V mesurées*

IEC 60904-3, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 3: Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairage spectral de référence*

IEC 60904-7, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 7: Calcul de la correction de désadaptation des réponses spectrales dans les mesures de dispositifs photovoltaïques*

IEC 60904-8, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 8: Mesure de la sensibilité spectrale d'un dispositif photovoltaïque (PV)*

IEC 60904-8-1, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 8-1: Mesurage de la sensibilité spectrale des dispositifs photovoltaïques (PV) multijonctions*

IEC TS 61836, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols* (disponible en anglais seulement)

IEC 61853-1, *Essais de performance et caractéristiques assignées d'énergie des modules photovoltaïques (PV) – Partie 1: Mesures de performance en fonction de l'éclairement et de la température, et caractéristiques de puissance*

IEC 61853-2, *Essais de performance et caractéristiques assignées d'énergie des modules photovoltaïques (PV) – Partie 2: Mesurages de réponse spectrale, d'angle d'incidence et de température de fonctionnement des modules*

IEC 61853-4, *Essais de performance et caractéristiques assignées d'énergie des modules photovoltaïques (PV) – Partie 4: Profils climatiques de référence normalisés*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC TS 61836, ainsi que les 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 <http://www.iso.org/obp>

3.1

caractéristiques assignées d'énergie massique pour un profil climatique CSER

captage normalisé de l'énergie pour le profil climatique de référence, c'est-à-dire le rapport du captage réel d'énergie et du captage qui aurait été réalisé si le module PV avait toujours fonctionné avec l'efficacité de conversion d'énergie mesurée dans des conditions normales d'essai

Note 1 à l'article: Les CSER sont adimensionnelles.

Note 2 à l'article: L'abréviation «CSER» est dérivée du terme anglais développé correspondant «climatic specific energy rating».

4 Essais

Aucun essai n'est effectué dans le cadre du présent document. Les calculs des caractéristiques assignées d'énergie définis à l'Article 7 utilisent toutefois les données des mesurages effectués conformément à l'IEC 61853-1 et à l'IEC 61853-2, et les profils climatiques de référence normalisés définis dans l'IEC 61853-4.

5 Rapport

Après l'exécution de la procédure, un rapport comportant les caractéristiques assignées d'énergie obtenues, doit être préparé par le laboratoire d'essai. Chaque certificat ou rapport d'essai doit inclure au moins les informations suivantes:

- a) un titre;
- b) le nom et l'adresse du laboratoire d'essai et le lieu de réalisation de l'étalonnage ou des essais;
- c) une identification unique du rapport et de chaque page;
- d) le nom et l'adresse du client, le cas échéant;

- e) la description et l'identification de l'entité soumise à l'étalonnage ou aux essais;
- f) la caractérisation et les conditions d'étalonnage ou l'état de l'entité d'essai;
- g) la date de réception de l'entité d'essai et la ou les dates d'étalonnage ou d'essai, le cas échéant;
- h) une identification de la méthode d'étalonnage ou d'essai utilisée;
- i) une référence à la règle d'échantillonnage, le cas échéant;
- j) les écarts, compléments ou exclusions éventuels de la méthode d'étalonnage ou d'essai, et toute autre information correspondant à un étalonnage ou un essai spécifique, comme les conditions d'environnement;
- k) les noms de fichiers des fichiers de données climatiques de référence, ainsi que la version de l'IEC 61853-4 correspondant aux fichiers de données;
- l) une spécification des programmes d'interpolation utilisés pour déduire les données des modules à partir des tableaux de performances mesurées;
- m) l'énergie produite par les modules pour les dispositifs d'essais individuels, ainsi que les données moyennées (pour les trois modules soumis à l'essai dans l'IEC 61853-1);
- n) les caractéristiques assignées d'énergie massique pour un profil climatique pour les dispositifs d'essais individuels, ainsi que les données moyennées (pour les trois modules soumis à l'essai dans l'IEC 61853-1);
- o) une indication de l'incertitude estimée des résultats des caractéristiques assignées d'énergie;
- p) une signature et un titre, ou une identification équivalente de la ou des personnes dûment responsables du contenu du rapport, et la date de publication;
- q) le cas échéant, une indication selon laquelle les résultats ne se rapportent qu'aux entités soumises à l'étalonnage ou aux essais;
- r) une indication selon laquelle le rapport ne doit pas être reproduit, sauf dans sa totalité, sans l'approbation écrite du laboratoire.

6 Captage de l'énergie des modules

6.1 Généralités

La puissance de sortie d'un module PV dépend principalement des paramètres suivants:

- éclairage incident sur le module
- température du module

La température du module est un paramètre déduit, déterminé à partir de l'éclairage, de la température ambiante et de la vitesse du vent présentés sous forme de tableau, ainsi que des paramètres thermiques du module tels que déterminés dans l'IEC 61853-2.

Ces paramètres dépendent des conditions d'environnement tout au long de la période annuelle définie de chaque profil climatique de référence normalisé, présenté comme un ensemble de données horaires sous forme de tableau dans l'IEC 61853-4. Les calculs tiennent compte de l'angle d'incidence et des effets spectraux pour des raisons d'exhaustivité et afin d'assurer que les modules présentant des caractéristiques particulières sont correctement assignés.

6.2 Données de modules d'entrée pour les caractéristiques assignées d'énergie

Les paramètres suivants de performance du module influent sur la puissance de sortie instantanée et ainsi sur la production d'énergie d'un module PV:

- a) Matrice de $P_{\max}$ par rapport à l'éclairage (sous une masse d'air (AM) de 1,5 g) et par rapport à la température du module (IEC 61853-1) qui peut être interpolée afin d'obtenir la puissance instantanée à un éclairage et une température du module donnés.

- b) Coefficients thermiques u_0, u_1 qui décrivent la température de fonctionnement du module en fonction de l'éclairement et de la vitesse du vent, utilisés pour calculer la température instantanée du module (IEC 61853-2).
- c) Réponse de l'angle d'incidence a_r (IEC 61853-2) utilisée pour calculer la transmission effective de lumière dans le module à des angles d'incidence différents.
- d) Réponse spectrale (IEC 61853-2) utilisée pour calculer la désadaptation spectrale et ainsi la corriger par rapport aux conditions spectrales de référence. La réponse spectrale est fournie sous forme de tableau de valeurs pour une plage de longueurs d'onde sur laquelle le module répond.

Les paramètres de performance énumérés en a) sont mesurés par les procédures indiquées dans l'IEC 61853-1. Les paramètres de performance énumérés en b), c) et d) sont déterminés selon les procédures indiquées dans l'IEC 61853-2. Conformément aux procédures définies dans l'IEC 61853-2, les paramètres énumérés en b) et c) peuvent dans certains cas être des valeurs nominales fournies dans cette norme.

6.3 Profils climatiques de référence normalisés d'entrée

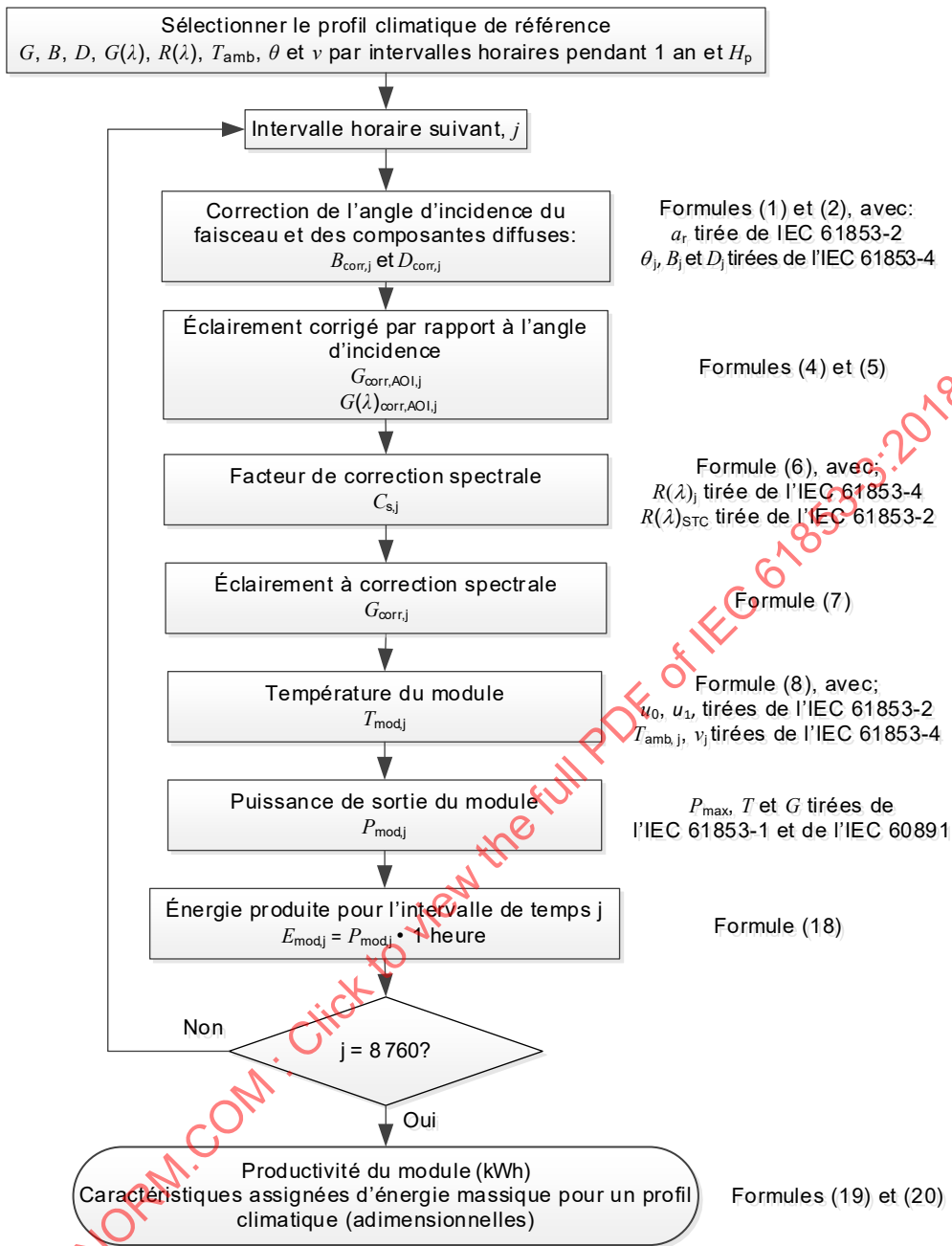
L'IEC 61853-4 fournit les profils climatiques de référence normalisés à utiliser pour calculer les caractéristiques assignées d'énergie. L'information fournie avec chaque profil climatique de référence normalisé est décrite dans l'IEC 61853-4:2018, article 4.2.

7 Procédure de calcul des caractéristiques assignées d'énergie

7.1 Généralités

Pour chacun des trois modules et pour la moyenne des valeurs des trois modules issue de l'IEC 61853-1, la procédure suivante doit être suivie. Une série de calculs décrite dans le présent article permet de déterminer la puissance de crête des modules et l'énergie produite par les modules pendant un intervalle de temps particulier. L'énergie produite par les modules est calculée par heure. Ces valeurs énergétiques horaires individuelles sont ensuite additionnées sur l'ensemble de données afin de déterminer la production d'énergie annuelle.

La Figure 1 représente les procédures applicables à chaque intervalle de temps.



IEC

Figure 1 – Organigramme de la procédure de calcul

7.2 Correction de l'éclairement global dans le plan par rapport aux effets de l'incidence angulaire

La composante directe B_{corr} et la composante diffuse D_{corr} dans le plan corrigées pour l'angle d'incidence sont données par:

$$B_{corr,j} = B_j \left[\frac{1 - \exp\left(-\frac{\cos(\theta_j)}{a_r}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{1}{a_r}\right)} \right] \quad (1)$$

$$D_{corr,j} = D_j \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{1}{a_r} \left(\frac{4}{3\pi} \left(\sin \beta + \frac{\pi - \beta - \sin \beta}{1 + \cos \beta} \right) + (0,5a_r - 0,154) \left(\sin \beta + \frac{\pi - \beta - \sin \beta}{1 + \cos \beta} \right)^2 \right) \right] \right\} \quad (2)$$

où