



**Norme
internationale**

ISO 24194

**Energie solaire — Champs de
capteurs — Vérification de la
performance**

Solar energy — Collector fields — Check of performance

**Deuxième édition
2026-09**

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2026

Tous droits réservés.

La présente publication de l'ISO est protégée par le droit d'auteur et demeure la propriété de l'ISO et/ou de ses concédants de licence.

Le contenu de la présente publication de l'ISO est fourni sous licence, et n'est pas vendu. Son utilisation est soumise aux conditions de licence applicables définies par l'ISO, un organisme membre de l'ISO, ou un distributeur tiers agréé.

Sous réserve des besoins liés à sa mise en œuvre ou d'une autorisation expresse prévue aux termes d'une licence distincte, aucune partie de la présente publication de l'ISO ne peut être reproduite, distribuée, modifiée, utilisée ou mise à disposition sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit – électronique ou mécanique, y compris la photocopie, la numérisation, l'enregistrement ou la publication sur des plateformes numériques internes ou externes.

Toute utilisation hors du champ d'application des droits accordés est interdite et peut donner lieu à des poursuites judiciaires.

ISO copyright office

Case postale 401 • CH-1214 Vernier, Genève

Tél.: +41 22 749 01 11

E-mail: copyright@iso.org

Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction	vii
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Symboles	2
5 Généralités	5
5.1 Validité	5
5.2 Méthodologie et conditions de fonctionnement	6
5.3 Orientation du plan du capteur	6
5.4 Facteur de performance	7
5.5 Source des informations d'entrée	7
5.6 Application	8
6 Procédure de vérification de la performance de la puissance des champs de capteurs solaires thermiques – Vérification de la puissance	8
6.1 Estimation de la puissance thermique de sortie d'un champ de capteurs	8
6.2 Calcul de la puissance de sortie estimée	8
6.2.1 Généralités	8
6.2.2 Formule générale (1) pour l'estimation de la puissance – en utilisant l'irradiance directe et l'irradiance diffuse	9
6.2.3 Formule (2) simplifiée – en utilisant l'irradiance hémisphérique	9
6.3 Restrictions relatives aux conditions de fonctionnement	9
6.4 Ombres	11
6.4.1 Ombrage dû à l'environnement	11
6.4.2 Impact général de l'ombre sur chacun des capteurs	11
6.4.3 Ombres sur capteurs fixes en rangées	11
6.4.4 Ombres sur capteurs suiveurs à axe unique en rangées	12
6.5 Angle d'incidence du capteur	15
6.6 Stagnation et périodes de performance délibérément réduite	15
6.7 Effets non modélisés	15
6.8 Exemple de mise en place d'une formule pour l'estimation de la performance	16
6.9 Détermination des périodes potentielles de validité	17
6.10 Vérification de la performance en termes d'alimentation du champ de capteurs	17
7 Procédure de vérification du rendement journalier des champs de capteurs solaires thermiques – Vérification du rendement journalier	19
7.1 Estimation du rendement journalier d'un champ de capteurs	19
7.2 Calcul du rendement énergétique journalier	19
7.2.1 Généralités	19
7.2.2 Formule (19) pour l'estimation du rendement journalier	19
7.3 Restrictions relatives aux conditions de fonctionnement	20
7.4 Ombres	21
7.5 Angle d'incidence du capteur	22
7.6 Exemple de mise en place d'une formule pour l'estimation de la performance	22
7.7 Détermination des périodes potentielles de validité	24
7.8 Vérification de la performance du rendement journalier du champ de capteurs	24
8 Procédure de vérification du rendement annuel des champs de capteurs solaires thermiques – Vérification du rendement annuel	26
8.1 Estimation du rendement annuel d'un champ de capteurs	26
8.2 Calcul du rendement énergétique annuel	26
8.2.1 Généralités	26
8.2.2 Formule générale (27) pour capteurs à circulation de liquide	31
8.3 Restrictions relatives aux conditions de fonctionnement	36

8.4	Ombres.....	36
8.4.1	Ombrage dû à l'environnement	36
8.4.2	Impact général de l'ombre sur chacun des capteurs	37
8.5	Périodes d'arrêt et stratégies de commande de réduction de puissance – Planifiées et non planifiées	37
8.6	Exemple de mise en place d'une formule pour l'estimation de la performance	37
8.7	Détermination des périodes potentielles de validité	38
8.8	Vérification de la performance du rendement annuel du champ de capteurs	38
9	Mesurages nécessaires.....	39
9.1	Généralités	39
9.2	Exigences relatives aux mesurages, sondes et données	41
9.2.1	Exactitude.....	41
9.2.2	Temps.....	42
9.2.3	Mesurage du rayonnement solaire et données de rayonnement modelisées.....	43
9.2.4	Mesurages de température	45
9.2.5	Mesurage du débit.....	46
9.2.6	Mesurage/calcul de la puissance	46
9.2.7	Mesurage de la vitesse du vent.....	47
9.3	Points de données valides.....	47
	Annexe A (informative) Modèle de présentation recommandé — Vérification de la puissance.....	48
	Annexe B (informative) Modèle de présentation recommandé — Vérification du rendement journalier.....	50
	Annexe C (informative) Modèle de présentation recommandé — Vérification du rendement annuel.....	51
	Bibliographie.....	53

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs, et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 180, *Énergie solaire*, sous-comité SC 4, *Systèmes - Performance thermique, fiabilité et durabilité*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 312 *Installations solaires thermiques et leurs composants*, du Comité européen de normalisation (CEN) conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette seconde édition annule et remplace la première édition ISO 24194:2022, qui a fait l'objet d'une révision technique. Il incorpore également l'amendement ISO 24194:2022/AMD 1:2024.

Les principales modifications sont les suivantes:

- révision de l'introduction;
- le domaine d'application spécifie les capteurs à circulation de liquide;
- [Article 5](#): ajouté pour résumer la validité pour l'ensemble des 3 procédures, méthodologie et conditions de fonctionnement, source des informations d'entrée décrite et applications possibles mentionnées.
- [Article 6](#): formule erronée pour l'irradiance directe supprimée et une seule formule générale selon l'ISO 9806 pour les capteurs à circulation de liquide introduite en utilisant l'irradiance directe et diffuse, exemple inclus;
- [Article 7](#): méthode du rendement journalier généralisée de sorte qu'elle soit applicable à tous les capteurs dans le domaine d'application, exemple avec le calcul et le résultat inclus;
- [Article 8](#): nouvelle méthode pour le rendement annuel ajoutée, applicable à tous les capteurs du domaine d'application; exemple avec le calcul et le résultat inclus.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai

Introduction

0.1 Généralités

Le présent document spécifie les procédures de vérification de la performance des champs de capteurs thermiques solaires. Il compare la performance mesurée à la performance calculée et donne les conditions de conformité.

Trois niveaux d'exactitude peuvent être choisis concernant la vérification:

- Niveau I - permet d'obtenir une estimation présentant une exactitude très élevée (avec un faible coefficient de sécurité, par exemple $f_U = 0,95$), mais requiert l'utilisation d'un équipement de mesure et une maintenance coûteuse.
- Niveau II/III - permettent d'obtenir une estimation présentant une exactitude moins élevée (avec un coefficient de sécurité plus élevé, par exemple $f_U = 0,90$), et d'utiliser un équipement de mesure moins coûteux.

0.2 Pertinence des champs de capteurs solaires thermiques dans le contexte de la transition énergétique et de l'approvisionnement en chaleur

La chaleur représente la moitié de la consommation totale d'énergie dans le monde - nettement plus que l'électricité (20 %) et les transports (30 %), et représente plus de 40 % des émissions mondiales de dioxyde de carbone liées à l'énergie. Les technologies solaires thermiques utilisent directement l'énergie du soleil pour produire de la chaleur qui peut être utilisée dans une gamme étendue d'applications. Les technologies solaires thermiques sont donc des technologies clés pour la réduction des émissions mondiales de dioxyde de carbone. L'élément central de toute installation solaire thermique est le capteur solaire thermique, traité dans l'ISO 9806. Le présent document s'applique particulièrement aux applications à grande échelle qui peuvent générer d'énormes quantités de chaleur. Les champs de capteurs solaires thermiques ont, par rapport à tous les autres générateurs de chaleur, la plus grande efficacité dans la conversion de l'énergie solaire en chaleur et nécessitent donc moins d'espace. Les grandes installations solaires thermiques sont généralement utilisées dans les domaines d'application suivants:

- Chauffage urbain avec des fractions solaires de quelques pour cent à 100 % en combinaison avec des stockages saisonniers.
- Procédés industriels pour la production alimentaire tels que laiteries, brasseries, etc.
- Procédés de nettoyage industriel.
- Procédés chimiques.
- Dessalement.
- Chauffage de piscines.
- Installations de chauffage de procédés thermiques solaires fournissant de la chaleur pour des procédés industriels tels que séchage, traitement des aliments, pasteurisation, lavage, nettoyage et tous autres procédés de fabrication à des températures moyennes.
- Production d'électricité à partir de la chaleur.
- Toutes les autres applications où la chaleur est nécessaire jusqu'à un niveau de température de 450 °C.

Le niveau de température pouvant être obtenu dépend du type de capteurs utilisé. Aujourd'hui, les capteurs couverts par le présent document sont disponibles pour une plage de température comprise entre 25 °C et 450 °C. Le fluide caloporteur utilisé dans les capteurs solaires thermiques est généralement de l'eau, un antigel à base d'eau ou de l'huile de silicone.

0.3 Gamme d'applications du présent document

Le présent document se limite actuellement aux capteurs à circulation de liquide.

Le présent document présente les procédures de vérification de la puissance thermique, du rendement journalier et annuel des champs solaires thermiques afin de vérifier les attentes en matière de performance.

Le présent document vise à fournir une base solide pour la surveillance de ces champs pendant la phase de mise en service et de fonctionnement et au cours de leur durée de vie, qui est généralement supérieure à 25 ans. Il s'agit donc d'un outil approprié pour vérifier l'influence des souillures et de la dégradation, qui peuvent également être liées à des contraintes accrues causées par le changement climatique, par exemple.

0.4 Impact sur l'environnement des installations solaires thermiques

Comme ces systèmes sont principalement constitués de capteurs solaires, des détails plus spécifiques se trouvent dans l'ISO 9806. Par la vérification de la performance, le présent document démontre directement les économies d'énergie et, en remplaçant les combustibles fossiles, également les réductions de gaz à effet de serre qui l'accompagnent.

L'efficacité de conversion du rayonnement solaire entrant en chaleur utile peut atteindre > 80 %, selon la température requise et la technologie choisie. Le rendement annuel dépend significativement de la localisation géographique et de l'utilisation du capteur. Le rendement énergétique annuel par zone est plus élevé avec des capteurs solaires qu'avec n'importe quelle autre technologie renouvelable. Le rendement est considéré comme environ trois fois supérieur à la production d'énergie photovoltaïque et 50 à 100 fois supérieur à celui de la biomasse. Compte tenu de la gamme des différents produits et applications, il n'est pas possible de quantifier le potentiel de réduction des gaz à effet de serre ou d'atténuation du changement climatique de cette technologie en termes généraux. Le potentiel de réduction des gaz à effet de serre d'un capteur solaire thermique dépend de l'application dans laquelle il est utilisé et du type de combustible conventionnel et de système qui sont remplacés.

Pour la détermination de la réduction des gaz à effet de serre d'un système dans lequel une installation solaire thermique est utilisée, il est recommandé de faire cette quantification en utilisant le potentiel de réchauffement global (PRG) pour chaque GES selon le Tableau 7.15 du Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) Sixième rapport d'évaluation (RE6) par agrégation du potentiel de réduction en équivalent dioxyde de carbone (CO₂eq) ^[1].

0.5 Soutien des Objectifs de Développement Durable des Nations Unies (ODD)

Le présent document est aligné sur les Objectifs de Développement Durable des Nations Unies suivants en favorisant et en soutenant ce qui suit:

- les capteurs solaires thermiques et les technologies solaires thermiques pour réduire la dépendance à l'égard des prix de l'énergie afin d'augmenter la résilience de l'humanité aux événements extrêmes liés au climat et à d'autres chocs économiques, sociaux et environnementaux, ainsi qu'aux catastrophes (ODD 1.5) ;
- les capteurs solaires thermiques et les technologies solaires thermiques pour le traitement de l'eau et la désinfection afin de réduire les maladies d'origine hydrique (ODD 3.3) ;
- les capteurs solaires thermiques et les technologies solaires thermiques en tant que source d'énergie propre et sûre pour remplacer d'autres sources d'énergie, afin de réduire considérablement le nombre de décès et de maladies dus aux produits chimiques dangereux et à l'air pollué causés par la combustion des combustibles fossiles (ODD 3.9) ;
- les capteurs solaires thermiques et les technologies solaires thermiques dans les installations de purification et de dessalement de l'eau afin d'assurer un accès universel et équitable à une eau potable sûre et abordable pour tous (ODD 6.1) ;
- les capteurs et technologies solaires thermiques comme technologie clé dans les programmes de renforcement des capacités pour les activités de traitement de l'eau dans les pays en développement (ODD 6.A) ;
- les capteurs solaires thermiques pour assurer l'accès à une énergie abordable, fiable et moderne pour tous (ODD 7.1) ;

- les capteurs solaires thermiques pour accroître de manière significative la part des énergies renouvelables pour tous (ODD 7.2) ;
- les capteurs solaires thermiques dans diverses applications pour accroître l'efficacité énergétique globale (ODD 7.3) ;
- la coopération internationale dans les technologies solaires thermiques pour faciliter l'accès à une recherche et une technologie d'énergie propre, en particulier dans les domaines de l'énergie renouvelable, de l'efficacité énergétique et des technologies sans combustible fossile, ainsi que pour faciliter les investissements dans les infrastructures à énergie solaire thermique et les technologies relatives à l'énergie propre (ODD 7.A) ;
- les capteurs solaires thermiques pour développer les infrastructures et les technologies pour une énergie moderne et durable qui soit accessible à tous dans les pays en développement, en particulier les pays les moins développés, les petits états insulaires en développement et les pays en développement sans littoral, et pour fournir une base solide pour le développement de programmes d'appui appropriés. (ODD 7.B) ;
- les capteurs et technologies solaires thermiques comme technologie bien adaptée à la production locale, permettant ainsi d'atteindre des niveaux plus élevés de productivité économique grâce à la diversification, à la mise à niveau et à l'innovation technologique, en mettant l'accent notamment sur les secteurs à forte valeur ajoutée et à forte intensité de main-d'œuvre (ODD 8.2) ;
- les capteurs solaires thermiques et les technologies solaires thermiques en tant que dispositifs pouvant être fabriqués localement avec de faibles exigences pour les technologies de production et les investissements financiers, afin de promouvoir et de soutenir les activités productives, la création d'emplois décents, l'entrepreneuriat, la créativité et l'innovation, et de promouvoir la formalisation et la croissance des micro, petites et moyennes entreprises, y compris par l'accès aux services financiers (ODD 8.3) ;
- les capteurs et technologies solaires thermiques pour améliorer progressivement l'efficacité mondiale de la consommation et de la production en matière de ressources, et pour s'efforcer de dissocier croissance économique et dégradation de l'environnement (ODD 8.4) ;— les capteurs solaires thermiques, en tant que partie d'une infrastructure de haute qualité, fiable, durable et résiliente qui soutient donc le développement économique et le bien-être humain, en mettant l'accent sur un accès abordable et équitable pour tous (ODD 9.1) ;
- les capteurs solaires thermiques pour contribuer à l'industrialisation inclusive et durable et à une augmentation significative de la part de l'industrie dans l'emploi et le produit intérieur brut, en particulier dans les pays les moins développés, en fonction des circonstances nationales (ODD 9.2) ;
- les capteurs solaires thermiques comme moyen rentable d'accroître la disponibilité de l'énergie et la prévisibilité des coûts énergétiques en réduisant la dépendance à l'égard de l'énergie fossile, et faciliter ainsi l'accès des petites entreprises industrielles et autres, en particulier dans les pays en développement, aux services financiers, y compris le crédit abordable, et d'intégrer ces industries dans les chaînes de valeur et les marchés (ODD 9.3) ;
- les capteurs solaires thermiques pour améliorer les infrastructures et moderniser les industries afin de les rendre durables, avec une plus grande efficacité dans l'utilisation des ressources et une plus grande adoption de technologies et de procédés industriels propres et respectueux de l'environnement (ODD 9.4) ;
- Le renforcement des capacités scientifiques, de recherche, et technologiques dans le domaine des technologies solaires thermiques dans tous les pays, en particulier les pays en développement, y compris la promotion de l'innovation, de la recherche et des activités de développement (ODD 9.5) ;
- les capteurs solaires thermiques et les technologies solaires thermiques pour faciliter le développement d'infrastructures durables et résilientes dans les pays en développement et pour faciliter l'assistance financière, technologique et technique aux pays africains, aux pays les moins développés, aux pays en développement sans littoral, et aux petits états insulaires en développement (ODD 9.A) ;

- les capteurs solaires thermiques comme moyen d'améliorer le développement, la recherche et l'innovation technologiques intérieurs dans les pays en développement. En outre, la norme soutient le développement d'un environnement politique favorable aux technologies solaires thermiques pour la diversification industrielle et l'ajout de valeur des produits (ODD 9.B) ;
- les capteurs solaires thermiques pour la production de chaleur et d'eau chaude sans combustibles fossiles ni biomasse, afin de réduire l'impact environnemental négatif par habitant des villes et, en particulier, en contribuant à une meilleure qualité de l'air. (ODD 11.6) ;
- les capteurs solaires thermiques comme élément de bâtiments durables et résilients, en utilisant des matériaux locaux et une capacité de production locale (ODD 11.C) ;
- les capteurs solaires thermiques pour le traitement thermique local et abordable des aliments afin de réduire les déchets alimentaires et les pertes alimentaires à l'échelle mondiale tout au long des chaînes de production et d'approvisionnement, y compris les pertes après récolte (ODD 12.3) ;
- les capteurs solaires thermiques comme produit qui réduit considérablement la production de déchets grâce à sa conception réparable et à la réduction des matériaux, la possibilité d'utiliser des matériaux recyclés et la réutilisation des composants (ODD 12.5) ;
- les capteurs solaires thermiques et les technologies solaires thermiques pour encourager les entreprises à adopter des pratiques durables et à intégrer l'information sur le développement durable dans leurs cycles de déclaration (ODD 12.6) ;
- les capteurs solaires thermiques et les technologies solaires thermiques en tant que technologie fabriquée localement, en utilisant principalement des matériaux recyclés, dans le cadre de pratiques d'approvisionnement public durables (ODD 12.7) ;
- les capteurs solaires thermiques et les technologies solaires thermiques pour renforcer les capacités technologiques afin de progresser vers des modèles de consommation et de production plus durables, et pas seulement dans les pays en développement (ODD 12.A) ;
- les programmes de subventions pour les capteurs solaires thermiques, et donc également la réduction et l'élimination progressive des subventions inefficaces pour les combustibles fossiles, en particulier dans les pays en développement, et la réduction au minimum des impacts négatifs sur leur développement d'une manière qui protège les communautés pauvres et affectées (ODD 12.C) ;
- les capteurs solaires thermiques et les technologies solaires thermiques pour réduire la surutilisation de la biomasse pour la production de chaleur, ce qui favorise également la mise en œuvre d'une gestion durable de tous les types de forêts, l'arrêt du déboisement, voire le boisement et le reboisement dans le monde entier (ODD 15.2) ;
- le transfert de savoir-faire, la diffusion et la diffusion de technologies respectueuses de l'environnement vers les pays en développement à des conditions favorables (ODD 17.7).

Energie solaire — Champs de capteurs — Vérification de la performance

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie trois procédures de vérification de la performance des champs de capteurs solaires thermiques. Le présent document s'applique à la plupart des types de capteurs couverts par l'ISO 9806. Il comprend les capteurs plans vitrés, les capteurs à tubes sous vide, et les capteurs suiveurs à concentration. Toutefois, certaines limitations s'appliquent par rapport à l'ISO 9806, notamment en ce qui concerne les capteurs WISC (wind and infrared sensitive collectors), hybrides et à air:

- les capteurs WISC sont inclus uniquement lorsque les données sur la vitesse du vent mesurées sur le plan du capteur et les données sur le rayonnement à ondes longues sont disponibles.

NOTE Ces données sont rarement disponibles dans des applications pratiques.

- les capteurs hybrides («capteurs co-générateurs d'énergie thermique et électrique» dans l'ISO 9806, couramment PVT) sont exclus. La raison en est que leur performance thermique dans le monde réel dépend du fonctionnement de la partie électrique: si la partie électrique est mise hors tension, limitée ou réduite pour une raison quelconque, alors que la partie thermique reste active, cela conduira à une surestimation de la puissance thermique, en fonction des paramètres de performance déterminés dans les conditions PME (production maximale d'électricité) telles que spécifiées dans l'ISO 9806 ;
- les capteurs solaires à air (SAHC) sont exclus en raison de la complexité d'évaluation précise de leur performance: les essais et l'évaluation de la performance du SAHC sont complexes, car ils nécessitent de tenir compte de la différence d'enthalpie dans la boucle primaire. De plus, leur efficacité thermique dépend fortement du débit massique, et leur performance est contrôlée à trois débits massiques d'air différents, conduisant à trois ensembles de paramètres distincts. Pour la vérification de la puissance selon l'ISO 24194, il est difficile de sélectionner les paramètres appropriés pour estimer la puissance thermique de sortie.

Le présent document spécifie des procédures pour la vérification de la puissance thermique de sortie du champ de capteurs, ainsi que sur le rendement journalier et le rendement annuel du champ de capteurs. Pour les trois procédures, le présent document spécifie la manière de comparer une puissance mesurée avec une puissance calculée.

Le présent document est applicable aux champs de capteurs de toutes tailles.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris tous les amendements).

ISO 9060, *Énergie solaire — Spécification et classification des instruments de mesurage du rayonnement solaire hémisphérique et direct*

ISO 9488, *Énergie solaire — Vocabulaire*

ISO 9806, *Énergie solaire — Capteurs solaires thermiques — Méthodes d'essai*

ISO/TR 9901, *Énergie solaire — Pyranomètres — Pratique recommandée pour l'emploi*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 9488 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:

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

4 Symboles

A_G	Superficie hors-tout du capteur telle que définie dans l'ISO 9488	m^2
A_{GF}	Superficie hors-tout du champ de capteurs	m^2
a_1	Coefficient de perte thermique	$W/(m^2 \cdot K)$
a_2	Effet de la température sur le coefficient de perte thermique	$W/(m^2 \cdot K^2)$
a_3	Effet du vent sur le coefficient de perte thermique	$J/(m^3 \cdot K)$
a_4	Effet de la température du ciel sur le coefficient de perte thermique	—
a_5	Capacité thermique effective. Désignée par C_{eff} dans certains documents et fiches techniques. A noter que l'unité de C_{eff} est kJ/m^2K .	$J/(m^2 \cdot K)$
a_6	Effet du vent sur le rendement optique	s/m
a_8	Effet des pertes de rayonnement	$W/(m^2 \cdot K^4)$
C	Capacité thermique effective du capteur	J/K
C_R	Facteur de concentration géométrique	—
c_f	Capacité thermique massique du fluide caloporteur	$J/(kg \cdot K)$
D	Écart entre les capteurs adjacents	m
E_L	Irradiance de grandes longueurs d'onde ($\lambda > 3 \mu m$)	W/m^2
f_C	Coefficient de performance de propreté pour le temps de fonctionnement entre deux nettoyages	—
f_P	Coefficient de performance tenant compte des pertes thermiques liées aux tuyaux, etc., dans la boucle de captage	—
f_U	Coefficient de sécurité tenant compte de l'incertitude de mesure	—
f_O	Coefficient de performance pour les autres incertitudes, par exemple celles liées à des conditions non idéales telles qu'une répartition non idéale de l'écoulement ou des pertes thermiques imprévues, et les incertitudes liées au modèle/à la procédure.	—
f_{perf}	Coefficient de performance global donné par le fournisseur et/ou le produit mathématique basé sur les coefficients individuels f_C, f_P, f_U, f_O	—
f_{sh}	Facteur d'ombre	—
G_{global}	Irradiance solaire hémisphérique sur un plan horizontal	W/m^2

G_{hem}	Irradiance solaire hémisphérique sur le plan du capteur	W/m ²
G_{b}	Irradiance solaire directe (irradiance directe) sur le plan du capteur	W/m ²
G_{bn}	Irradiance solaire directe normale	W/m ²
G_{d}	Irradiance solaire diffuse sur le plan du capteur	W/m ²
$H_{\text{global,a}}$	Irradiation hémisphérique annuelle sur un plan horizontal	kWh/m ²
$H_{\text{hem,a}}$	Irradiation hémisphérique annuelle sur le plan du capteur	kWh/m ²
$H_{\text{hem,d}}$	Irradiation hémisphérique journalière sur le plan du capteur	kWh/m ²
$H_{\text{op,a}}$	Irradiation effective annuelle sur le plan du capteur pendant les heures de fonctionnement	kWh/m ²
$H_{\text{op,d}}$	Irradiation effective journalière sur le plan du capteur pendant les heures de fonctionnement	kWh/m ²
H_{sh}	Hauteur de la zone ombragée	m
h	Hauteur solaire $\sin h = \cos \theta_{\text{z}}$	°
h_{min}	Hauteur solaire minimale	°
$K_{\text{hem}}(\theta_{\text{L}}, \theta_{\text{T}})$	Facteur d'angle d'incidence pour le rayonnement solaire hémisphérique	—
$K_{\text{b}}(\theta_{\text{L}}, \theta_{\text{T}})$	Facteur d'angle d'incidence pour l'irradiance solaire directe	—
$K_{\theta_{\text{L}}}$	Facteur d'angle d'incidence sur le plan longitudinal	—
$K_{\theta_{\text{T}}}$	Facteur d'angle d'incidence sur le plan transversal	—
K_{d}	Facteur d'angle d'incidence pour le rayonnement solaire diffus	—
$K_{\text{hem,av}}$	Modificateur de l'angle d'incidence moyen journalier pour le rayonnement solaire hémisphérique	—
L	Longueur d'un capteur (de bas en haut)	m
L_{pipe}	Longueur totale du système de tuyauterie sans les capteurs	m
L_{sh}	Longueur de la zone ombragée	m
$\dot{m}$	Débit massique de fluide caloporteur	kg/s
N_{c}	Nombre de capteurs dans une rangée	—
P_{X}	Coordonnée du point C sur l'axe X (C étant le point qui atteindrait l'ombre formée par le sommet du côté d'une rangée de capteurs faisant face au soleil s'il n'était pas obstrué)	—
P_{Y}	Coordonnée du point C sur l'axe Y	—
Q_{GTY}	Rendement thermique annuel brut	kWh/m ²
$\dot{Q}_{\text{estimation}}$	Puissance de sortie estimée	W
$\dot{Q}_{\text{meas}}$	Puissance de sortie mesurée	W

ISO 24194:2026(fr)

$\dot{q}_{\text{meas}}$	Puissance de sortie spécifique mesurée par m ² de superficie hors-tout du capteur	W/m ²
$Q_{\text{cap,d}}$	Pertes thermiques journalières de l'installation solaire thermique	J
$Q_{\text{estimate, a}}$	Estimation du rendement annuel de l'installation solaire thermique	J
$Q_{\text{estimate, d}}$	Estimation du rendement journalier de l'installation solaire thermique	J
$\dot{Q}_{\text{estimate-col,d}}$	Puissance brute moyenne journalière à la sortie du champ de capteurs	W
$Q_{\text{HM,a}}$	Mesure du rendement annuel du calorimètre	J
$Q_{\text{HM,d}}$	Mesure de rendement journalier du calorimètre	J
$\dot{Q}_{\text{pipe,d}}$	Pertes thermiques moyennes journalières de la tuyauterie	W
$q_{\text{l-pipe}}$	Pertes thermiques spécifiques empiriques par mètre de tuyau	W/(m·K)
S	Entraxe entre les rangées adjacentes	m
T	Température absolue	K
U_{sys}	Coefficient fictif de perte de chaleur constante de l'installation	kWh/K
t	Temps	s
t_s	Heure de début du mesurage	s
t_e	Heure de fin du mesurage	s
u	Vitesse de l'air environnant (vitesse du vent)	m/s
V_f	Contenance en fluide du capteur	m ³
$\dot{V}$	Débit volumique	m ³ /s
V_{pipe}	Volume du système de tuyauterie sans les capteurs	l
w	Largeur d'un capteur (de gauche à droite)	m
x_i	valeur de l'axe x des points de fonctionnement du capteur comme rapport entre la différence de température et l'irradiation	(m ² K)/kWh
z	Nombre de jours avec une chaleur en sortie réduite	-
ΔT	Différence de température entre la sortie et l'entrée du fluide ($\vartheta_e - \vartheta_i$)	K
β	Pente (ou inclinaison), angle formé par le plan du capteur et l'horizontale NOTE Pour les capteurs tournant autour d'un axe nord-sud, β est positif le matin lorsque les capteurs sont orientés vers l'est, et négatif l'après-midi lorsqu'ils sont orientés vers l'ouest.	°
γ	Azimut de la surface, écart de la projection sur le plan horizontal de la normale à la surface par rapport au méridien local, avec zéro plein sud, négatif à l'est et positif à l'ouest	°
γ_s	Azimut solaire, débattement angulaire par rapport au sud, de la projection du rayonnement direct sur le plan horizontal, négatif à l'est et positif à l'ouest	°

δ	Déclinaison, position angulaire du soleil au midi solaire par rapport au plan de l'équateur, positif au nord	°
ϕ	Latitude, position angulaire au nord ou au sud de l'équateur, positive au nord	°
η_a	Efficacité annuelle du capteur fondée sur Q_{GTy} et H_a	—
η_b	Rendement du capteur fondé sur l'irradiance directe G_b	—
η_{hem}	Rendement du capteur fondé sur l'irradiance hémisphérique G_{hem}	—
$\eta_{0,b}$	Rendement de crête du capteur (η_b à $\vartheta_m - \vartheta_a = 0$ K) fondé sur l'irradiance directe G_b	—
$\eta_{0,\text{hem}}$	Rendement de crête du capteur ($\eta_{0,\text{hem}}$ à $\vartheta_m - \vartheta_a = 0$ K) fondé sur l'irradiance hémisphérique G_{hem}	—
$\eta_{\text{hem},\dot{m}_i}$	Rendement du capteur en référence au débit massique $\dot{m}_i$	—
Ω	Angle horaire, débattement angulaire du soleil à l'est ou à l'ouest du méridien local en raison de la rotation de la terre sur son axe à 15° par heure; négatif le matin, positif l'après-midi	°
θ	Angle d'incidence	°
θ_L	Angle d'incidence longitudinal: angle formé par la normale au plan du capteur et le faisceau solaire incident projeté dans le plan longitudinal	°
θ_T	Angle d'incidence transversal: angle formé par la normale au plan du capteur et le faisceau solaire incident projeté dans le plan transversal	°
θ_Z	Distance zénithale, angle entre la verticale et la ligne vers le soleil, c'est-à-dire l'angle d'incidence du rayonnement solaire direct sur une surface horizontale. $\cos \theta_Z = \sin h$	°
ϑ_a	Température de l'air ambiant	°C
ϑ_e	Température à la sortie du capteur	°C
ϑ_i	Température à l'entrée du capteur	°C
ϑ_m	Température moyenne du fluide caloporteur dans la boucle de captage	°C
ρ_{prim}	Densité du fluide caloporteur dans la première boucle à la position/température du débitmètre	kg/m ³
ρ_{sec}	Masse volumique du fluide caloporteur dans la seconde boucle à la position/température du débitmètre	kg/m ³
σ	Constante de Stefan-Boltzmann	W/(m ² ·K ⁴)

5 Généralités

5.1 Validité

Les procédures décrites dans le présent document ne peuvent être appliquées que si la performance thermique du capteur a été vérifiée conformément à l'ISO 9806 et modélisée avec les paramètres de capteur correspondants. La température de fonctionnement type de l'installation pour la vérification doit être comprise dans la plage valide. Cela signifie que la température de fonctionnement doit se situer dans une