

Guide méthodologique pour le contrôle par thermographie infrarouge des installations photovoltaïques

Étude réalisée par CNPP – Date 09/2019 – Étude Prévention – Guide méthodologique

CONTEXTE

• La thermographie infrarouge (TIR) est une technologie qui permet de mettre en évidence des échauffements anormaux dus à des défauts électriques sur des modules photovoltaïques (PV) ainsi que sur les connexions, les câbles et tout appareillage relié à une installation PV.

• Les fabricants et les bureaux de contrôle ont identifié plusieurs

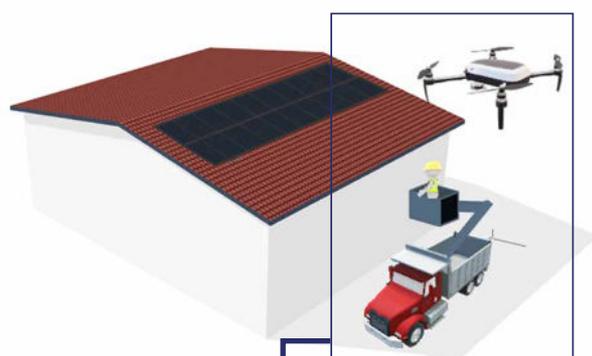
facteurs d'influence potentiels (angles, distance, ensoleillement), sans toujours s'appuyer sur des études approfondies.

• Il n'existe pas à ce jour de guide méthodologique partagé pour la réalisation des contrôles TIR des installations photovoltaïques, intégrant notamment l'influence du facteur clé de l'émissivité, identifié dès 2011 par CNPP.

PROBLÉMATIQUE

Quels sont les paramètres d'influence et les conditions de réalisation pour un contrôle pertinent des installations photovoltaïques par thermographie infrarouge (TIR) ?

PRINCIPAUX RÉSULTATS



CONTRAINTES OPÉRATIONNELLES DE RÉALISATION

- ⚠ **Conditions météorologiques**
 - ↳ Vent nul ou faible
 - ↳ Panneaux secs: pas de pluie, neige, etc.
 - ↳ Éclairement idéal de 700 W/m²
 - ↳ Pas de contrôle en hiver
 - ↳ Équilibre thermique (pour connaître les T°C maximales potentielles)
 - ↳ Pas de contrôle le matin et en fin d'après-midi
- ⚠ **Contraintes spécifiques drone / nacelle**
 - ↳ Respect des distances, angles, risque d'ombre portée
 - ↳ Formation des opérateurs, réglementation (survol, etc.)

MESURE DE LA TEMPÉRATURE PAR TIR

- ⚠ **Emissivité: panneau rigide entre 87 et 89%**
 - ↳ Angle de visée entre 5 et 45°
 - ↳ Utilisation de nacelles / drones pour des installations en toiture
- ⚠ **T°C d'environnement**
 - ↳ Papier aluminium pour des locaux au sol / contrôle sous les modules
 - ↳ T°C du ciel pour des installations en toiture.
 - ⚠ Réflexion du soleil, opérateur, drone
- ⚠ **Résolution, angle d'ouverture des caméras**
 - ↳ Ex: Distance < 12 m pour des caméras IFOV 2 mrad
 - ↳ Utilisation de téléobjectifs recommandée en toiture

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

DE LA THERMOGRAPHIE INFRAROUGE

| INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES AU SOL ET SOUS PANNEAU | TEMPÉRATURE (T°C) MAXIMALE D'UTILISATION |
|--|--|
| Attention: ces températures sont données à titre indicatif. Il faut tenir compte de la température ambiante et de la charge. | |
| Boîte de jonction sur le module | 110°C |
| Coffret AC | 60°C / 70°C |
| Coffret DC | 90°C |
| Onduleur | 50°C / 60°C |
| Connecteur | 85°C |
| Câbles PV C2 (côté DC) exigés par la norme NF EN 15712-1 | 90°C |
| Bornes | ~110°C selon la norme CEI 947-1 |
| Matériau des modules PV | T°C maximale sans risque de détérioration |
| Attention, ces températures sont données à titre indicatif. Il faut tenir compte de la charge, de l'angle de visée. Un couplage avec une analyse d'images est nécessaire pour l'interprétation. | |
| EVA / PVB (encapsulant des cellules PV) | Jusqu'à 200°C selon le degré de polymérisation |
| ETFE (couche supérieure transparente) | 165°C |
| Tedlar (backsheet) | 110°C |
| Kinar (backsheet) | 150°C |
| Polyimide (support inférieur souple) | 200°C |
| PE / PVC (boîte de jonction) | Jusqu'à 100°C selon la densité |

MATÉRIELS ET MÉTHODES DE L'ANALYSE DU FACTEUR CLÉ DE L'ÉMISSIVITÉ

MESURE DE L'ÉMISSIVITÉ SUR 7 MODULES REPRÉSENTATIFS DU MARCHÉ EN ENCEINTE AVEC UNE VARIABILITÉ DE GRANULOSITÉ

Définition

L'émissivité décrit la capacité d'un matériau à émettre et à absorber l'énergie radiative. Elle se mesure par le rapport entre le flux d'énergie émis par un corps quelconque et le flux d'énergie émis par un corps noir (objet idéal qui réémet la totalité de son énergie) de forme et de température identiques.

Résultat

L'émissivité des modules rigides se situe dans une fourchette 87-89%. Elle est plus importante pour les modules souples (~95%). L'émissivité n'est pas significativement modifiée si le module est cassé.

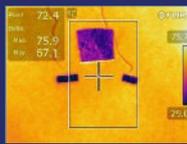


Caméra 1: Fluke Ti400
Bande spectrale 7,5 à 14 µm
Caméra 2: FLIR E30
Bande spectrale 7,5 à 13 µm

1. Étalonnage caméra

Vérification de la température détectée par la caméra sur un corps noir chauffé à 70°C

2. Mesure T°C des modules



- Placement du module dans une enceinte climatique
- Ouverture de l'enceinte:
 - Angle neutre 15°, éclairage < 100 Lux
 - 2 prises de vue T°C module
 - Mesure température environnement sur aluminium froissé

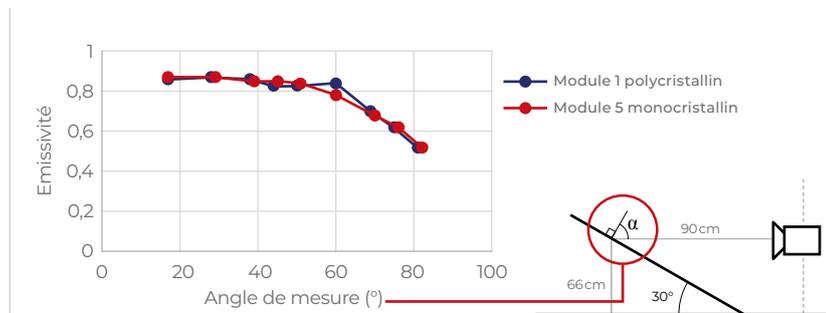
3. Détermination de l'émissivité

Traitement par logiciel

Fourchette des émissivités mesurées par les caméras



ANALYSE EN EXTÉRIEUR DE L'INFLUENCE DE L'ANGLE



Résultat

L'angle de mesure a une influence forte sur l'émissivité. Sur des modules rigides, l'angle ne doit pas dépasser 45°.

ANALYSE DE L'INFLUENCE DU VIEILLISSEMENT

Méthode

Essai de vieillissement par l'effet calorifique du soleil défini par IEC 60 068-2-2 « Basic environmental testing procedures », en plaçant ce module pendant 21 jours dans une enceinte à 70°C.

Résultat

Pas d'influence sur l'émissivité.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

- Un contrôle TIR des installations électriques associées aux installations PV peut poser la question de l'accessibilité (hauteur, isolation, etc.)
- Un contrôle TIR des modules PV nécessite une méthodologie particulière.
 - Facteur clé de l'émissivité pour le contrôle TIR des installations PV → Respect de distances, d'angles de mesure
 - Besoin de formations spécifiques pour le contrôle TIR des installations PV
 - Nécessité de développer des technologies de caméras mais aussi de matériels (drones, nacelles) pour cet usage spécifique.